



DIRECCIÓN GENERAL DE EDUCACIÓN SUPERIOR TECNOLÓGICA

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

1<sup>o</sup> 2015, AÑO DEL GENERALÍSMO JOSÉ MARÍA MORELOS Y PAVÓN



## **INGENIERÍA ELÉCTRICA**

### **REPORTE DE RESIDENCIA/ TESIS**

#### **DISEÑO Y APLICACIÓN DE CELDAS FOTOVOLTAICAS EN EL EDIFICIO CIME CHIAPAS A.C.**

**ASESOR**

**ING. ARIOSTO MANDUJANO CABRERA**

**ALUMNO**

**ABIMAEEL GONZÁLEZ JIMÉNEZ**

**Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 18 de junio del 2015.**

# Índice

## 1. Introducción

1.1 Antecedentes .....	7
1.2 Estado del arte .....	7
1.3 Justificación .....	8
1.4 Objetivo .....	8
1.5 Diagrama de bloques .....	9

## 2. fundamento teórico

2.1 Energía solar .....	10
2.2 Funcionamiento de paneles solares .....	12
2.3 Inversor .....	14
2.4 Interruptor magnético .....	16
2.5 Medidor bidireccional .....	17

## 3. Desarrollo

3.1 Noma Mexicana .....	18
3.2 El levantamiento Civil del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricista del Estado de Chiapas. ....	50
3.3 Levantamiento Eléctrico del Colegio de Ingenieros	



Mecánicos y		
Electricista del	.....	<b>52</b>
Estado de Chiapas.	.....	<b>57</b>
3.4 Radiación solar.		
3.5 Caculo de paneles	.....	<b>58</b>
solares.	.....	<b>66</b>
3.6 Compensar el		
CO2.		
<b>4. Resultados</b>		
4.1 Diseño de Paneles		
Fotovoltaicos en el		
Colegio de		
Ingenieros		
Mecánicos y		
Electricista del		
Estado de Chiapas.	.....	<b>69</b>
4.2 Presupuesto	.....	<b>72</b>
<b>5. Conclusión</b>	.....	<b>75</b>
<b>6. Referencias</b>		
bibliográficas	.....	<b>77</b>
<b>7. Anexo</b>	.....	<b>78</b>



## Índice de figuras

<b>Fig.1.5.1.</b> Diagrama de bloques del hardware.	<b>9</b>
<b>Fig. 2.1.1.</b> Diseño y funcionamiento de una célula solar.	<b>12</b>
<b>Fig. 2.2.1</b> Construcción del panel solar.	<b>13</b>
<b>Fig. 2.3.1</b> Inversor de corriente de C.D. a C.A. de 15000w.	<b>15</b>
<b>Fig. 2.4.1.</b> Interruptor termo magnético de 30 Amperes 1 polo qo130 square d de schneider electric.	<b>17</b>
<b>Fig. 2.5.1.</b> Medidor bidireccional.	<b>18</b>
<b>Fig. 3.1.1.</b> 690-1(a).- Identificación de los componentes de un sistema solar fotovoltaico.	<b>20</b>
<b>Fig. 3.1.2.</b> 690-1(b).- Identificación de los Componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico en Configuraciones Comunes del Sistema.	<b>20</b>
<b>Fig. 3.2.1.</b> Plano de la primera planta del colegio de ingeniería eléctrica, salón de enteramiento y entrada al salón de eventos.	<b>50</b>
<b>Fig. 3.2.2.</b> Plano de salón de eventos y estacionamiento.	<b>51</b>
<b>Fig. 3.2.3.</b> Plano de segunda planta del edificio.	<b>51</b>
<b>Fig. 3.2.4.</b> Plano de Tercera planta de edificio.	<b>52</b>
<b>Fig. 3.3.1</b> Plano de la primera planta del colegio salón de entrenamiento, bodega del salón y entrada al salón de evento instalaciones eléctricas del área.	<b>56</b>
<b>Fig. 3.3.2.</b> Plano del levantamiento eléctrico las áreas administrativas, presidencia, sala de capacitación, sala de juntas y sala de espera.	<b>56</b>



<b>Fig. 3.3.3.</b> Plano del levantamiento eléctrico del aula magna y bodega de capacitación.	<b>57</b>
<b>Fig. 3.4.1</b> Angulo de inclinación.	<b>68</b>
<b>Fig. 4.1.1.</b> Arreglo fotovoltaico en la azotea.	<b>70</b>
<b>Fig. 4.1.2.</b> Arreglo fotovoltaico en la azotea.	<b>70</b>
<b>Fig. 4.1.3.</b> Arreglo fotovoltaico en la azotea.	<b>71</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla. 3.1.1.</b> 690-7.- Factores de corrección de la tensión para módulos de silicio cristalino y multicristalino.	<b>28</b>
<b>Tabla. 3.1.2.</b> 690-31(c).- Factores de corrección.	<b>37</b>
<b>Tabla. 3.3.1.</b> Levantamiento eléctrico del colegio de ingenieros mecánicos y electricista de Chiapas.	<b>54</b>
<b>Tabla. 3.3.2.</b> Simbología eléctrica.	<b>55</b>
<b>Tabla. 3.4.1.</b> Incidentes de insolación.	<b>58</b>
<b>Tabla 3.4.2.</b> Valores de potencia requerida.	<b>60</b>
<b>Tabla 3.4.3.</b> Valores de potencia requerida.	<b>63</b>
<b>Tabla 3.4.4.</b> Valores de potencia requerida.	<b>66</b>
<b>Tabla 3.4.5.</b> Total de paneles solares.	<b>67</b>
<b>Tabla. 3.4.6.</b> Angulo de inclinación de los paneles.	<b>68</b>
<b>Tabla. 4.1.1.</b> Precios de los paneles solares y accesorios.	<b>72</b>



# 1. INTRODUCCION

## 1.1 Antecedentes

El tema del ahorro y uso eficiente de la energía, bajo el concepto de eficiencia energética, es un recurso que adquiere vigencia a raíz de los problemas del calentamiento global, generando como consecuencia la contaminación ambiental de los gases de efecto invernadero, cuyo objeto se enmarca en el planteamiento de soluciones y aplicación de medidas factibles y detener el deterioro ambiental del planeta.

En el ámbito de la eficiencia energética, la energía eléctrica, es uno de los principales recursos, necesarios en el proceso del desarrollo y tecnificación de los pueblos, que influye directamente en la calidad de vida del hombre y su aumento en el consumo; es a su vez el resultado, principalmente, del incremento en el proceso de la industrialización, del aumento poblacional y de la demanda generalizada por más comodidades y mayor tecnificación en los diferentes sectores, donde el uso de la energía eléctrica es cada vez mayor.

Consecuentemente, la energía eléctrica es el medio o elemento esencial para el desarrollo y confort de las personas que entre otras razones, permite mejorar su desempeño y prolongar sus actividades más allá de las horas de luz natural, de donde surge la necesidad de considerar el análisis y estudio sobre el ahorro de energía eléctrica o mejor aún, la posibilidad de generar energía eléctrica haciendo uso de los recursos renovables como es la energía solar.

## 1.2 Estado del arte

Casco Guillén, Jonatán, Font Matéu Josep Universidad Politècnica de Catalunya. Departamento d'Enginyeria Elèctrica diseño casa aislada energéticamente sostenible con alimentación mixta de aerogeneradores y placas fotovoltaicas, efectuando la comparación de la generación eléctrica producida con la demanda de energía de la casa. Se caracteriza por la alimentación mixta de aerogeneradores y placas fotovoltaicas. [1]

Grupo Jaén de Técnica Aplicada. Universidad de Jaén. Laboratorio de Cartografía. Diseño aplicaciones de tecnologías solares en edificios ya construidos dentro de centro históricos europeos y planifico técnica-económica para caso específico en cada una de las ciudades participantes se caracteriza por la utilización de energía solar. [2]



HÉCTOR DOMÍNGUEZ GONZÁLEZ, DR. ALFREDO RAMÍREZ. Diseño de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en el Cobaev 35 Xalapa. Se caracteriza con arreglo, los módulos fotovoltaicos, el inversor, los conductores y las protecciones eléctricas por el sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE. [3]

C. FELIPE ALBERTO FABILA ILDEFONSO C. JAIR MORALES OLVERA, diseño Proyecto de instalaciones para una residencia inteligente, hablara de la aplicación de las nuevas tecnologías en los edificios (edificio inteligente) pero en particular en la aplicación a residencias hoy en día, se caracteriza aplicación de celdas solares para agua calientes. [4]

Jorge Feijoo Aguilar, Ing. Constantino Toba Lina, diseño proyecto de implementación de paneles solares en haciendas alejadas de la fuente de energía convencional” caso: hacienda el vado, se caracteriza Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica y Almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada. [5]

En el presente proyecto, de diseñar y aplicar celdas fotovoltaicas al colegio de ingenieros mecánicos y electricistas del estado de Chiapas, es para disminuir el consumo eléctrico ya que el consumo ahorita se ve reflejado en los recibos que se sobre pasa de la tarifa que tiene hoy en día el colegio, y así ser interconectados a la red y vender a CFE la energía que no se ocupada durante el día por el colegio.

### **1.3 Justificación**

Lo que aquí se pretende hacer es disminuir el consumo eléctrico, de la red eléctrica ya que es mucho de lo que consume el colegio de ingenieros mecánicos eléctricos del estado de Chiapas. Con los paneles solares podemos reducir la carga durante el día aprovechando la energía solar y si mismo vende durante el día energía a CFE.

Así mismo podemos ahorrar y vender a CFE la energía que se genere durante el día con los paneles solares ya que el colegio consumirá lo necesario para abastecerse a las necesidades de sí mismo.

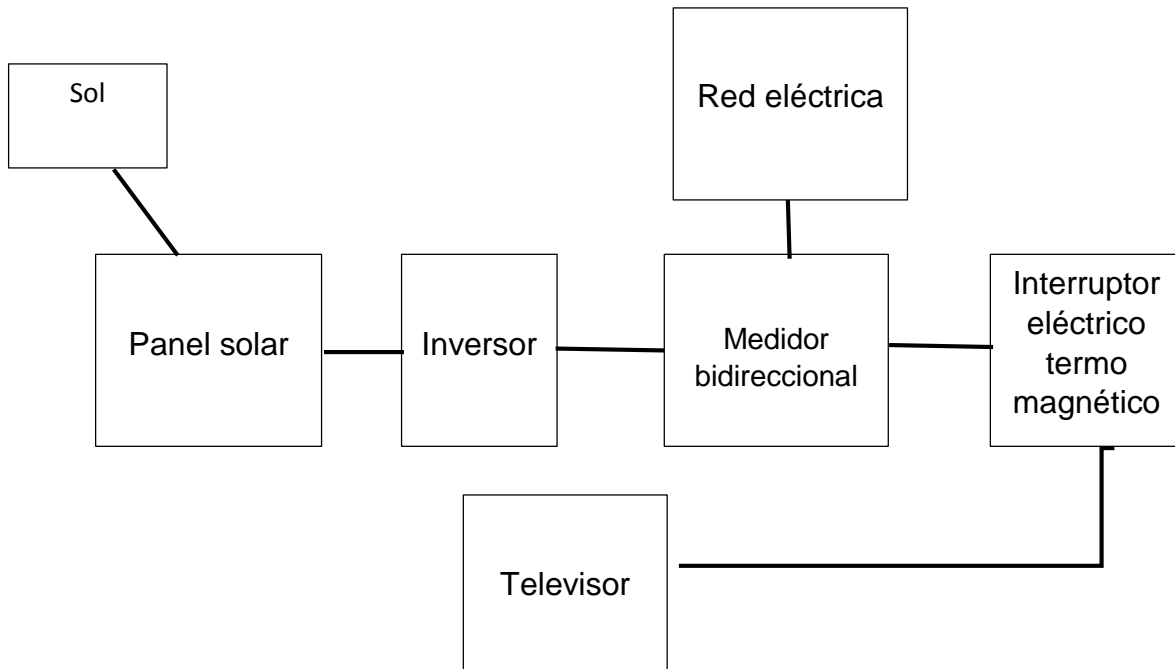
### **1.4 Objetivo**

Diseño y construcción de celdas fotovoltaicas en el edificio cime Chiapas A.C. enfocado para disminuir el consumo de la red eléctrica, empleando las celdas fotovoltaicas con el sistema interconectado a la red, así mismo venderle la energía que no sea utilizada a CFE.





## 1.5 Diagrama de bloque



*Fig.1.5.1. Diagrama de bloques del hardware.*

**Sol** es el recurso natural de la tierra que se puede aprovechar sus rayos solares para la generación de energía eléctrica.

**Panel solar**, es un elemento que permite usar los rayos del sol como energía. Lo que hacen estos dispositivos es recoger la energía térmica o fotovoltaica del astro y convertirla en un recurso que puede emplearse para producir electricidad o calentar algo.

**Inversores** de corriente cambian un voltaje de entrada de corriente continua (dc) a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el fabricante.

**Interruptor eléctrico** es en su acepción más básica un dispositivo que permite desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica.

**Televisor** es un aparato electrónico destinado a la recepción y reproducción de señales de televisión. Usualmente consta de una pantalla y mandos o controles.

**Medidor bidireccional** puede medir el consumo de energía eléctrica de la compañía girando de manera contraria, haciendo posible que la CFE ( comisión federal de electricidad) reste a nuestro recibo la energía que estamos generando y suma a nuestro favor la energía de exceso, lo que evitaría la instalación de un almacenamiento de electricidad.

**Red eléctrica** es una red interconectada que tiene el propósito de suministrar electricidad desde los proveedores hasta los consumidores.

## 2. FUNDAMENTO TEORICO

### 1.3 Energía solar

Transformación en calor: es la llamada energía solar térmica que consiste en el aprovechamiento de la radiación que proviene del sol para calentar fluidos que circulan por el interior de captadores solares térmicos. Este fluido se puede destinar para el agua caliente sanitaria, dar apoyo a la calefacción para moderar la temperatura de las piscinas. En la utilización directa mediante la incorporación de cristales y otros elementos arquitectónicos con elevada masa y capacidad de absorción de energía térmica, es la llamada energía solar térmica pasiva.

La energía solar directa es la energía del sol sin transformar, que calienta e ilumina, es necesario tener sistemas de captación y de almacenamiento para aprovechar la radiación del sol de diferentes maneras.

El sol produce constantemente energía electromagnética que llega directamente a la tierra. Así lo viene haciendo desde hace unos 4.5 Millones de años y parece que seguirá su producción por varios millones de años más. Toda la energía disponible procede de forma directa o indirecta del sol, excepto la nuclear, mareomotriz y la geotérmica. Sin embargo su utilización ofrece serias dificultades por su estacionalidad, su alternancia día-noche, su dependencia de otras condiciones atmosféricas, su baja densidad y en muchas aplicaciones su costo, que dista de ser competitivo con los combustibles fósiles.

El sol es la fuente primaria de energía, que puede ser usada directamente, en sistemas pasivos, así llamados porque no utilizan otra fuente de energía, o en sistemas activos, que usan otra fuente de energía, generalmente eléctrica, empleada para mover el fluido calefactor.

La energía solar puede transformarse en eléctrica bien directamente, mediante células fotovoltaicas o bien de forma indirecta a través de sistemas térmicos de concentración utilizados para producir vapor que moverá las turbinas generadoras.

La energía solar es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce a través de la absorción de la radiación, por ejemplo en dispositivos ópticos o de otro tipo. La energía solar es una energía renovable que no contamina conocida como energía limpia o energía verde.

La energía solar se puede transformar de dos maneras: La primera utiliza una parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir calor. A la energía obtenida se le llama energía solar térmica.



La transformación se realiza mediante el empleo de colectores térmicos. La segunda, utiliza la otra parte del espectro electromagnético de la energía del sol para producir electricidad. A la energía obtenida se le llama energía solar fotovoltaica. La transformación se realiza por medio de módulos o paneles solares fotovoltaicos.

### **Efecto fotovoltaico**

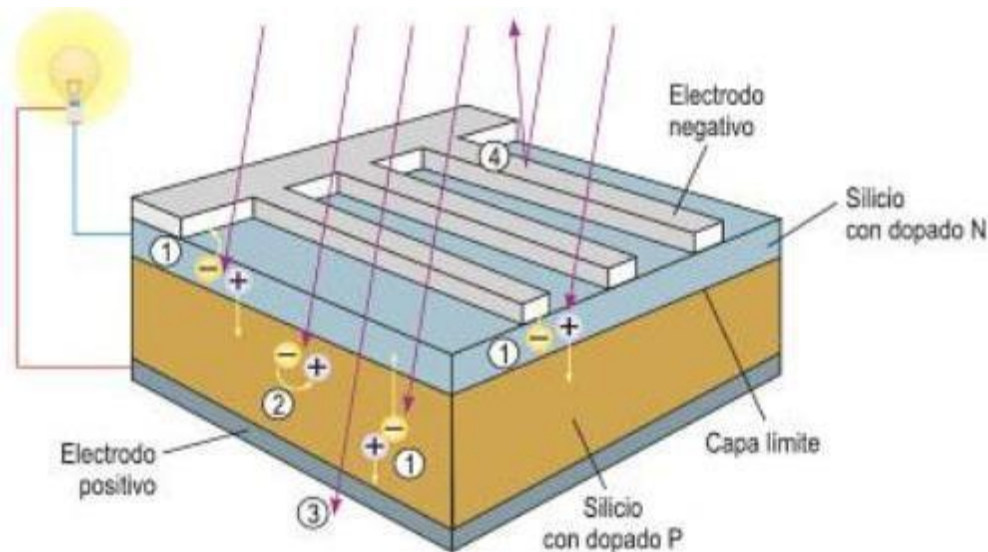
Las celdas solares convierten directamente la luz solar en electricidad, debido al efecto fotovoltaico. La luz está compuesta de fotones con diferentes energías. Cuando un fotón con energía suficiente choca con un átomo de algún material, por ejemplo el silicio, el átomo absorbe la energía del fotón y un electrón del material queda en un estado excitado por la energía absorbida, lo que permite, en algunos casos, que se mueva libremente. Si en lugar de uno son varios los electrones que circulan libremente, puede producirse una corriente eléctrica bajo ciertas condiciones y, por lo tanto, generarse electricidad a partir de energía solar.

Al juntar un semiconductor tipo n con uno tipo p, se presenta el efecto fotovoltaico, es decir, habrá un flujo de huecos (falta de electrones) hacia el lado del semiconductor n y uno de electrones hacia el lado del semiconductor p.

Los fotones provenientes del Sol llegan a la celda solar y la radiación absorbida generará electrones en la banda de conducción y huecos en la de valencia. Con ello, se generará una corriente eléctrica del lado positivo al negativo y habrá un voltaje. De esta forma, si se conecta una resistencia entre los dos electrodos (positivo y negativo) se presentará un flujo de corriente.

En resumen, cada celda solar tiene tres capas y dos electrodos (véase la Figura 1). La capa que está expuesta al Sol debe aprovechar al máximo la radiación solar por unidad de área y por esta razón el electrodo negativo está formado por pequeñas tiritas de un material conductor.





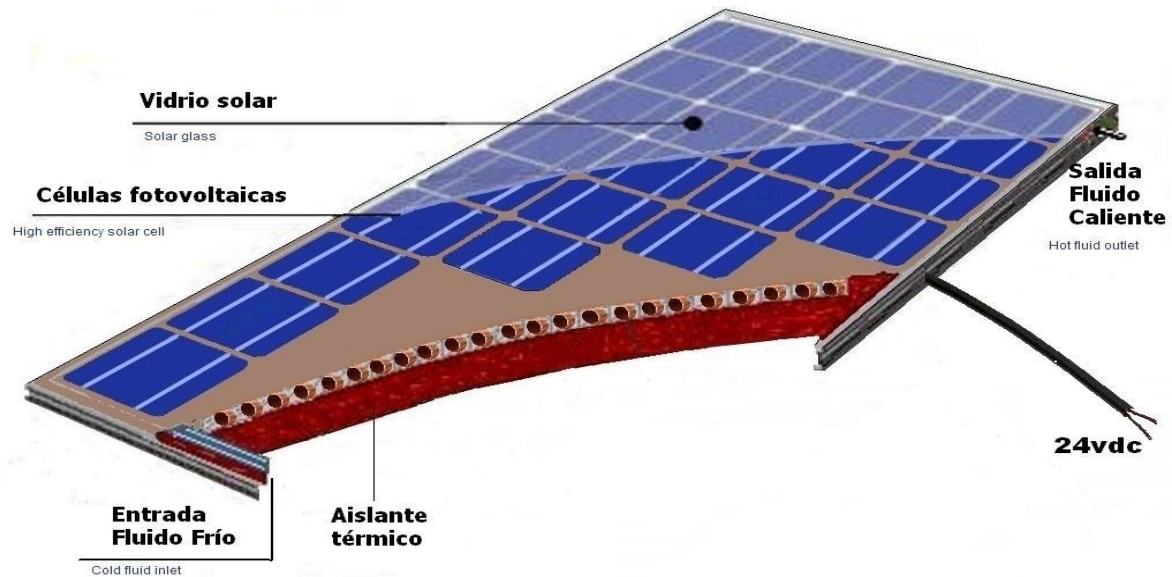
**Fig. 2.1.1.** Diseño y funcionamiento de una célula solar

En la figura 4, observamos en (1) la separación de cargas; en (2), la recombinación de parte de ellas, en (3) cómo una parte de la energía luminosa no se utiliza sino que atraviesa la célula sin producir separación de cargas, en (4) la reflexión y el efecto de sombra causada por los contacto eléctricos de la cara visible de la célula.

## 2.2. Funcionamiento de paneles solares.

Las celdas solares son pequeñas células hechas de silicio cristalino o arseniuro de galio, es decir, las celdas son cristales de silicio o cristales de arseniuro de galio que son materiales semiconductores (es decir, materiales que pueden comportarse como conductores de electricidad o como aislantes, depende del estado en que se encuentren. Estos materiales se mezclan con otros como por ejemplo el fósforo o el boro para darles al silicio o al arseniuro de galio una carga positiva o negativa. Solamente si estas celdas tienen carga positiva y negativa pueden generar electricidad, de lo contrario no generarían electricidad.

Cuando esas celdas cristalinas cargadas positiva y negativamente se exponen a la luz del Sol directamente producen corriente. La energía del sol mueve los electrones de la parte de la celda que le sobran hacia la parte de la celda que le faltan (donde hay huecos). Este movimiento de electrones es la corriente eléctrica, por lo tanto ya hemos conseguido generar corriente eléctrica de un punto a otro. Todas juntas hacen que se produzca un campo eléctrico en el panel solar.



**Fig. 2.2.1** Construcción del panel solar.

El panel solar está compuesto de celdas solares positivas y negativas. Estas celdas se colocan en el panel intercalándolas y sujetándolas con hilo conductor. Luego el panel puede colocarse donde sea más conveniente.

Una vez colocado el panel, éste ya podrá recibir la luz directa del Sol. El Sol es la fuente más poderosa de energía para la Tierra. Sabemos que el Sol emite muchas partículas diferentes hacia la Tierra y los paneles solares están diseñados de tal manera que sólo absorban los fotones que emite el Sol, que son las partículas que reaccionarán con el silicio y el arseniuro generando electricidad en el panel.

### **Ventajas de los paneles solares**

La principal ventaja de utilizar paneles solares es que producen energía limpia y renovable, sin tener que recurrir a los recursos fósiles y energía nuclear. Afortunadamente la era del petróleo está llegando a su fin. La energía solar no produce apenas contaminación y, sin embargo, el uso de recursos fósiles libera grandes cantidades de gases tóxicos hacia nuestra atmósfera.

Los paneles solares también ayudan a ahorrar energía e instalar un sistema renovable en casa es bastante rápido, aparte que el mantenimiento de estos paneles solares es mínimo y su vida es bastante larga. Aunque al principio puedan resultar algo caros, en cuestión de años habremos recuperado la inversión inicial y estaremos recibiendo energía solar en nuestros hogares de forma gratuita, cosa que no pasa con los combustibles fósiles.

Otra gran ventaja es la de por fin poder liberarnos del monopolio de las empresas que nos suministran energía. Nosotros mismos podemos ser nuestros propios suministradores de energía gracias a los paneles solares.

## **DESVENTAJAS POSEEN LOS PANELES SOLARES**

Los paneles solares proporcionan energía limpia, sin embargo, su fabricación aún depende de energías no limpias. (El silicio o arseniuro de galio tienen que extraerse de la Tierra y luego son transformados en diferentes procesos para poder colocarlos en el panel, aparte de otros materiales que componen el panel).

Como hemos dicho, al principio son caros aunque luego se recupere el dinero a lo largo de su utilización. El precio de una instalación de paneles solares en una vivienda puede variar desde 13.000 euros a 30.000 euros dependiendo de las necesidades de cada casa.

Otra desventaja de los paneles solares, sobre todo los Fotovoltaicos es que dependen del clima. Si antes habíamos dicho que cuanto más luz reciban mejor, si vivimos en un clima escaso de Sol los paneles solares fotovoltaicos no nos serían muy útiles. Por eso es más habitual ver paneles solares en zonas de climas secos y cálidos que fríos y húmedos.

El espacio es otra de las desventajas, ya que para que los paneles solares funcionen con eficiencia necesitan cubrir bastante espacio. Por ejemplo, para una casa pequeña, el espacio que necesitan los paneles solares sería desproporcionado en comparación con la propia casa y sus elementos.

### **2.3 inversor**

Tensión nominal: es la tensión que se debe aplicar a los terminales de entrada del inversor. Los inversores disponibles comercialmente para uso fotovoltaico se ofrecen con tensiones nominales características de este tipo de sistemas.

-Potencia nominal: es la potencia que puede suministrar el inversor de forma continuada. Su rango comercial oscila normalmente entre los 100 y los 5000 vatios, aunque existen de potencias superiores.

-Capacidad de sobrecarga: se refiere a la capacidad del inversor para suministrar una potencia considerablemente superior a la nominal así como al tiempo que puede mantener esta situación. -Forma de onda: en los terminales de salida del inversor aparece una señal alterna caracterizada principalmente por su forma de onda y los valores de tensión eficaz y frecuencia de la misma.

-Eficiencia (o rendimiento)- es la relación, expresada en tanto por ciento, entre las potencias presentes a la salida y a la entrada del inversor. Su valor depende de



las condiciones de carga del mismo, es decir, de la potencia total de los aparatos de consumo alimentados por el inversor en relación con su potencia nominal. Además de las ya mencionadas, los modernos inversores de uso fotovoltaico disponibles actualmente en el mercado disponen de toda una serie de características, entre las que destacan:

- *Protección contra sobrecargas.*
- *Protección contra cortocircuitos.*
- *Protección térmica.*
- *Protección contra inversión de polaridad.*
- *Estabilización de la tensión de salida.*
- *Arranque automático.*
- *Señalización de funcionamiento y estado.*



**Fig. 2.3.1** Inversor de corriente de C.D. a C.A. de 15000w.

## **Tipos**

Los inversores de uso fotovoltaico se clasifican generalmente atendiendo a dos criterios: su aplicación y su forma de onda.

### **Según la aplicación**

Inversores autónomos: son los utilizados en los sistemas fotovoltaicos autónomos o aislados de la red eléctrica externa. Entre las variantes de este tipo de inversores existentes en el mercado destacan:

Entrada de batería: es el más común, en el que la entrada del inversor se conecta única y directamente a la batería. Este tipo de inversores suele disponer de la función de protección contra la sobre descarga de la batería, ya que esta conexión directa constituye una línea de consumo no controlada por el regulador.

Entradas de batería y campo FV: este tipo incluye un regulador de carga interno que posibilita la conexión directa del campo FV y hace innecesario el uso de un regulador externo.

Entradas de batería y generador auxiliar (o red externa): permite la conexión directa de un grupo electrógeno auxiliar, o de la propia red externa, posibilitando la carga de las baterías mediante una fuente distinta a la solar (función de cargador), y la alimentación directa del consumo mediante dicho grupo o red (función generador).

Salida alterna y continua: hay inversores que disponen de doble salida, alterna y continua, diseñados especialmente para su utilización en sistemas que precisan estos dos tipos de alimentación.

Inversores de conexión a red: son los utilizados en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red eléctrica externa. Como se verá más adelante en este manual, este tipo de inversores debe disponer de unas características y cumplir unos requisitos reglamentarios específicos.

### **Según la forma de onda**

De onda cuadrada: característica de algunos inversores económicos de baja potencia, aptos para la alimentación exclusiva de aparatos puramente resistivos, como elementos de iluminación y otros.

De onda modulada: también característica de inversores de baja potencia, pero con un espectro de posibles elementos de consumo más amplio que el tipo anterior, que incluye alumbrado, pequeños motores y equipos electrónicos no muy sensibles a la señal de alimentación.

De onda senoidal pura: este tipo de inversores proporciona una forma de onda a su salida que, a efectos prácticos, se puede considerar idéntica a la red eléctrica general, permitiendo así la alimentación de cualquiera aparato de consumo o , en su caso, la conexión a red.

De onda senoidal modificada (o trapezoidal) intermedio entre los dos anteriores, permite ampliar el espectro de elementos de consumo y de potencia, limitado en el de onda cuadrada modulada.

## **2.4 Interruptor eléctrico termo magnético**

Los interruptores de protección termo magnéticos están equipados con mecanismos de disparo: la pieza dependiente de la temperatura del mecanismo está compuesta por un bimetálico con un arrollamiento de calefacción. Corrientes que superan la corriente nominal del módulo de protección, generan calor en el alambre caliente.





El bimetálico se curva y reacciona sobre el mecanismo de conexión hasta que se desconecta. La reacción a corrientes de sobrecarga se retrasa.

El mecanismo de disparo magnético está compuesto por una bobina magnética y armadura rebatible o sumergible. Corrientes que superan la corriente nominal del módulo de protección, generan un campo magnético en la bobina. Con la corriente se refuerza el campo magnético y atrae la armadura. Cuando se alcanza el valor límite predeterminado la armadura acciona el mecanismo de disparo y desconecta de este modo el módulo de protección. La reacción a corrientes de cortocircuito y altas corrientes de sobrecarga ocurre en un periodo entre tres a cinco milisegundos.



**Fig. 2.4.1.** Interruptor termo magnético de 30 Amperes 1 polo qo130 square d de schneider electric.

## 2.5 Medidor bidireccional.

El medidor es un medidor multifunción electrónico de estado sólido, polifásico de una precisión excepcional. Este medidor auto contenido o de transformadores de instrumento, está diseñado para usar en instalaciones comerciales e industriales, incluyendo grandes emplazamientos industriales y subestaciones.

Una avanzada técnica de muestreo analógico-digital adquiere de cada forma de onda de entrada de corriente y tensión 32 muestras por ciclo (60Hz). Los valores de tensión y corriente se calculan cada dos ciclos usando el cálculo RMS (Root Mean Square, Raíz Media Cuadrática). Los voltamperios se calculan multiplicando el valor

de la tensión RMS por el valor de la corriente RMS, de esta manera proporciona un cálculo aritmético para VA.

El medidor también permite un cálculo vectorial de VA.

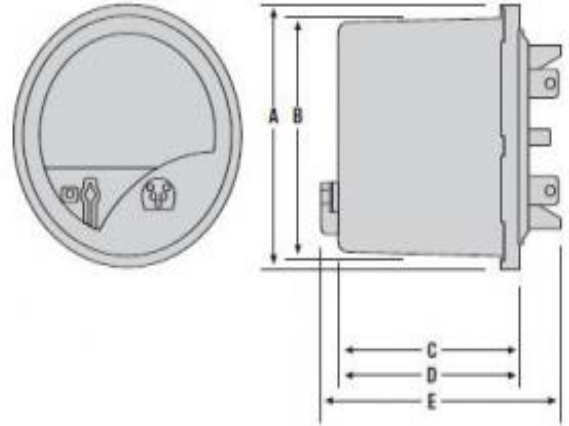
## Especificaciones del medidor SENTINEL (cont.)

### Rangos de operación

- > Rangos de tensión: -20% a +10% de tensión nominal (1 ó 3 fases)
- > Tensión de operación:  $\pm 20\%$
- > Frecuencia: 50-60 Hz
- > Rango de operación: 45 Hz a 65 Hz

### Batería para TH/Perfil de carga

- > Tensión: 3.6 V nominal
- > Rango de operación: 3.4 V- 3.8 V
- > Vida útil: 12 años mínimo
- > Duración en almacenamiento: 25 años mínimo



**Fig. 2.5.1.** Medidor bidireccional.

## 2. Desarrollo.

### 3.1 normas mexicanas

Para llevar a cabo la transición energética a partir de las dos reformas antes revisado, se buscó en la página de la Secretaria de Energía la Estrategia Nacional de Energía 2012-2026 y con ello se determinó que este cuenta con un Programa Especial para el Aprovechamiento de Energías Renovables mismo que contiene los requisitos y apoyos que puede otorgar la Secretaria para llevar a cabo una transición energética para uso público en un sistema educativo.

Hay normas mexicanas para la realización de instalaciones eléctricas en viviendas y edificios públicos. Para el caso de instalaciones de arreglos fotovoltaicos, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) tiene reglamentos relativos para su instalación, protección y mantenimiento.

Para una instalación eléctrica de viviendas o edificios general, se debe de atender la Norma oficial mexicana NOM-001-SEDE 2012 Instalaciones eléctricas (utilización).

Los artículos aquí mencionados son de arreglo fotovoltaico.

## **Artículo 690** **Sistemas solares fotovoltaicos.**

### **A. disposiciones generales**

**690-1. Alcance.** Lo dispuesto en este Artículo se aplica a sistemas eléctricos de energía solar fotovoltaica (FV), incluidos los arreglos de circuitos, inversores y controladores de dichos sistemas [Ver las Figuras 690- 1(a) y (b)]. Los sistemas solares fotovoltaicos cubiertos por este Artículo pueden ser interactivos con otras fuentes de producción de energía eléctrica o autónomos, con o sin almacenamiento de energía eléctrica, como baterías. Estos sistemas pueden tener salidas de utilización de corriente alterna o de corriente continua.

### **690-2. Definiciones**

**Arreglo:** Ensamble mecánicamente integrado de módulos o paneles con una estructura y bases de soporte, sistema de orientación y otros componentes, según se necesite para formar una unidad de generación de energía eléctrica de corriente continua.

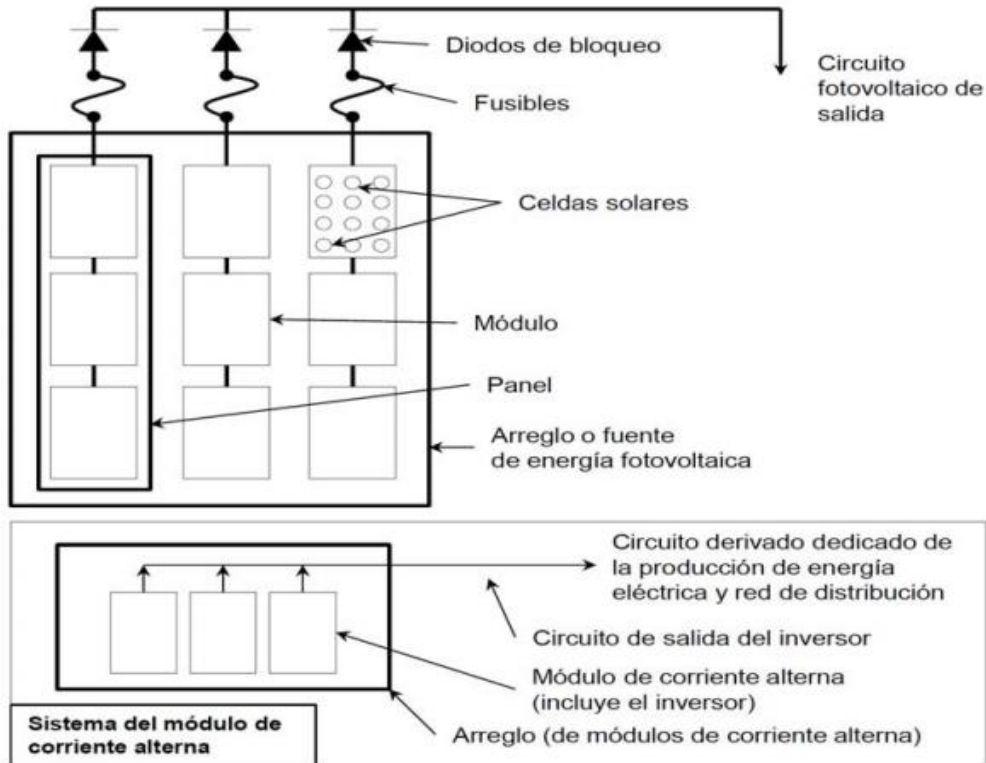
**Arreglo fotovoltaico bipolar:** Arreglo fotovoltaico que tiene dos salidas, cada una con polaridad opuesta con respecto a un punto común de referencia o derivación central. Celda solar: Dispositivo fotovoltaico básico que genera electricidad cuando está expuesto a la luz solar.

**Circuito de entrada del inversor:** Los conductores entre el inversor y la batería en los sistemas autónomos o los conductores entre el inverso y los circuitos de salida fotovoltaicos para las redes de producción y distribución de energía eléctrica.

**Circuito de la fuente fotovoltaica:** Los conductores entre módulos y desde los módulos hasta el o los puntos de conexión común del sistema de corriente continua.

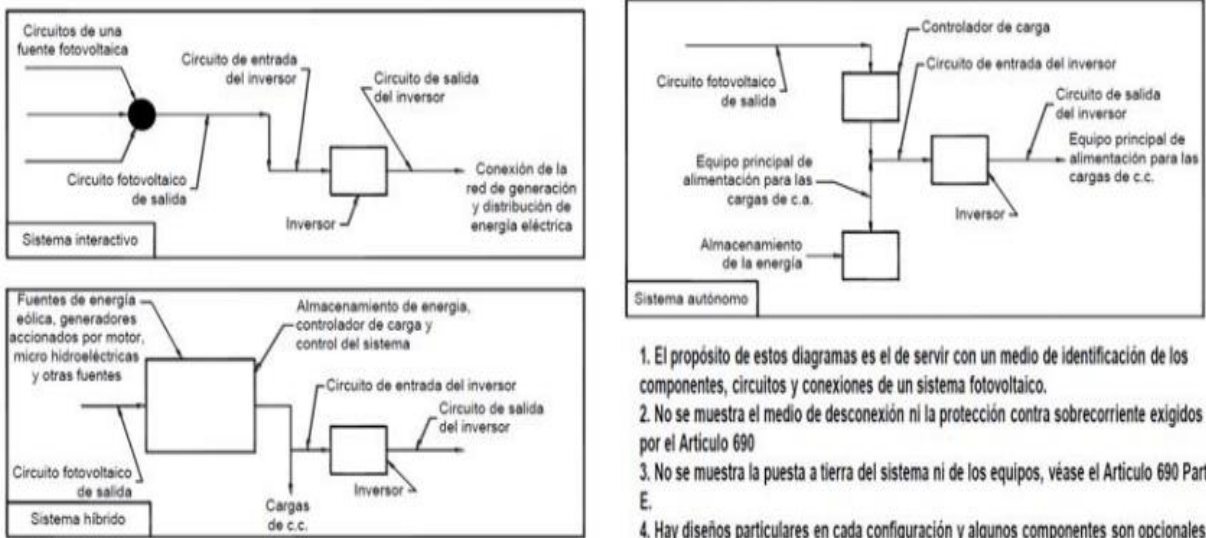


Circuitos de una fuente fotovoltaica



1. El propósito de estos diagramas es el de servir como un medio de identificación de los compañeros de los componentes, circuitos y conexiones de un sistema fotovoltaico.
2. No se muestra el medio de desconexión exigido por el artículo 690 Parte C.
3. No se muestra la puesta a tierra del sistema ni de los equipos. Véase el artículo 690 Parte E.

Fig. 3.1.1. 690-1(a).- Identificación de los componentes de un sistema solar fotovoltaico.



1. El propósito de estos diagramas es el de servir con un medio de identificación de los componentes, circuitos y conexiones de un sistema fotovoltaico.
2. No se muestra el medio de desconexión ni la protección contra sobrecorriente exigidos por el Artículo 690
3. No se muestra la puesta a tierra del sistema ni de los equipos, véase el Artículo 690 Parte E.
4. Hay diseños particulares en cada configuración y algunos componentes son opcionales.

**Fig. 3.1.2.** 690-1(b).- Identificación de los Componentes de un Sistema Solar Fotovoltaico en Configuraciones Comunes del Sistema.

**Circuito de salida del inversor:** Los conductores entre el inversor y un panel de distribución de corriente alterna en los sistemas autónomos o los conductores entre el inversor y el equipo de acometida u otra fuente de generación de energía eléctrica, como una red pública, para redes de generación y distribución de energía eléctrica.

**Circuito de salida fotovoltaica:** Los conductores del circuito entre el o los circuitos de la fuente fotovoltaica y el inversor o el equipo de utilización de corriente continua.

**Controlador de carga:** Equipo que controla la tensión de corriente continua o la corriente de corriente continua o ambas, usadas para cargar una batería.

**Controlador de desviación de carga:** Equipo que regula el proceso de carga de una batería, desviando la potencia del sistema de almacenamiento a las cargas de corriente alterna o de corriente continua o al servicio público interconectado.

**Diodo de bloqueo:** Diodo usado para impedir el flujo inverso de corriente hacia el circuito de la fuente fotovoltaica.

**Dispositivos fotovoltaicos integrados en el edificio:** Celdas fotovoltaicas, dispositivos, módulos o materiales modulares, que están integrados en una superficie exterior o en la estructura de un edificio y sirven como superficie protectora externa del edificio.

**Inversor:** Equipo que se utiliza para cambiar el nivel de tensión o la forma de onda, o ambas, de la energía eléctrica. En general un inversor es un dispositivo que cambia una entrada de corriente continua en una salida de corriente alterna. Los inversores también pueden funcionar como cargadores de baterías que emplean la corriente alterna de otra fuente y la convierten en corriente continua para cargar las baterías.

**Módulo:** Unidad completa protegida ambientalmente, que consta de celdas solares, óptica y otros componentes, sin incluir los sistemas de orientación, diseñada para generar energía de corriente continua cuando es expuesta a la luz solar.

**Módulo de corriente alterna (Módulo fotovoltaico de corriente alterna):** Unidad completa protegida ambientalmente, que consta de celdas solares, óptica, inversor y otros componentes, sin incluir los de sistemas de orientación, diseñada para generar corriente alterna cuando se expone a la luz solar.

**Panel:** Conjunto de módulos unidos mecánicamente, alambrados y diseñados para formar una unidad para instalarse en campo.

**Punto de acoplamiento común:** En un sistema interactivo es el punto en el cual se presenta la interfaz de la red de generación y distribución de energía eléctrica y el cliente. Por lo general, es el lado carga del medidor de la red del suministrador.



**Red de generación y distribución de energía eléctrica:** Sistema de generación, distribución y utilización de energía, tal como el sistema de una red pública y las cargas conectadas, que es externo y no controlado por el sistema de energía fotovoltaica.

**Sistema autónomo:** Sistema solar fotovoltaico que suministra energía eléctrica independientemente de cualquier red de producción y distribución de energía eléctrica.

**Sistema Fotovoltaico Solar:** El total de componentes y subsistemas que, combinados, convierten la energía solar en energía eléctrica adecuada para la conexión a una carga de utilización.

**Sistema Híbrido:** Sistema compuesto de fuentes múltiples de energía. Estas fuentes pueden ser generadores fotovoltaicos, eólicos, micro hidroeléctricas, grupos motor generador y otros, pero no incluyen las redes de los sistemas de generación y distribución de energía eléctrica. Los sistemas de almacenamiento de energía, tales como las baterías, no constituyen una fuente de energía para los propósitos de esta definición.

**Sistema interactivo:** Sistema solar fotovoltaico que funciona en paralelo con una red de generación y distribución de energía eléctrica, a la que puede alimentar. Para el propósito de esta definición, un subsistema de almacenamiento de energía de un sistema solar fotovoltaico, como una batería, no es otra fuente de producción.

**Suba reglo:** Un subconjunto eléctrico de un arreglo fotovoltaico.

**Suba reglo mono polar:** Un suba reglo fotovoltaico mono polar que tiene dos conductores en el circuito de salida, uno positivo (+) y uno negativo (-). Dos subarreglos fotovoltaicos mono polares son utilizados para formar un arreglo fotovoltaico bipolar.

**Tensión del Sistema Fotovoltaico:** Tensión de corriente continua de cualquier suministro fotovoltaico o circuito de salida fotovoltaico. Para instalaciones multifilares, la tensión del sistema fotovoltaico es la tensión más alta entre cualquier par de conductores de corriente continua.

**690-3. Otros Artículos.** Cuando los requisitos de otros Artículos de esta NOM y el Artículo 690 difieran, deben aplicarse los requisitos indicados en el Artículo 690 y, si el sistema funciona en paralelo con una fuente primaria de energía eléctrica, se deben aplicar los requisitos de 705-14, 705-16, 705-32 y 705-143.

**Excepción:** Los sistemas solares fotovoltaicos, los equipos o el alambrado instalados en un lugar peligroso (clasificado) también deben cumplir con las partes aplicables de los Artículos 500 hasta 516.



## 690-4. Instalación.

**a) Sistema fotovoltaico.** Se permite que un sistema solar fotovoltaico suministre energía eléctrica a una edificación u otra estructura, en adición a cualquier otro sistema de suministro de energía eléctrica.

**b) Identificación y agrupamiento.** Los circuitos de las fuentes fotovoltaicas y los circuitos fotovoltaicos de salida no deben instalarse en las mismas canalizaciones, charolas porta cables, cables, cajas de salida o de empalme o accesorios similares, como conductores, alimentadores o circuitos derivados de otros sistemas no fotovoltaicos, a menos que los conductores de los distintos sistemas estén separados por una división. Los conductores de los sistemas fotovoltaicos deben estar identificados y agrupados como se requiere en (b)(1) hasta (b)(4). Los medios de identificación que se permiten son por código de colores, cinta marcadora, etiquetado, o cualquier otro medio aprobado.

**1) Circuitos de suministro fotovoltaico.** Los circuitos de suministro fotovoltaico, deben estar identificados en todos los puntos de terminación, conexión o empalme.

**2) Circuitos de salida fotovoltaica y del inversor.** Los conductores de los circuitos de salida fotovoltaica, los circuitos de entrada y los de salida del inversor deben estar identificados en todos los puntos de terminación, conexión y empalme.

**3) Conductores de sistemas múltiples.** Cuando los conductores de más de un sistema fotovoltaico ocupen la misma caja de conexiones, canalización, o equipo, los conductores de cada sistema deben estar identificados en todos los puntos de terminación, conexión y empalme. Excepción: Cuando la identificación de los conductores es evidente por su espaciado o arreglo, no se requiere identificación adicional.

**4) Agrupamiento.** Cuando los conductores de más de un sistema fotovoltaico ocupen la misma caja de conexiones, o canalización con cubiertas removibles, los conductores de corriente alterna y de corriente continua de cada sistema deben ser agrupados separadamente, mediante amarres con alambre u otro medio similar, al menos una vez y luego deberán ser agrupados a intervalos no mayores de 1.80 metros.

**Excepción:** Los requerimientos para agrupamiento no aplican, si los circuitos entran desde un cable o canalización única al circuito, lo que hace un agrupamiento obvio.

**c) Acomodo de las conexiones de módulos.** Las conexiones a un módulo o panel deben estar organizadas de modo que si se quita un módulo o panel del circuito de un suministro fotovoltaico, no se interrumpa la continuidad de ningún conductor puesto a tierra a cualquier otro circuito de fuente fotovoltaica.

**d) Equipo.** Los inversores, moto generadores, módulos fotovoltaicos, tableros fotovoltaicos, módulos fotovoltaicos de corriente alterna, combinadores de circuitos



de alimentación y controladores de carga, destinados para usarse en sistemas de energía fotovoltaica deben estar aprobados e identificados para esa aplicación.

**e) Alambrado y conexiones.** El equipo y sistemas indicados en los incisos (a) hasta (d) anteriores y todo el alambrado asociado e interconexiones deben ser instalados por personal calificado.

**f) Trayectoria de circuitos.** Las fuentes fotovoltaicas y los conductores de salida dentro y fuera de un tubo conduit, y dentro de un edificio o estructura, deben tener una trayectoria a lo largo de miembros estructurales del edificio, tales como vigas, travesaños y columnas, cuando la localización de esos miembros estructurales pueda ser determinada por simple observación. Cuando los circuitos estén ocultos en el edificio, laminado o materiales de la membrana del techo, en áreas de techo no cubiertas por módulos fotovoltaicos y equipo asociado, la ubicación de los circuitos debe estar marcada claramente.

**g) Sistemas fotovoltaicos bipolares.** Cuando la suma de las tensiones de sistemas fotovoltaicos de los dos subarreglos mono polares, sin considerar la polaridad, excede la capacidad nominal de los conductores y del equipo conectado, los subarreglos mono polares en un sistema fotovoltaico bipolar deben estar físicamente separados, y los circuitos eléctricos de salida de cada suba reglo mono polar deben estar instalados en canalización separada hasta la conexión con el inversor. Los medios de desconexión y los dispositivos de protección por sobre corriente de cada salida de suba reglo mono polar, deben estar en envolventes separadas. Todos los conductores de cada suba reglo deben estar alojados en la misma canalización.

**Excepción:** Se permite que sean utilizados interruptores con capacidad para la máxima tensión entre los circuitos y que tengan una barrera física separando los medios de desconexión de cada suba reglo mono polar, en lugar de medios de desconexión en envolvente separada.

**h) Inversores múltiples.** Se permite que un sistema fotovoltaico tenga inversores múltiples interactivos con el suministrador, instalados en o sobre un solo edificio o estructura. Cuando los inversores estén localizados remotamente uno del otro, se debe colocar un directorio, de acuerdo con 705-10, en el medio de desconexión de cada sistema fotovoltaico, en cada medio de desconexión de corriente alterna y en el medio de desconexión de la acometida principal, mostrando la ubicación de todos los medios de desconexión de corriente alterna y de corriente continua del sistema fotovoltaico dentro del edificio.

**Excepción:** No se requerirá un directorio cuando todos los inversores y los medios de desconexión de corriente continua fotovoltaica estén agrupados con los medios de desconexión de la acometida principal.





**690-5. Protección contra fallas a tierra.** Los arreglos fotovoltaicos de corriente continua puestos a tierra deben tener protección contra fallas a tierra de corriente continua, que cumpla con los requisitos de (a) hasta (c) siguientes para reducir los peligros de incendio. Los arreglos fotovoltaicos de corriente continua no puestos a tierra deben cumplir lo establecido en 690-35.

**Excepción 1:** Se permitirá que no tengan protección contra fallas a tierra los arreglos fotovoltaicos montados en el suelo o en postes, con no más de dos circuitos de alimentación en paralelo y con todas las fuentes de corriente continua y todos los circuitos de salida de corriente continua, cuando están separados de edificios.

**Excepción 2:** Se permitirá que los arreglos fotovoltaicos instalados en lugares diferentes de las unidades de vivienda no tengan protección contra fallas a tierra, si cada conductor de puesta a tierra de equipos está dimensionado de acuerdo con 690-45.

**a) Detección e interrupción de fallas a tierra.** El dispositivo o sistema de protección contra fallas a tierra debe ser capaz de detectar una corriente de falla a tierra, interrumpir el flujo de la corriente de falla y suministrar una indicación de dicha falla.

Se permitirá la apertura automática del conductor puesto a tierra del circuito con falla para interrumpir la trayectoria de la corriente de falla. Si un conductor puesto a tierra se abre para interrumpir la trayectoria de la corriente de falla a tierra, todos los conductores del circuito con falla se deben abrir automática y simultáneamente.

La operación manual del desconectado principal del circuito fotovoltaico de corriente continua no debe activar el dispositivo de protección contra fallas a tierra ni hacer que los conductores puestos a tierra se conviertan en no puestos a tierra. b) Separación de los circuitos con falla. Los circuitos con falla se deben aislar mediante uno de los siguientes métodos:

- (1) Los conductores de fase del circuito con falla se deben desconectar automáticamente.
- (2) El inversor o el controlador de carga alimentado por el circuito con falla debe suspender automáticamente la alimentación a los circuitos de salida.

**c) Etiquetado y marcado.** Debe aparecer una etiqueta de advertencia en el inversor interactivo con el suministrador o debe colocarse cerca del indicador de falla a tierra en una ubicación visible, indicando lo siguiente:

**ADVERTENCIA PELIGRO DE DESCARGA ELECTRICA SI SE INDICA UNA FALLA A TIERRA, LOS CONDUCTORES NORMALMENTE PUESTOS A TIERRA PUEDEN ESTAR ENERGIZADOS Y NO PUESTOS A TIERRA.**

Cuando el sistema fotovoltaico también tiene baterías, la misma advertencia se debe colocar en un lugar visible en las baterías.



## **690-6. Módulos de corriente alterna.**

**a) Circuitos de una fuente fotovoltaica.** Para los módulos de corriente alterna, no se deben aplicar los requisitos del Artículo 690 relacionados con los circuitos de una fuente fotovoltaica. El circuito de una fuente fotovoltaica, los conductores y los inversores, deben considerarse como alambrado interno de un módulo de corriente alterna.

**b) Circuito de salida del inversor.** La salida de un módulo de corriente alterna debe considerarse como circuito de salida del inversor.

**c) Medios de desconexión.** Se permitirá un solo medio de desconexión, de acuerdo con 690-15 y 690-17, para la salida de corriente alterna combinada de uno o más módulos de corriente alterna. Adicionalmente, cada módulo de corriente alterna, en un sistema con varios módulos de corriente alterna, debe ser provisto con un medio de desconexión del tipo terminal, atornillado o con conector.

**d) Detección de fallas a tierra.** Se permitirá que los sistemas de módulos de corriente alterna usen un solo dispositivo de detección para detectar solamente fallas a tierra de corriente alterna y para deshabilitar el arreglo interrumpiendo la alimentación de corriente alterna a los módulos de corriente alterna.

**e) Protección contra sobre corriente.** Se permitirá que los circuitos de salida de los módulos de corriente alterna tengan protección contra sobre corriente y que el dimensionamiento de los conductores se haga de acuerdo con la sección 240-5(b) (2).

### **B. Requisitos para los circuitos**

**690-7. Tensión máxima.** En un circuito de fuente fotovoltaica de corriente continua, o un circuito de salida, la tensión máxima del sistema fotovoltaico para ese circuito se debe calcular como la suma de la tensión de circuito abierto de los módulos fotovoltaicos conectados en serie, corregido para la más baja temperatura ambiente esperada. Para módulos de silicio cristalino y multicristalino, se debe multiplicar la tensión nominal de circuito abierto por el factor de corrección proporcionado en la Tabla 690-7. Esta tensión se debe usar para determinar la tensión nominal de cables, desconectores, dispositivos de protección contra sobre corriente y otros equipos. Cuando la temperatura ambiente esperada más baja esté por debajo de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , o cuando se emplean módulos fotovoltaicos diferentes a los de silicio cristalino o multicristalino, se debe realizar el ajuste de la tensión del sistema de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Cuando los coeficientes de temperatura para la tensión de circuito abierto se suministran en las instrucciones para módulos fotovoltaicos, éstos se deben utilizar para calcular la tensión máxima del sistema fotovoltaico tal como lo exige 110-3(b) en lugar de usar la Tabla 690-7.



**b) Circuitos de utilización de corriente continúa.** La tensión de los circuitos de utilización de corriente continua debe ser de acuerdo con 210-6.

**c) Circuitos de fuentes y de salida fotovoltaica.** En viviendas unifamiliares y bifamiliares, se permitirá que los circuitos de fuente fotovoltaica y los circuitos de salida, que no incluyan portalámparas, contactos o accesorios, tengan una tensión máxima del sistema fotovoltaico de hasta 600 volts. Otras instalaciones con una tensión máxima del sistema fotovoltaico superior a 600 volts deben cumplir con el Artículo 690, Parte I.

**d) Circuitos de más de 150 volts a tierra.** En las viviendas unifamiliares y bifamiliares, las partes vivas de los circuitos de fuentes fotovoltaicas y los circuitos fotovoltaicos de salida de más de 150 volts a tierra, deben ser accesibles únicamente a personas calificadas, mientras estén energizados.

Nota Informativa: Para la protección de partes vivas véase 110-27. Para tensión a tierra y entre conductores, véase 210-6.

**e) Circuitos de fuentes bipolares y de salida.** Para circuitos de 2 hilos conectados a sistemas bipolares, la tensión máxima del sistema debe ser la mayor tensión entre los conductores del circuito de 2 hilos si aplican todas las condiciones siguientes:

(1) Un conductor de cada circuito de un suba reglo bipolar está sólidamente puesto a tierra

**Excepción:** La operación de dispositivos (operación anormal) de fallas a tierra o por falla de arco, son permitidos para interrumpir esta conexión a tierra, cuando el arreglo bipolar completo se convierte en dos arreglos distintos, separados uno del otro y del equipo de utilización.

(2) Cada circuito esté conectado a un suba reglo separado.

(3) El equipo esté marcado claramente con una etiqueta que indique:

**ADVERTENCIA ARREGLO FOTOVOLTAICO BIPOLAR LA DESCONEXION DE LOS CONDUCTORES DEL NEUTRO O LOS PUESTOS A TIERRA PUEDE OCASIONAR UNA SOBRETENSION EN EL ARREGLO O EN EL INVERSOR**



Factores de corrección para temperaturas ambiente menores a 25 °C (Se multiplica el tensión nominal de circuito abierto por el factor de corrección aplicable que se muestra a continuación)	
Temperatura ambiente (°C)	Factor
-36 a -40	1.02
19 a 15	1.04
14 a 10	1.06
9 a 5	1.08
4 a 0	1.10
-1 a -5	1.12
-6 a -10	1.14
24 a 20	1.16
-11 a -15	1.18
-16 a -20	1.20
-21 a -25	1.21
-26 a -30	1.23
-31 a -35	1.25

**Tabla. 3.1.1.** 690-7.- Factores de corrección de la tensión para módulos de silicio cristalino y multicristalino.

**a) Cálculo de la corriente máxima del circuito.** La corriente máxima para un circuito específico se debe calcular de acuerdo con (1) hasta (4) siguientes.

**NOTA:** Cuando se aplican los requisitos de (a)(1) y (b)(1), el factor de multiplicación resultante es del 156 por ciento.

**1) Corrientes del circuito de la fuente fotovoltaica.** La corriente máxima debe ser la suma de la corriente de cortocircuito de los módulos en paralelo, multiplicado por el 125 por ciento.

**2) Corrientes del circuito fotovoltaico de salida.** La corriente máxima debe ser la suma de las corrientes máximas de los circuitos de las fuentes en paralelo, como se calcula en el inciso (1) anterior.

**3) Corriente del circuito de salida del inversor.** La corriente máxima debe ser la corriente permanente de salida del inversor.

**4) Corriente del circuito de entrada de un inversor autónomo.** La corriente máxima debe ser la corriente permanente de entrada del inversor autónomo, cuando el inversor esté produciendo su potencia nominal a la tensión más baja de entrada.

**b) Capacidad y valor nominal de los dispositivos de protección contra sobre corriente.** Se considerarán como constantes las corrientes de los sistemas fotovoltaicos.

**1) Dispositivos de Sobre corriente.** Donde son requeridos, los dispositivos de sobre corriente deben ser seleccionados como es requerido en (a) hasta (d) siguientes:

- a. Conducir no menos del 125 por ciento de la corriente máxima calculada en 690-8 (a).

**Excepción:** Se permitirá usar al 100 por ciento de su valor nominal, en los circuitos que contengan un ensamble con los dispositivos de protección contra sobre corriente integrados y que estén etiquetados para funcionamiento continuo al 100 por ciento de su valor nominal.

- b. Los límites de temperatura en las terminales deben estar de acuerdo con 110-3 (b) y 110-14 (c).

c. Cuando se operen a temperaturas mayores que 40 °C se deben de aplicar los factores de corrección de temperatura del fabricante.

- d. Se permite que el valor nominal o de ajuste de los dispositivos de sobre corriente estén de acuerdo con 240-4 (b), (c) y (d).

**2) Capacidad del Conductor.** Los conductores del circuito deben ser seleccionados para conducir cuando menos, la mayor corriente determinada en (a) o (b) siguientes.

- a. 125 por ciento de las corrientes máximas calculadas en 690-8 (a) sin ningún factor adicional de corrección por las condiciones de uso.
- b. Las máximas corrientes calculadas en 690-8 (a) después que las condiciones de uso han sido aplicadas.
- c. Cuando se requiera, el conductor seleccionado debe ser protegido por un dispositivo de sobre corriente, después de la aplicación de las condiciones de uso.

**c) Sistemas con múltiples tensiones de corriente continua.** Para una fuente fotovoltaica de potencia, que tiene circuitos de múltiples tensiones de salida y que usa un conductor común de retorno, la capacidad de dicho conductor no debe ser menor a la suma de las corrientes nominales de los dispositivos de protección contra sobre corriente de los circuitos individuales de salida.



**d) Dimensionamiento de los conductores de interconexión del módulo.**

Cuando un dispositivo de sobre corriente es utilizado para proteger un conjunto de dos o más circuitos de módulos conectados en paralelo, la capacidad de cada uno de los conductores de interconexión del módulo no deberán ser menor a la suma del valor nominal de los fusibles individuales, más el 125 por ciento de la corriente de cortocircuito de los otros módulos conectados en paralelo.

**690-9. Protección contra sobre corriente.**

**a) Circuitos y equipos.** El circuito de una fuente fotovoltaica, el circuito fotovoltaico de salida, el circuito de salida del inversor y los conductores del circuito de la batería de acumuladores y los equipos, deben estar protegidos según establece el Artículo 240. Los circuitos conectados a más de una fuente de suministro eléctrico deben tener dispositivos de protección contra sobre corriente instalados de modo que brinden esa protección desde todas las fuentes.

**Excepción.** No será requerido un dispositivo de sobre corriente para módulos fotovoltaicos o conductores del circuito de fuentes fotovoltaicas seleccionados de acuerdo con 690-8(b), cuando una de las siguientes condiciones aplica:

a. No existen fuentes externas tales como circuitos de una fuente conectados en paralelo, baterías o retroalimentación desde inversores.

b. Las corrientes de corto circuito de todas las fuentes no exceden la capacidad de los conductores, o el máximo tamaño del dispositivo de protección contra sobre corriente especificado en la placa de datos del módulo fotovoltaico.

**NOTA:** Para establecer si todos los conductores y módulos están debidamente protegidos contra sobre corriente desde todas las fuentes, se debe tener en cuenta la posible retroalimentación de corriente desde cualquier fuente de alimentación, incluyendo la alimentación a través de un inversor en el circuito fotovoltaico salida y los circuitos de las fuentes fotovoltaicas.

**b) Transformadores de potencia.** Un transformador con una o varias fuentes conectadas en cada lado, se debe proteger contra sobre corriente de acuerdo con lo establecido en 450-3, considerando primero uno de los lados del transformador como el primario y después el otro lado.

**Excepción:** Un transformador de potencia con una corriente nominal en el lado que está conectado a la salida del inversor interactivo con el suministrador, no menor que la corriente de salida nominal continua del inversor, se permite sin protección de sobre corriente del inversor.

**c) Circuitos de una fuente fotovoltaica.** Se permitirá que los dispositivos contra sobre corriente de los circuitos derivados o de los dispositivos contra sobre corriente tipo complementario, proporcionen protección contra sobre corriente en los circuitos



de la fuente fotovoltaica. Los dispositivos de sobre corriente deben ser accesibles, pero no se exigirá que sean fácilmente accesibles.

Los valores normalizados de los dispositivos complementarios de protección contra sobre corriente permitidos en esta sección se deben dar en incrementos de un ampere, empezando en 1 ampere y hasta 15 amperes inclusive. Los valores normales superiores a 15 amperes para los dispositivos complementarios de protección contra sobre corriente se deben basar en los valores normales especificados en la sección 240-6(a).

**d) Valores nominales de corriente continua.** Los dispositivos de protección contra sobre corriente, ya sean fusibles o interruptores automáticos, que se utilicen en cualquier parte de corriente continua de un sistema fotovoltaico de potencia, deben estar etiquetados para su uso en circuitos de corriente continua y deben tener los valores nominales adecuados de tensión, corriente y capacidad interruptiva.

**e) Protección de sobre corriente en serie.** En circuitos de fuentes fotovoltaicas, un solo dispositivo de protección por sobre corriente será permitido para proteger los módulos fotovoltaicos y los conductores de interconexión.

**690-10. Sistemas autónomos.** El sistema de alambrado de los inmuebles debe ser adecuado para cumplir con los requisitos de esta NOM para una instalación similar conectada a una acometida. El alambrado del lado de la alimentación del medio de desconexión del edificio o estructura debe cumplir con esta NOM, con excepción de lo que se modifica de (a) hasta (e) siguientes.

**a) Salida del inversor.** Se permitirá que la salida de corriente alterna de un inversor autónomo suministre alimentación de corriente alterna al medio de desconexión del edificio o estructura a niveles de corriente menores a la carga calculada para ese desconectado. El valor nominal de salida del inversor o el de una fuente de energía alterna debe ser igual o mayor a la carga requerida por el equipo de utilización individual más grande conectado al sistema. Las cargas calculadas de alumbrado general no se deben considerar con una carga individual.

**b) Dimensionamiento y protección.** Los conductores del circuito entre la salida del inversor y el medio de desconexión del edificio o estructura deben estar dimensionados con base en el valor nominal de salida del inversor. Estos conductores deben protegerse de sobre corrientes de acuerdo con el Artículo 240. Dicha protección debe ubicarse en la salida del inversor.

**c) Una sola alimentación de 120 volts.** Se permitirá que la salida del inversor de un sistema solar fotovoltaico autónomo suministre 120 volts a un equipo de acometida monofásico, de 3 hilos, de 120/240 volts, o tableros de distribución cuando no hay salidas de 240 volts y cuando no existan circuitos derivados multifilares. En todas las instalaciones, el valor nominal del dispositivo de protección contra sobre corriente conectado a la salida del inversor debe ser menor que el valor



nominal de la barra conductora del neutro en el equipo de acometida. Este equipo debe estar marcado con la siguiente leyenda, o equivalente:

**ADVERTENCIA ALIMENTACION INDIVIDUAL DE 120 VOLTS. NO CONECTAR CIRCUITOS DERIVADOS MULTIFILARES.**

**d) Requerimiento de almacenamiento de energía o de sistema de alimentación de respaldo.** No se requerirá almacenamiento de energía ni sistemas de alimentación de respaldo.

**e) Interruptores automáticos para retroalimentación.** Los interruptores automáticos para retroalimentación del tipo enchufable, conectados a la salida de un inversor autónomo, en sistemas autónomos o sistemas interactivos con el suministrador, deben estar sujetos de acuerdo con 408-36(d). Los interruptores automáticos que estén marcados “línea” y “carga”, no deben ser empleados cuando haya retroalimentación.

**690-11. Protección de falla por arco (Corriente continua).** Los sistemas fotovoltaicos con circuitos de fuentes de corriente continua, circuitos de salida de corriente continua o ambos, encima o penetrando a un edificio, operando con tensión máxima de sistema fotovoltaico de 80 volts o mayor, deben estar protegidos por un interruptor (corriente continua) de falla por arco, aprobado, tipo fotovoltaico u otros componentes del sistema que provean una protección equivalente. Los medios de protección fotovoltaicos por falla de arco, deben de cumplir con los siguientes requerimientos:

- (1) El sistema debe detectar e interrumpir fallas por arco resultantes de una falla en la continuidad esperada de un conductor, conexión, módulo u otro componente del sistema, en los circuitos de fuentes fotovoltaicas y circuitos de salida.
- (2) El sistema debe desactivar o desconectar a uno de los siguientes:
  - a. Inversores o controladores de carga conectados al circuito con falla cuando la falla sea detectada.
  - b. Componentes del sistema dentro del circuito donde se produce el arco
- (3) El sistema requiere que el equipo desactivado o desconectado sea manualmente restablecido.
- (4) El sistema debe tener un indicador que suministre una señal visual de que el interruptor del circuito ha operado. Esta indicación no debe restablecerse automáticamente.

### **C. Medios de desconexión**

**690-13. Todos los conductores.** Se debe proporcionar un medio que desconecte todos los conductores portadores de corriente continua de un sistema fotovoltaico de todos los demás conductores en un edificio u otra estructura. No se debe instalar un interruptor, un interruptor automático, ni otro dispositivo, en un conductor puesto





a tierra, si el funcionamiento de ese interruptor, interruptor automático u otro dispositivo deja al conductor marcado como puesto a tierra, en un estado energizado y no puesto a tierra.

**Excepción 1.** Un interruptor o interruptor automático que es parte de un sistema de detección de falla a tierra requerido en 690-5, o que es parte de un sistema de detección/interrupción de falla por arco requerido en 690-11, se permitirá que abra el conductor puesto a tierra cuando dicho interruptor o interruptor automático sea automáticamente abierto como una función normal del dispositivo en respuesta a fallas a tierra.

**Excepción 2.** Un desconectado es permitido en un conductor de puesta a tierra si todas las siguientes condiciones son cumplidas:

- (1) El interruptor es utilizado únicamente para mantenimiento del arreglo fotovoltaico.
- (2) El interruptor está accesible únicamente para personal calificado.
- (3) El interruptor está designado para la máxima tensión y corriente continua que puedan estar presentes durante cualquier operación, incluyendo condiciones de falla a tierra.

**NOTA:** El conductor puesto a tierra puede tener un medio de desconexión, atornillado o con terminal, para permitir la inspección y mantenimiento del personal calificado.

**690-14. Disposiciones adicionales.** Los medios de desconexión para las fuentes de energía fotovoltaicas deben cumplir con (a) hasta (d) siguientes.

**a) Medio de desconexión.** No se exigirá que el medio de desconexión sea adecuado como equipo de acometida y debe cumplir con la sección 690-17.

**b) Equipo.** Se permitirá instalar equipos tales como interruptores de aislamiento de fuentes fotovoltaicas, dispositivos de protección contra sobre corriente y diodos de bloqueo, en el lado fotovoltaico del medio de desconexión.

**c) Requisitos para el medio de desconexión.** Se debe proveer un medio que desconecte todos los conductores de un edificio u otra estructura de los conductores del sistema fotovoltaico.

**1) Ubicación.** El medio de desconexión del sistema fotovoltaico se debe instalar en un lugar fácilmente accesible, bien sea en el exterior de un edificio o estructura, o en el interior, lo más cerca del punto de entrada de los conductores del sistema.

**Excepción:** Se permitirá que las instalaciones que cumplan con la sección 690-31(e) tengan el medio de desconexión ubicado en un lugar remoto desde el punto de entrada de los conductores del sistema.

El medio de desconexión del sistema fotovoltaico no se debe instalar en baños.



**2) Marcado.** El medio de desconexión de cada sistema fotovoltaico debe estar marcado permanentemente para identificarlo como desconectado del sistema fotovoltaico.

**3) Adecuado para el uso.** El medio de desconexión de cada sistema fotovoltaico debe ser adecuado para las condiciones prevalecientes. El equipo instalado en lugares peligrosos (clasificados) debe cumplir con los requisitos de los Artículos 500 hasta 517.

**4) Cantidad máxima de desconectores.** El medio de desconexión del sistema fotovoltaico debe tener no más de seis interruptores o seis interruptores automáticos montados en una sola envolvente, en un grupo de envolventes separados o dentro o sobre un tablero de distribución.

**5) Agrupamiento.** Los medios de desconexión del sistema fotovoltaico se deben agrupar con otros medios de desconexión para que el sistema cumpla lo estipulado en el inciso (4) anterior. No se exigirá un medio de desconexión del sistema fotovoltaico en el sitio de instalación del módulo o del arreglo fotovoltaico.

**d) Inversores interactivos con el suministrador montado en lugares que no son fácilmente accesibles.** Se permitirá que los inversores interactivos con el suministrador estén montados sobre techos u otras áreas exteriores que no sean fácilmente accesibles. Estas instalaciones deben cumplir las condiciones (1) hasta (4) siguientes:

- (1) Se debe montar un medio de desconexión del sistema fotovoltaico de corriente continua al alcance de la vista desde el inversor o dentro de él.
- (2) Se debe montar un medio de desconexión de corriente alterna al alcance de la vista desde el inversor o dentro de él.
- (3) Los conductores de salida de corriente alterna provenientes del inversor y un medio adicional de desconexión de corriente alterna para el inversor deben cumplir con (c) (1) anterior.
- (4) Se debe instalar una placa con leyenda de acuerdo con 705-10.

**690-15. Desconexión de equipo fotovoltaico.** Deben proveerse medios para desconectar equipos tales como inversores, baterías, controladores de carga y similares, de todos los conductores de fase de todas las fuentes. Si el equipo está energizado por más de una fuente, los medios de desconexión deben ser agrupados e identificados.

Se permitirá un solo medio de desconexión, de acuerdo con 690-17, para la salida de corriente alterna combinada de uno o más inversores o módulos de corriente alterna en un sistema interactivo.



## **690-16. Fusibles.**

**a) Medios de desconexión.** Se deben instalar medios de desconexión para desconectar un fusible de todas fuentes de suministro si el fusible está energizado desde ambas direcciones. Si dicho fusible está en un circuito de fuente fotovoltaica, debe ser posible que sea desconectado independientemente de los fusibles que haya en otros circuitos de fuentes fotovoltaicas.

**b) Servicio a fusibles.** Se deben instalar medios de desconexión en los circuitos fotovoltaicos de salida cuando los dispositivos de sobre corriente (fusibles) se les deben suministrar servicio y no pueden ser aislados de circuitos energizados. Los medios de desconexión deben estar a la vista de, y accesibles a, la ubicación de los fusibles o ser integral al porta fusibles y debe de cumplir con 690-17. Cuando los medios de desconexión estén localizados a más de 1.80 metros del dispositivo de sobre corriente, se debe instalar en la ubicación del dispositivo de sobre corriente, un directorio mostrando la ubicación de cada desconectado.

Los medios de desconexión designados para apertura sin carga deben estar marcados "No abrir con carga".

**690-17. Desconectores o interruptores automáticos.** El medio de desconexión para los conductores de fase debe consistir en uno o varios interruptores o interruptores automáticos operados manualmente y deben cumplir con todos los requisitos siguientes:

- (1) Estar ubicado donde sea fácilmente accesible
- (2) Ser operable desde el exterior sin que el operador se exponga al contacto con partes vivas.
- (3) Estar claramente marcado para indicar cuándo está en la posición de abierto o cerrado.
- (4) Tener una capacidad de interrupción suficiente para la tensión del circuito y para la corriente disponible en los terminales de línea de los equipos.

Cuando todos los terminales de los medios de desconexión se puedan energizar estando en la posición de abierto, se debe instalar, en el medio de desconexión o lo más cerca posible del mismo, un anuncio claramente legible que indique lo siguiente:

**ADVERTENCIA PELIGRO DE DESCARGA ELECTRICA. NO TOCAR LAS TERMINALES. LAS TERMINALES, TANTO EN EL LADO DE LINEA COMO EN EL DE CARGA, PUEDEN ESTAR ENERGIZADAS EN LA POSICION DE ABIERTO"**

**Excepción:** Se permitirá usar un conector como un medio de desconexión de corriente alterna o de corriente continua, siempre que cumpla con los requisitos de la sección 690-33 y esté aprobado para ese uso.



**690-18. Instalación y mantenimiento de un arreglo fotovoltaico.** Se debe emplear un medio de apertura o de puesta en corto circuito o un recubrimiento opaco, que permita desactivar un arreglo fotovoltaico o partes de un arreglo fotovoltaico para instalación y mantenimiento.

**NOTA:** Los módulos fotovoltaicos están energizados cuando están expuestos a la luz. La instalación, sustitución o mantenimiento de los componentes del arreglo fotovoltaico, mientras un módulo o módulos son irradiados, puede exponer a choque eléctrico a las personas.

#### **D. Métodos de alambrado**

##### **690-31. Métodos permitidos.**

**a) Sistemas de alambrado.** Se permitirá utilizar todos los métodos de alambrado con canalizaciones y cables incluidos en esta NOM, y otros sistemas de alambrado y accesorios proyectados específicamente e identificados para uso en arreglos fotovoltaicos. Cuando se utilicen dispositivos alambrados con envoltentes integrales, se debe suministrar una longitud suficiente del cable para que se puedan reemplazar fácilmente.

Cuando se instalan en lugares fácilmente accesibles, los circuitos de fuente y de salida fotovoltaicos, funcionando a tensiones máximas del sistema mayores a 30 volts, se deben instalar en una canalización.

**b) Cables de un solo conductor.** Se permite usar cables de un solo conductor tipo USE-2 y cables de un solo conductor aprobados como alambre fotovoltaico, en lugares exteriores expuestos, en circuitos de fuente fotovoltaica para las interconexiones de los módulos fotovoltaicos dentro del arreglo fotovoltaico.

**Excepción:** Se deben usar canalizaciones cuando así se exija en el inciso (a) anterior.

**NOTA:** Los conductores fotovoltaicos [También llamado cable fotovoltaico (FV)] tienen un diámetro exterior no estándar. El factor de relleno en tubo conduit debe ser calculado usando la tabla 1 del Capítulo 10.

**c) Cables y cordones flexibles.** Los cables y cordones flexibles usados para conectar las partes móviles de orientación de los módulos fotovoltaicos, deben cumplir lo establecido en el Artículo 400 y deben ser de un tipo identificado como cordones de uso pesado o como cables portátiles de alimentación; deben ser adecuados para uso extra rudo, estar aprobados para uso en exteriores y ser resistentes al agua y a la luz del sol. La capacidad permisible debe cumplir lo establecido en la sección 400-5. Cuando la temperatura ambiente supere 30 °C, la capacidad se debe reducir mediante los factores de corrección dados en la Tabla 690-31(c).



Temperatura ambiente °C	Temperatura máxima de operación del conductor			
	60 °C	75 °C	90 °C	105 °C
30	1.00	1.00	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94	0.96	0.97
36-40	0.82	0.88	0.91	0.93
41-45	0.71	0.82	0.87	0.89
46-50	0.58	0.75	0.82	0.86
51-55	0.41	0.67	0.76	0.82
56-60		0.58	0.71	0.77
61-70		0.33	0.58	0.68
71-80			0.41	0.58

**Tabla. 3.1.2.** 690-31(c).- Factores de corrección.

**d) Cables con conductores pequeños.** Se permiten cables mono conductores de tamaño nominal de 1.31 mm<sup>2</sup> (16 AWG) y 0.824 mm<sup>2</sup> (18 AWG) aprobados para uso en intemperie y que sean resistentes a la luz del sol y al agua, para conexiones de módulos siempre que dichos cables cumplan los requisitos de capacidad de 690-8. Se debe usar 310-15 para determinar los factores de ajuste y corrección de la capacidad del cable.

**e) Circuitos de fuentes fotovoltaicas de corriente continua y de salida dentro de un edificio.** Cuando los circuitos de una fuente fotovoltaica de corriente continua o de salida de un sistema fotovoltaico integrado al edificio u otro sistema fotovoltaico tienen trayectorias dentro de un edificio o estructura, deberán estar contenidos en una canalización metálica, o ser de cable con armadura metálica Tipo MC que cumpla con 250-118(10) o envolventes metálicas desde el punto de penetración de la superficie del edificio o estructura, hasta el primer medio de desconexión fácilmente accesible. El medio de desconexión debe cumplir con 690- 14(a), (b) y (d). Los métodos de alambrado deben cumplir con los requerimientos de instalación adicionales indicados en (1) hasta (4).

**1) Debajo de techos.** Los métodos de alambrado deben instalarse a más de 25 centímetros de la plataforma o cubierta del techo, excepto donde esté directamente debajo de una superficie de techo cubierta por módulos fotovoltaicos y equipo asociado. Los circuitos deben tener una trayectoria perpendicular del punto de penetración en el techo a los soportes a cuando menos 25 centímetros por debajo de la plataforma del techo.

**NOTA:** El requerimiento de 25 centímetros es para prevenir un daño accidental de las sierras utilizadas por los bomberos para ventilar techos durante un incendio de la estructura.



**2) Métodos con alambrado flexible.** Cuando sea instalado tubo conduit metálico flexible menor que la designación métrica 21 (tamaño comercial  $\frac{3}{4}$ ) o cable Tipo MC con diámetro menor de 2.5 centímetros conteniendo conductores de circuitos fotovoltaicos y esté instalado a través de vigas del techo o del piso, la canalización o cable deben estar protegidos por tiras de guarda que tengan una altura de al menos la de la canalización o el cable. Cuando la trayectoria es visible, otra que no esté dentro de 1.80 metros de la conexión a equipo, los métodos de alambrado deberán seguir en forma cercana la superficie del edificio o estar protegidos contra daño físico por un medio adecuado.

**3) Marcado y etiquetado requerido:** Los siguientes métodos de alambrado y envolventes, que contengan conductores de fuentes de energía fotovoltaica, deben estar marcados con el texto “Fuente de energía fotovoltaica” mediante etiquetas fijadas permanentemente u otro marcado permanente adecuado:

- (1) Canalizaciones visibles, charolas para cables y otros métodos de alambrado
- (2) Cubiertas o envolventes de cajas de jalado y cajas de conexiones
- (3) Condulet cuando cualquiera de las aberturas disponibles no está utilizada

**4) Métodos y ubicación de marcado y etiquetado. Las etiquetas o marcado deben ser visibles después de la instalación.** Las etiquetas de circuitos de fuentes de energía fotovoltaica deben estar presentes en cada sección del sistema de alambrado que esté separada por envolventes, paredes, divisiones, techos o pisos. El espaciado entre etiquetas o marcado, o entre una etiqueta y un marcado, no deberá ser mayor de 3.00 metros. Las etiquetas requeridas por esta sección deben ser adecuadas para el ambiente donde serán instaladas.

**f) Cables flexibles, con trenzado fino.** Los cables flexibles con trenzado de hilos finos deben ser terminados únicamente con terminales, zapatas, dispositivos o conectores que estén de acuerdo con 110-14(a).

**690-32. Conexión de componentes.** Para la interconexión en el sitio, de módulos u otros componentes del arreglo, se permitirá usar accesorios y conectores proyectados para quedar ocultos en el momento del ensamble en el sitio, si están aprobados para ese uso. Dichos accesorios y conectores deben ser iguales al método de alambrado empleado en: el aislamiento, aumento de temperatura y resistencia a las corrientes de falla y deben ser capaces de resistir las condiciones ambientales en las cuales se vayan a usar.

**690-33. Clavijas o conectores.** Las clavijas permitidas en 690 deben cumplir con lo indicado en los incisos (a) hasta (e) siguientes:

**a) Configuración.** Las clavijas deben ser polarizadas y tener una configuración que no sea intercambiable con contactos de otros sistemas eléctricos del edificio.

**b) Protección.** Las clavijas deben estar construidas de forma que protejan a las personas del contacto inadvertido con partes vivas.



**c) Tipo.** Las clavijas deben ser de tipo de enganche o de seguridad. Las clavijas que son fácilmente accesibles y se usan en circuitos que funcionan a más de 30 volts para circuitos de corriente continua o 30 volts para circuitos de corriente alterna, deben requerir de una herramienta para abrirlas.

**d) Elemento de puesta a tierra.** El elemento de puesta a tierra de la clavija debe ser el primero en hacer contacto y el último en romperlo.

**e) Interrupción del circuito.** Las clavijas deben cumplir con (1) o (2) siguientes:

- (1) Tener capacidad para interrumpir la corriente sin peligro para el operador.
- (2) Ser de un tipo que requiera del uso de una herramienta para abrirla y estar marcada con la inscripción “No desconectar con carga” o “No para interrumpir corriente”.

**690-34. Acceso a cajas.** Las cajas de empalme, de paso y de salida ubicadas detrás de los módulos o tableros se deben instalar de modo que el alambrado que contengan sea accesible directamente o desplazando un módulo o panel que estén asegurados con sujetadores desmontables y conectados mediante un sistema de alambrado flexible.

**690-35. Sistemas de fuentes fotovoltaicas no puestos a tierra.** Se permitirá que los sistemas de fuentes fotovoltaicas funcionen con circuitos de fuentes fotovoltaicas y de salida no puestos a tierra, cuando el sistema cumpla lo indicado en (a) hasta (g) siguientes.

**a) Desconectores.** Todos los conductores de los circuitos de fuentes fotovoltaicas y de salida deben tener desconectores que cumplan lo indicado en el Artículo 690, Parte C.

**b) Protección contra sobre corriente.** Todos los conductores de los circuitos de fuentes fotovoltaicas y de salida deben tener protección contra sobrecorriente de acuerdo con 690-9.

**c) Protección contra fallas a tierra.** Todos los circuitos de fuentes fotovoltaicas y de salida deben tener un dispositivo o sistema de protección contra fallas a tierra que cumpla con los numerales (1) hasta (3) siguientes:

- (1) Detecte una falla a tierra.
- (2) Indique que ha ocurrido una falla a tierra.
- (3) Desconecte automáticamente todos los conductores o haga que el inversor o el controlador de carga conectado al circuito con falla, interrumpa automáticamente la alimentación a los circuitos de salida.

**d) Los conductores de la fuente fotovoltaica deben consistir de uno de los siguientes elementos:**

- (1) Cables multiconductores con cubierta no metálica.



- (2) Conductores instalados en canalizaciones, o
- (3) Conductores etiquetados e identificados como alambre fotovoltaico, de un solo conductor y para instalarse visible.

e) Se permitirá usar los circuitos de corriente continua de un sistema de alimentación fotovoltaica con sistemas de baterías no puestos a tierra, cuando cumplan lo especificado en 690-71(g).

f) La fuente de alimentación fotovoltaica debe estar etiquetada con la siguiente advertencia en cada caja de empalme, caja combinadora, desconectado y dispositivo cuando los circuitos energizados, no puestos a tierra, puedan estar visibles durante el servicio.

**ADVERTENCIA PELIGRO DE DESCARGA ELECTRICA. LOS CONDUCTORES DE CORRIENTE CONTINUA DE ESTE SISTEMA FOTOVOLTAICO NO ESTAN PUESTOS A TIERRA Y PUEDEN ESTAR ENERGIZADOS.**

g) Los inversores o los controladores de carga usados en sistemas con circuitos de fuentes fotovoltaicas y de salida no puestos a tierra deben ser adecuados para ese propósito.

#### **E. Puesta a tierra**

**690-41. Puesta a tierra del sistema.** Para una fuente de potencia fotovoltaica, un conductor de un sistema de 2 hilos con una tensión del sistema fotovoltaico de más de 50 volts y el conductor de referencia (derivación central) de un sistema bipolar, debe estar sólidamente puesto a tierra o debe utilizar otros métodos que logren una protección equivalente del sistema de acuerdo con 250-4(a) y que utilicen equipo aprobado para ese uso.

**Excepción:** Sistemas que cumplan con 690-35.

**690-42. Punto de conexión de la puesta a tierra del sistema.** La conexión de puesta a tierra del circuito de corriente continua se debe hacer en un solo punto del circuito de salida fotovoltaico.

**NOTA:** Ubicando el punto de conexión de puesta a tierra lo más cerca posible de la fuente fotovoltaica, el sistema quedará mejor protegido contra las sobretensiones producidas por las descargas atmosféricas.

**Excepción:** Se permitirá que los sistemas con un dispositivo de protección contra fallas a tierra, de acuerdo con 690-5, tengan la unión exigida del conductor puesto a tierra con la tierra hecha por el dispositivo de protección contra fallas a tierra. Esta unión, cuando sea interna del equipo de protección contra fallas a tierra, no se debe duplicar con una conexión externa.

**690-43. Puesta a tierra del equipo.** Los conductores y dispositivos de puesta a tierra del equipo deben cumplir con (a) hasta (f) siguientes.





**a) Equipo con requerimiento de puesta a tierra.** Partes metálicas expuestas, no portadoras de corriente, de bastidores de módulos fotovoltaicos, equipo eléctrico y envolventes de conductores deben ser puestos a tierra de acuerdo con 250-134 o 250-136(a), sin importar la tensión.

**b) Requerimiento de conductor de puesta a tierra de equipo.** Se requiere, de acuerdo con 250-110, un conductor de puesta a tierra del equipo, entre un arreglo fotovoltaico y otro equipo.

**c) Estructura como conductor de puesta a tierra.** Dispositivos aprobados para poner a tierra los bastidores metálicos de los módulos fotovoltaicos u otros equipos, se permitirán para unir las superficies del metal expuesto u otro equipo a las estructuras de montaje. Las estructuras metálicas de montaje, que no sean del edificio, utilizados para fines de puesta a tierra serán identificadas como conductores de puesta a tierra de equipos, o tendrán puentes de unión identificados o dispositivos conectados entre las distintas secciones metálicas y estarán unidos al sistema de puesta a tierra.

**d) Sistemas y dispositivos de montaje fotovoltaicos.** Los sistemas y dispositivos utilizados para el montaje de módulos fotovoltaicos, que también se utilizan para proporcionar puesta a tierra a los bastidores de los módulos, deben ser identificados para el propósito de puesta a tierra de los módulos fotovoltaicos.

**e) Módulos adyacentes.** Los dispositivos aprobados para unión de bastidores metálicos de módulos fotovoltaicos, se permite utilizarlos como unión entre los bastidores metálicos expuestos de los módulos fotovoltaicos y los bastidores metálicos de módulos fotovoltaicos adyacentes.

**f) Todos los conductores juntos.** Los conductores de puesta a tierra del equipo para el arreglo fotovoltaico y la estructura fotovoltaica (cuando se instale), deben estar contenidos dentro de la misma canalización o cable o estar tendidos de otra manera junto con los conductores del circuito del arreglo fotovoltaico, cuando tales conductores del circuito salgan cerca del arreglo fotovoltaico.

**690-45. Tamaño del conductor de puesta a tierra de equipos.** Los conductores de puesta a tierra de equipos para circuitos de fuentes fotovoltaicas y circuitos de salida fotovoltaica se deben dimensionar de acuerdo con (a) o (b) siguientes.

**a) General.** Los conductores de puesta a tierra de equipo para los circuitos de fuentes fotovoltaicas y los circuitos de salida fotovoltaica, deben estar dimensionados de acuerdo con la Tabla 250-122. Cuando no se instale en el circuito un dispositivo de protección contra sobre corriente, se debe suponer un dispositivo de sobre corriente con el valor de la corriente de cortocircuito del sistema fotovoltaico para aplicar la Tabla 250-122. No se exigirá un incremento en el tamaño del conductor de puesta a tierra de equipo para responder a las consideraciones de



caída de tensión. Los conductores de puesta a tierra de equipos no deben tener un tamaño inferior a 2.08 mm<sup>2</sup> (14 AWG).

**b) Sin protección contra fallas a tierra.** Para lugares diferentes a las unidades de vivienda donde no se suministra protección contra fallas a tierra, de acuerdo con 690-5(a) hasta (c), cada conductor de puesta a tierra de equipos debe tener una capacidad de por lo menos dos (2) veces la capacidad corregida por ocupación del tubo conduit y por temperatura del conductor del circuito.

**NOTA:** La corriente de cortocircuito de los módulos y de las fuentes fotovoltaicas es sólo levemente superior al valor nominal de salida normal de plena carga. En condiciones de falla a tierra, estas fuentes no pueden alimentar los altos niveles de corrientes de cortocircuito, o de falla a tierra, necesarias para activar rápidamente los dispositivos de protección contra sobre corriente, como en los sistemas típicos de corriente alterna. La protección para los conductores de puesta a tierra de equipos en sistemas fotovoltaicos que no tienen protección contra fallas a tierra, está más relacionada con el tamaño y la capacidad de soportar la corriente de falla del conductor de puesta a tierra de equipos, que con la operación de un dispositivo de protección contra sobre corriente.

**690-46. Conductores de puesta a tierra de equipos de un arreglo fotovoltaico.**

Los conductores de puesta a tierra de equipos con tamaño inferior a 13.3 mm<sup>2</sup> (6 AWG) para módulos fotovoltaicos deben cumplir con 250-120(c).

**690-47. Sistema del electrodo de puesta a tierra.**

**a) Sistemas de corriente alterna.** Si se instala un sistema de corriente alterna, se debe proveer un sistema de electrodo de puesta a tierra que cumpla lo establecido en 250-50 hasta 250-60. El conductor del electrodo de puesta a tierra se debe instalar de acuerdo con 250-64.

**b) Sistemas de corriente continúa.** Si se instala un sistema de corriente continua, se debe proveer un sistema de electrodo de puesta a tierra de acuerdo con 250-166 para sistemas puestos a tierra, o con 250-169 para sistemas no puestos a tierra. El conductor del electrodo de puesta a tierra se debe instalar de acuerdo con 250-64.

Se permite que un conductor común del electrodo de puesta a tierra sirva a varios inversores. El tamaño del electrodo común de puesta a tierra y los conductores derivados deben ser de acuerdo con 250-166. Los conductores derivados deben estar conectados al conductor común del electrodo de puesta a tierra mediante soldadura exotérmica o mediante conectores aprobados para unión y puesta a tierra de equipo de tal manera que conductor del electrodo común de puesta a tierra permanezca sin un empalme o unión.



- c) Sistemas con requerimientos de puesta a tierra de corriente continua y corriente alterna.** Los sistemas fotovoltaicos que tengan circuitos de corriente continua, y circuitos de corriente alterna, que no tienen conexión directa entre el conductor puesto a tierra de corriente continua y el conductor puesto a tierra de corriente alterna, deberán tener un sistema de puesta a tierra de corriente continua. El sistema de puesta a tierra de corriente continua deberá estar unido al sistema de puesta a tierra de corriente alterna mediante uno de los métodos indicados en (1), (2) o (3) siguientes.

Esta sección no aplica a módulos fotovoltaicos de corriente alterna.

Cuando se utilicen los métodos de (c)(2) o (c)(3), el electrodo del sistema de puesta a tierra de corriente alterna debe cumplir los requerimientos aplicables del Artículo 250, Parte C.

**NOTA 1:** Para sistemas interactivos con el suministrador, el sistema existente de puesta a tierra de la propiedad sirve como el sistema de puesta a tierra de corriente alterna.

**1) Sistema separado de electrodo de puesta a tierra de corriente continua unido al sistema del electrodo de puesta a tierra de corriente alterna.** Un electrodo o sistema separado de puesta a tierra de corriente continua debe ser instalado, y debe estar unido directamente al sistema del electrodo de puesta a tierra de corriente alterna. El tamaño de cualquier puente de unión entre los sistemas de corriente continua y los de corriente alterna debe estar basado en el tamaño mayor del conductor existente del electrodo de puesta a tierra de corriente alterna o el tamaño del conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente continua especificado en 250-166. El conductor del sistema del electrodo de puesta a tierra de corriente continua o los puentes de unión al sistema del electrodo de puesta a tierra de corriente alterna no deben ser utilizados como un sustituto para cualquier conductor requerido de puesta a tierra de equipo de corriente alterna.

**2) Electrodo común de puesta a tierra de corriente continua y de corriente alterna.** Un conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente continua del tamaño especificado en 250-166 debe correr desde el punto de conexión marcado del electrodo de puesta a tierra de corriente continua hasta el electrodo de puesta a tierra de corriente alterna. Cuando un electrodo de puesta a tierra de corriente alterna no sea accesible, el conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente continua debe estar conectado al conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente alterna de acuerdo con 250-64(c)(1). Este conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente continua no debe ser utilizado como un sustituto para cualquier conductor requerido de puesta a tierra del equipo de corriente alterna.

**3) Combinación de conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente continua y conductora del electrodo de puesta a tierra del equipo de corriente alterna.** Un conductor combinado de puesta a tierra sin empalmes, o



irreversiblemente empalmado, debe correr desde el punto de conexión marcado del conductor del electrodo de puesta a tierra de corriente continua con los conductores del circuito de corriente alterna hasta la barra de puesta a tierra en el equipo asociado de corriente alterna. Este conductor combinado de puesta a tierra deberá tener un tamaño mayor que el de los tamaños especificados en 250-122 ó 250-166 y deberá ser instalado de acuerdo con 250-64(e).

**690-48. Continuidad del sistema de puesta a tierra de equipos.** Cuando el retiro de un equipo desconecta la unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y las superficies conductoras expuestas en el equipo del circuito de salida o del suministro fotovoltaico, se debe instalar un puente de unión mientras el equipo esté removido.

**690-49. Continuidad de los Conductores Puestos a Tierra del Circuito de Salida y del Suministro fotovoltaico.** Cuando al retirar el inversor interactivo con el suministrador u otro equipo, se desconecta la unión entre el conductor del electrodo de puesta a tierra y el conductor puesto a tierra del circuito fotovoltaico de salida y/o el de la fuente fotovoltaica, se debe instalar un puente de unión para mantener la puesta a tierra del sistema mientras el inversor o el equipo esté removido.

**690-50. Puentes de unión del equipo.** Los puentes de unión del equipo, si se utilizan, deben cumplir con 250-120(c).

#### F. Marcado

690-51. Módulos. Los módulos deben estar marcados en las puntas o terminales con la polaridad, la corriente nominal máxima del dispositivo de protección contra sobre corriente del módulo y los siguientes valores:

- (1) Tensión de circuito abierto.
- (2) Tensión de operación.
- (3) Tensión máxima permisible del sistema.
- (4) Corriente de operación.
- (5) Corriente de cortocircuito.
- (6) Potencia máxima.

690-52. Módulos fotovoltaicos de corriente alterna. Los módulos de corriente alterna deben estar marcados con la identificación de las puntas o terminales y los siguientes valores:

- (1) Tensión nominal de operación de corriente alterna.
- (2) Frecuencia nominal de operación de corriente alterna.
- (3) Potencia máxima de corriente alterna.
- (4) Corriente máxima de corriente alterna.
- (5) Valor nominal máximo del dispositivo de sobre corriente para la protección del módulo de corriente alterna.



**690-53.** Fuente de potencia fotovoltaica de corriente continúa. Se debe instalar en el medio de desconexión fotovoltaico una etiqueta permanente para la fuente de potencia fotovoltaica de corriente continua, indicando lo siguiente:

- (1) Corriente nominal en el punto de máxima potencia.
- (2) Tensión nominal en el punto de máxima potencia.
- (1) 3) Tensión máxima del sistema.

**NOTA:** para (3): Véase 690-7(a) con relación a la tensión máxima del sistema fotovoltaico.

(4) Corriente de cortocircuito.

**NOTA:** para (4): Véase 690-8(a) para el cálculo de la corriente máxima del circuito.

(5) Corriente nominal máxima de salida del controlador de carga (si está instalado).

**NOTA:** Los sistemas reflectantes utilizados para intensificar la irradiación pueden dar como resultado incrementos en los niveles de corriente y potencia de salida.

**690-54. Puntos de interconexión de sistemas interactivos.** Todos los puntos de interconexión de sistemas interactivos con otras fuentes, deben estar marcados en un lugar accesible en el medio de desconexión, como una fuente de energía, y con la corriente nominal de salida de corriente alterna y la tensión nominal de operación de corriente alterna.

**690-55. Sistemas de potencia fotovoltaica que emplean almacenamiento de energía.** Los sistemas de potencia fotovoltaica que emplean almacenamiento de energía también se deben marcar con la tensión máxima de operación, incluyendo cualquier tensión de ecualización y la polaridad del conductor del circuito puesto a tierra.

**690-56. Identificación de las fuentes de energía.**

**a) Instalaciones con sistemas autónomos.** Toda estructura o edificio con un sistema de fuente fotovoltaica que no esté conectado a un suministro de la red pública y es un sistema autónomo, debe tener una placa o un directorio permanente instalado en el exterior del edificio o la estructura, en un lugar fácilmente visible. La placa o el directorio deben indicar la ubicación del medio de desconexión del sistema, y que la estructura contiene un sistema autónomo de energía eléctrica.

**b) Instalaciones con sistemas fotovoltaicos y acometida de la red pública.** Los edificios o estructuras con sistemas tanto fotovoltaicos como de la red pública, deben tener una placa o un directorio permanente que indique la ubicación del medio de desconexión de la acometida y del medio de desconexión del sistema fotovoltaico, si no están ubicados en el mismo lugar.



**690-57. Desconectado de carga.** Un desconectado de carga que tenga múltiples fuentes de energía debe desconectar todas las alimentaciones, cuando está en posición de desconectado (abierto).

**690-60. Equipo interactivo identificado.** En sistemas interactivos sólo se permitirán inversores y módulos de corriente alterna identificados como interactivos.

**690-61. Pérdida de potencia en un sistema interactivo.** Un inversor o un módulo de corriente alterna de un sistema fotovoltaico solar interactivo debe desenergizar automáticamente su salida a la red de generación y distribución de energía eléctrica a la cual está conectada, cuando haya una pérdida de tensión en dicho sistema y debe permanecer en tal estado hasta que se restablezca la tensión de la red de generación y distribución de energía eléctrica.

Se permitirá que un sistema solar fotovoltaico normalmente interactivo, opere como un sistema autónomo para alimentar cargas que han sido desconectadas de la red de generación y distribución energía eléctrica.

**690-63. Interconexiones desbalanceadas.** Las conexiones desbalanceadas deben estar de acuerdo con 705-100. **690-64. Punto de Conexión.** El punto de conexión debe estar de acuerdo con 705-12.

## **H. Baterías de acumuladores**

### **690-71. Instalación**

**a) Generalidades.** Las baterías de acumuladores en los sistemas solares fotovoltaicos se deben instalar de acuerdo con las disposiciones el Artículo 480. Las celdas interconectadas de la batería serán consideradas como puestas a tierra cuando la fuente de alimentación fotovoltaica está instalada de acuerdo con 690-41.

#### **b) Unidades de vivienda.**

**1) Tensión de funcionamiento.** Las baterías para unidades de vivienda deben tener sus celdas conectadas de modo que funcionen a menos de 50 volts nominales. Las baterías de plomo ácido para unidades de vivienda no deben tener más de veinticuatro celdas, de 2 volts cada una, conectadas en serie (48 volts nominales).

**Excepción:** Cuando las partes vivas no son accesibles durante las rutinas de mantenimiento de las baterías, se permitirá que su tensión sea la que se establece en 690-7.

**2) Resguardo de las partes vivas.** Las partes vivas de los sistemas de baterías para unidades de vivienda deben estar resguardadas para evitar el contacto accidental con personas u objetos, independientemente de la tensión o del tipo de batería.



**NOTA:** Las baterías de los sistemas solares fotovoltaicos están sometidas a muchos ciclos de carga y descarga y suelen requerir de mantenimiento frecuente, como comprobar el electrolito y limpiar las conexiones.

**c) Limitadores de corriente.** Se debe instalar un dispositivo de sobre corriente, limitador de corriente, en cada uno de los circuitos adyacente a las baterías cuando la corriente de cortocircuito de una batería o banco de baterías exceda los valores nominales de capacidad interruptiva o soportable de otros equipos en ese circuito. La instalación de fusibles limitadores de corriente debe cumplir con 690-16.

**d) Cajas no conductoras de las baterías y bastidores conductores.** Las baterías de plomo ácido, ventiladas y con más de veinticuatro celdas de 2 volts conectadas en serie (48 volts nominales), no deben tener ni estar instaladas en cajas conductoras. Se permitirán bastidores conductores para soportar las cajas no conductoras de las baterías, cuando ningún material del bastidor esté a una distancia menor a 15 centímetros de las partes superiores de las cajas no conductoras.

Este requisito no se debe aplicar a ningún tipo de batería de plomo ácido con válvula de regulación (VRLA) o cualquier otro tipo de baterías selladas, que puedan requerir de cajas de acero para su correcto funcionamiento.

**e) Desconexión de los circuitos de baterías en serie.** Cuando se da mantenimiento por personas calificadas a los circuitos de baterías, cuando están conectadas en serie más de veinticuatro celdas de 2 volts (48 volts nominales), deben tener medios que desconecten grupos en segmentos de 24 celdas o menos, para el mantenimiento. No se permiten desconectores enchufables, de desconexión sin carga.

**f) Medio de desconexión para mantenimiento de las baterías.** Para mantenimiento, las instalaciones de baterías donde hay más de veinticuatro celdas de 2 volts conectadas en serie (48 volts nominales), deben tener un medio de desconexión, accesible sólo a personas calificadas, que desconecte el conductor o conductores del circuito puestos a tierra en el sistema eléctrico de la batería. Este medio de desconexión no debe desconectar el conductor o conductores del circuito puestos a tierra para el resto del sistema eléctrico fotovoltaico. Se permitirá usar como medio de desconexión un desconectado de apertura sin carga.

**g) Sistemas de baterías de más de 48 volts.** En los sistemas fotovoltaicos donde el sistema de baterías consta de más de veinticuatro celdas de 2 volts conectadas en serie (más de 48 volts nominales), se permitirá que el sistema de baterías opere con conductores de fase, siempre que se cumplan las siguientes condiciones:

- (1) Los circuitos de salida y de fuente del arreglo fotovoltaico deben cumplir con 690-41.



- (2) Los circuitos de carga de corriente continua y de corriente alterna deben estar puestos a tierra sólidamente.
- (3) Todos los conductores del circuito principal de entrada/salida no puestos a tierra de la batería deben estar provistos de un interruptor desconectado y protección contra sobre corriente.
- (4) Se debe instalar un detector y un indicador de fallas a tierra para monitorear fallas a tierra en el banco de baterías.

## **690-72. Control de carga.**

**a) General.** Deben instalarse equipos que controlen el proceso de carga de las baterías. No se exigirá control de carga cuando el diseño del circuito de la fuente fotovoltaica corresponda con los requisitos de corriente de carga y tensión nominal de las celdas de baterías, y la corriente máxima de carga multiplicada por 1 hora sea inferior al 3 por ciento de la capacidad de la batería expresada en ampere-horas o como lo recomiende el fabricante de la batería.

Todos los medios de ajuste para el control del proceso de carga deben ser accesibles únicamente a personas calificadas.

**NOTA:** Algunos tipos de batería tales como las de plomo ácido reguladas por válvula o de níquel-cadmio pueden experimentar una falla térmica al sobrecargarse.

### **b) Controlador de carga por desviación.**

**1) Medio único de regulación del proceso de carga.** Un sistema de fuente fotovoltaica que utilice un controlador de carga por desviación como el único medio de regulación del proceso de carga de la batería, debe estar equipado con un segundo medio independiente, para prevenir la sobrecarga de la batería.

**2) Circuitos con controlador de carga de baterías de corriente continúa por desviación y desviación de carga.** Los circuitos que tengan un controlador de desviación de carga de baterías de corriente continua y una carga de desviación de corriente continua deben cumplir las siguientes condiciones:

- (1) La corriente nominal de la carga de desviación debe ser menor o igual a la corriente nominal del controlador de carga por desviación. La tensión nominal de la carga de desviación debe ser mayor que la tensión máxima de la batería. El valor nominal de la carga de desviación debe ser por lo menos del 150 por ciento del valor nominal del arreglo fotovoltaico.
- (2) La capacidad del conductor y el valor nominal del dispositivo de sobre corriente para este circuito debe ser por lo menos del 150 por ciento de la corriente nominal máxima del controlador de carga por desviación.

**3) Sistemas fotovoltaicos que usan inversores interactivos con el suministrador.** Los sistemas de fuentes fotovoltaicas que usan inversores interactivos con el suministrador para controlar el estado de carga de la batería,





desviando el exceso de potencia en el sistema del suministrador, deben cumplir con (1) y (2) siguientes:

- (1) No se exigirá que estos sistemas cumplan con 690-72(b) (2). Los circuitos para regulación de la carga deben cumplir con los requisitos de 690-8.
- (2) Estos sistemas deben tener un segundo medio independiente para el control del proceso de carga de la batería, para utilizarlo cuando el suministro público se interrumpa o cuando el controlador primario de carga falle o esté inhabilitado.

**c) Convertidores de corriente continua, elevador/reductor.** Cuando estén instalados controladores de carga, elevadores/reductores, u otro convertidor de energía de corriente continua que aumente o disminuya la corriente de salida o la tensión de salida, con respecto a la corriente entrada o tensión de entrada, se debe cumplir con (1) y (2) siguientes:

- (1) La capacidad de los conductores en los circuitos de salida debe estar basada en la corriente nominal máxima continua de salida del controlador de carga o convertidor, para el rango de tensión de salida seleccionado.
- (2) La tensión nominal de los circuitos de salida debe estar basado en la salida de tensión máxima del controlador de carga o convertidor, para el rango de tensión de salida seleccionado.

#### **690-74. Interconexiones de las baterías.**

**a) Cables flexibles.** Dentro de los cuartos de baterías se permitirá instalar cables flexibles, como se identifican en el Artículo 400, de tamaño 67.4 mm<sup>2</sup> (2/0 AWG) y mayores, desde los terminales de las baterías hasta las cajas de empalmes cercanas, donde se deben conectar con un método de alambrado aprobado. También se permitirá conectar cables flexibles entre baterías y celdas dentro del cuarto de baterías. Tales cables deben estar aprobados para uso pesado y estar identificados como resistentes a la humedad.

Los cables flexibles de trenzado fino se deben terminar únicamente con terminales, zapatas, dispositivos o conectores de acuerdo con 110-14 (a).

### **I. Sistemas con tensión superior a 600 volts**

**690-80. Generalidades.** Los sistemas solares fotovoltaicos con una tensión máxima del sistema superior a 600 volts de corriente continua deben cumplir con lo establecido en el Artículo 490 y otros requerimientos aplicables a instalaciones con tensión superior a 600 volts.

**690-85. Definiciones.** Para los propósitos de la Parte I de este Artículo, las tensiones empleadas para determinar las capacidades nominales de cables y equipos deben ser:

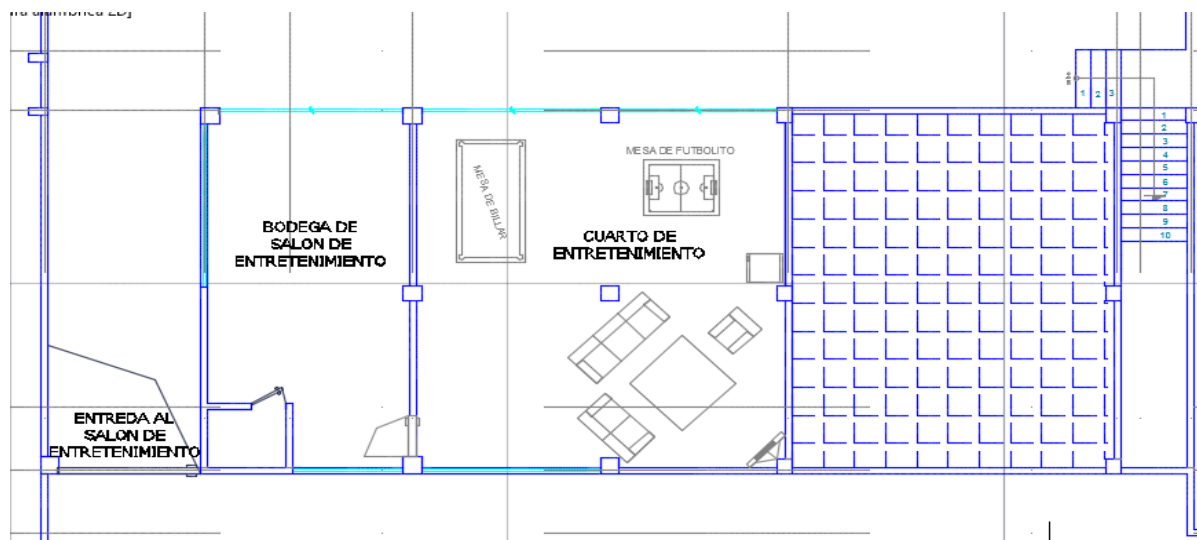


**Circuitos de baterías.** En circuitos de baterías, la tensión más alta experimentada bajo condiciones de carga o de ecualización.

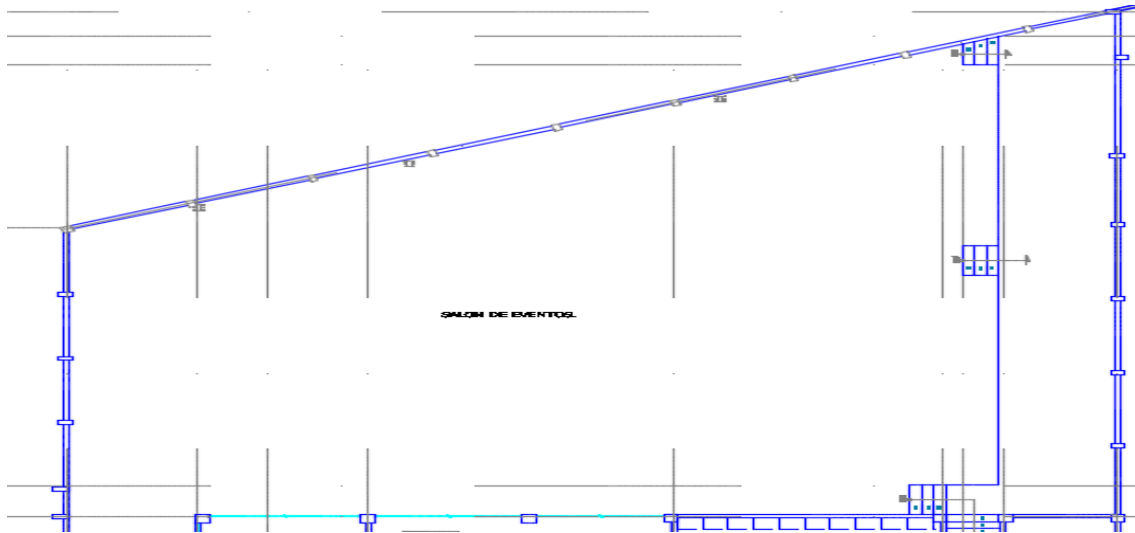
**Circuitos fotovoltaicos.** En los circuitos de corriente continua de fuentes fotovoltaicas y en los circuitos fotovoltaicos de salida, la tensión máxima del sistema.

### 3.2 El levantamiento Civil del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricista del Estado de Chiapas.

En el colegio que no existen los planos civiles, se hizo el levantamiento del edificio el colegio cuenta con tres piso y un salón de eventos el primer levantamiento fue de la primera planta donde se encuentra el cuarto de entrenamiento, la bodega del salón de entrenamiento, la entrada al salón de eventos y el estacionamiento. Los planos son digitalizados.

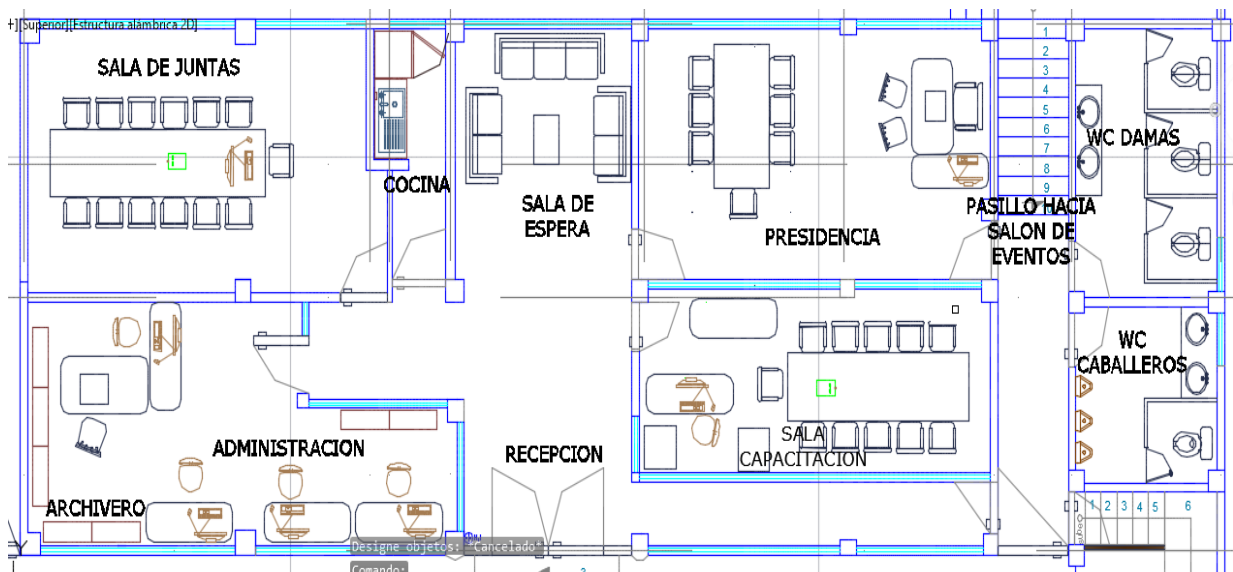


**Fig. 3.2.1.** Plano de la primera planta del colegio de ingeniería eléctrica, salón de enteramiento y entrada al salón de eventos.



**Fig. 3.2.2.** Plano de salón de eventos y estacionamiento.

Se hizo el levantamiento de la segunda planta donde se encuentra la presidencia, sala de capacitación, sala de espera, la cocina, la sala de juntas, el área administrativo y los wc de caballeros y damas, es la planta donde se estas más activo.



**Fig. 3.2.3.** Plano de segunda planta del edificio.

El levantamiento se hizo con las medidas exactas de cada área y oficina que se encuentra en el colegio de ingenieros mecánicos y electricistas de Chiapas.



**Fig. 3.2.4.** Plano de Tercera planta de edificio.

### **3.3 Levantamiento Eléctrico del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricista del Estado de Chiapas.**

Levantamiento eléctrico es un servicio orientado a conocer el estado físico, en que se encuentran las instalaciones y equipos eléctricos existentes, es decir es una fotografía de la realidad de la instalación eléctrica.

Las visitas al Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del estado de Chiapas se realizan con la finalidad de recopilar, la información eléctrica en base a los planos existentes o ya sea que no tengan planos de las instalación eléctrica.

Luego con el levantamiento eléctrico se diseñan los planos respectivos de la instalación, estos incluyen, alimentador general, subalimentadores, tableros, protecciones, etc.

Todo en Conformidad a la NOM-001-SEDE-2012, NOM-STPS-022-2008, NOM-007- ENER-2004 Y NOM-013-ENER-2004 ASÍ COMO LA NOM-029 -STPS-2008

#### **A) Recolección de datos**

Levantamiento arquitectónico de la edificación.

Se realizará un levantamiento de TODAS las áreas solicitadas.

Se realizará el dibujo del plano correspondiente utilizando herramientas de AutoCAD profesionales.

## B) Levantamiento de las instalaciones eléctricas

Se realizará un levantamiento de las instalaciones eléctricas exteriores e interiores existentes de la edificación, desde la acometida principal, pasando por los alimentadores de tableros, hasta llegar a los tableros internos respectivos.

Se realizará el dibujo del diagrama unifilar correspondiente de las instalaciones antes mencionadas.

Se realizarán observaciones referentes a las posibles deficiencias de dichos sistemas.

Se realizará un levantamiento del sistema de puesta a tierra existente, con los comentarios respectivos.

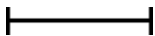

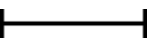
Se realizará un levantamiento de alimentación de los aires acondicionados, sistemas de iluminación y tomas de uso general en las diferentes áreas del complejo, dibujo de los planos respectivos con las observaciones respectivas.

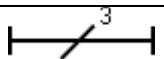

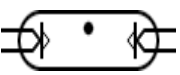
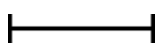



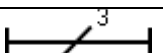
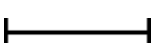
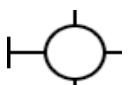
Se realizará un levantamiento de las tablas de carga correspondientes a los tableros actuales del complejo.

El levantamiento eléctrico del colegio se le hizo más a luminarias que serán las cargar de cubriremos no al 100% si no un 50% de la carga suministrada en el colegio de ingenieros mecánicos y eléctricos del estado de Chiapas.

### CARGA TOTAL DE LUMINARIA DEL COLEGIO

Cuadro de carga plata baja

Simbologia	Unidades	Potencia Unitaria (watt)	Total de (watt)	
	6	75W	450W	
	8	150w	1200w	
	2	45w	90	
Total en watt				1,740w

PLANTA MEDIA				
	57	14w	798w	
	44	5w	220w	
	9	75w	675w	
	4	45w	180w	
	1	32w	32w	
Total en watt				1,905w
PLANTA ALTA				
	29	32w	928w	
	1	40w	40w	
	18	45w	810w	
	4	45w	180w	
	8	50w	400w	
Total en watt				2,358w

**Tabla. 3.3.1.** Levantamiento eléctrico del colegio de ingenieros mecánicos y electricista de Chiapas.

PLANTA BAJA

A: SALÓN DE FIESTAS

B: SALA DE ENTRENAMIENTO



C: SERVICIOS GENERALES

PLANTA MEDIA

D: SALA DE CAPACITACIÓN

E: PRESIDENCIA

F: SALA DE ESPERA

G: COCINA

H: SALA DE JUNTAS

I: ADMINISTRACIÓN

J: PASILLO

K: BAÑOS

PLANTA ALTA

L: CAFETERIA

M: BAÑOS

N: AULA MAGNA

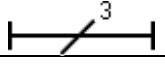
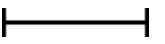
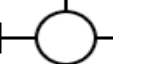
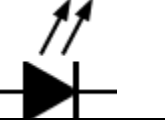


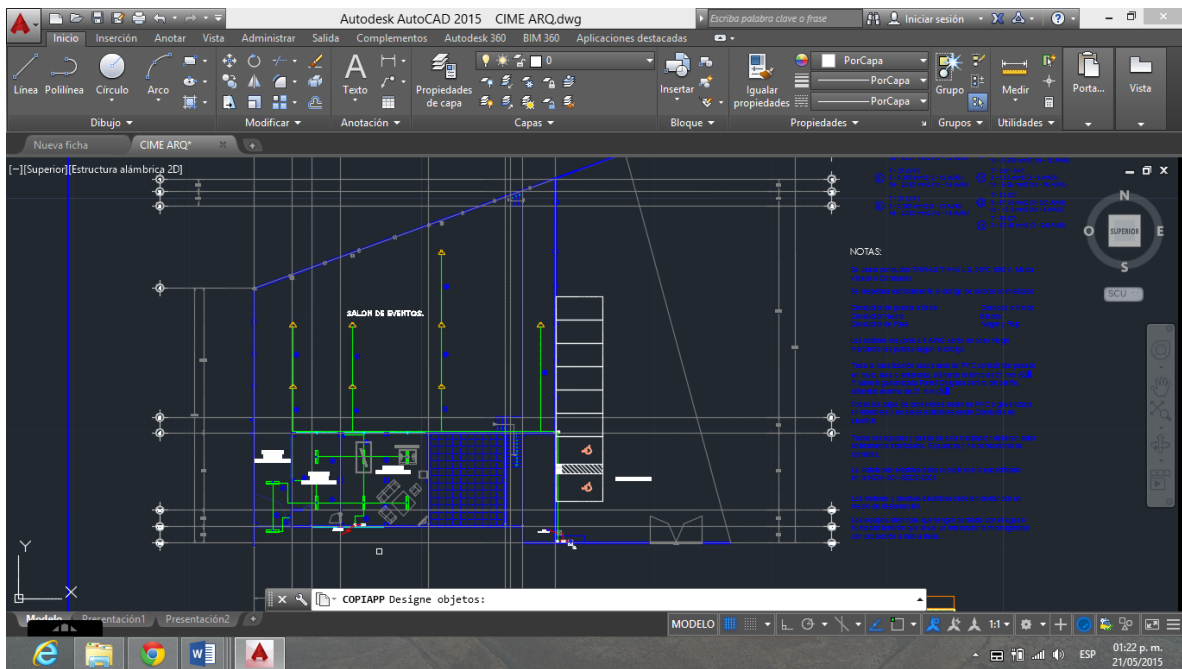
Simbología eléctrica	Descripción
	Lámparas fluorescentes de 1 x 3
	Lámparas fluorescentes 1 x 2
	Luminaria de halógeno
	Lámparas led
	Lámparas fluorescentes
	Foco

Tabla. 3.3.2. Simbología eléctrica.

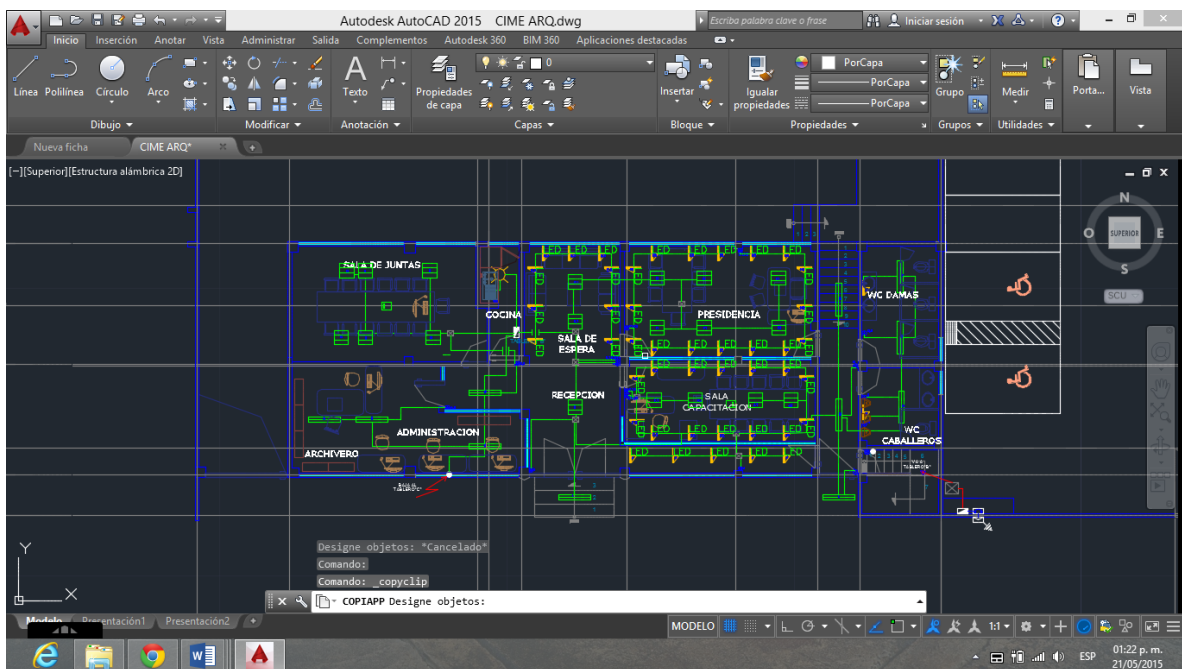
C) Medición de los valores actuales de corriente y tensión



Se realizará la medición en la acometida y en los diferentes alimentadores de tableros, de valores de corriente y tensión, a fin de determinar los valores máximos y su correspondencia con el calibre de los cables existentes.

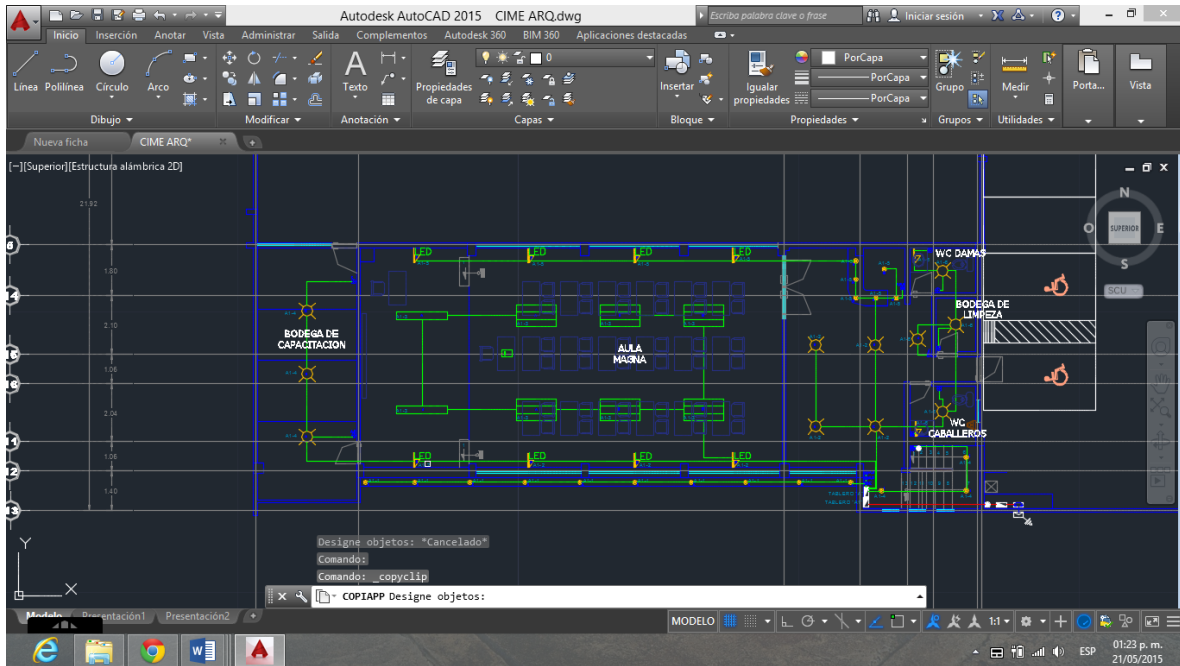


**Fig. 3.3.1** Plano de la primera planta del colegio salón de entrenamiento, bodega del salón y entrada al salón de evento instalaciones eléctricas del área.



**Fig. 3.3.2.** Plano del levantamiento eléctrico las áreas administrativas, presidencia, sala de capacitación, sala de juntas y sala de espera.





**Fig. 3.3.3.** Plano del levantamiento eléctrico del aula magna y bodega de capacitación.

### 3.4 Radiación solar

La Radiación Solar es la energía emitida por el sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. Esta energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima. La energía procedente del sol es radiación electromagnética proporcionada por las reacciones del hidrógeno en el núcleo del sol por fusión nuclear y emitida por la superficie solar.

El sol emite energía en forma de radiación de onda corta. Después de pasar por la atmósfera, donde sufre un proceso de debilitamiento por la difusión, reflexión en las nubes y de absorción por las moléculas de gases (como el ozono y el vapor de agua) y por partículas en suspensión, la radiación solar alcanza la superficie terrestre oceánica y continental que la refleja o la absorbe. La cantidad de radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera.

## Monthly Averaged Insolation Incident On A Horizontal Surface (kWh/m<sup>2</sup>/day)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	sep	Oct	Nov	Dic
Lat.27.313												
Lon.-101.626												
22-Medio año	3.57	4.33	5.46	5.81	6.21	6.26	6.17	5.73	5.05	4.46	3.36	3.34

**Tabla. 3.4.1.** Incidentes de insolación.

Se busca la insolación o radiación solar del año pasada y ahí buscamos la irradiación en el mes más crítico donde no hay más radiación solar podemos ver que el mes más crítico es **Diciembre** con una irradiación de **3.34** de radiación solar, se utiliza para sacar el número de paneles que vamos a utilizar.

### 3.5 cálculo de paneles solares

#### A. Calculo de paneles solares

Para el cálculo del número de paneles solares de nuestro sistema al 100% primero calcularemos la carga media diaria, con la formula (SunFields Europa)

Andes de pasar a la fórmula Europea sacaremos el factor de utilización diarios del colegio en la carga de la iluminaria instalada que cubriré el 50% de la carga.

$$facto\ de\ utilizacion = dias\ utilizados\ x\ total\ de\ watt\ x\ horas$$

#### Planta baja

$$f.u = 0.3 \times 1740w \times 8\ h = 4,176wh$$

Se multiplicara por el 50% que será la carga propuesta para cubrir la carga en las instalaciones del colegio.

$$4,176wh \times 0.5 = 2,088wh$$



## Formula Sunfields Europa

$$Lmd = \frac{Lmd. DC + \frac{Lmd. AC}{ninv}}{nbat \times ncond}$$

Donde

- Lmd es el consumo de energía media diario.
- Lmd. DC es la carga en corriente directo.
- Lmd. AC es la carga en corriente alterna.
- Ninv es la eficiencia del inversor.
- Nbat es la eficiencia de la batería.
- Ncond es la eficiencia del conductor.

En el proyecto no tengo cargas en DC tampoco las cargas de nbat y ncond, nada más nos encontramos con la carga de Lmd.AC= 4,176wh y ninv =0.97, sustituyendo valores en la formula el resultado es:

$$Lmd 1 = \frac{2,088wh}{0.97} = 2152.57 wh/dia$$

Calcularemos el número de paneles solares necesarios.

$$Nt = \frac{Lmd. crit}{Pmpp \times HPScrit \times PR}$$

- Nt es el número de paneles.
- Pmpp es la potencia pico del panel solar.
- Lmd crit, la energía media diaria critica.
- HPS crit, son las horas del sol pico del mes crítico.
- PR es el factor global de funcionamiento.



<b>Potencia pico del panel solar.</b>	<b>180.40</b>
<b>Consumo de energía medio diario</b>	2,152.57 wh / día
<b>Radiación solar mes crítico.</b>	3.34 $kw - h/m^2$
<b>Factor global de funcionamiento</b>	0.90

**Tabla 3.4.2.** Valores de potencia requerida.

Se tiene que el mes crítico de irradiación solar (NASA's Earth Science Enterprise Program) es diciembre con 3.34, la carga Lmd crit= 2,152.57 wh / día, la potencia pico del panel solar a utilizar es de 180.4 Wp del modelo solarworld SW-250 poli cristalino de la marca conermex por lo tanto sustituye los datos es:

$$Nt = \frac{2,152.57}{180.4 \times 3.34 \times 0.95} = 3.76 = 4 \text{ paneles}$$

4 paneles solares

### Calculo del inversor

Calculo de capacidad del inversor.

$$\text{inversor} = 0.75 \times 1,740 = 1,305 \text{ w}$$

Se utilizara un inverso de 1500 w de potencia nominal.

Respecto a la conexión de los módulos calculados en serie o paralelo, teniendo en cuenta que el SW-250 de Conermex tiene un Vmax=26.4 volt.



$$N_{serie} = \frac{V_{inv}}{V_{modpp}}$$

$$N_{serie} = \frac{90}{26.4} = 3.4 = 4$$

$$N_{paralelo} = \frac{NT}{N_{serie}}$$

$$N_{paralelo} = \frac{4}{4} = 1$$

**Por otra parte conectaremos 4 módulos en serie y en una rama en paralelo nos da un total de 4 módulos.**

### **B. Calculo de paneles solares**

Para el cálculo del número de paneles solares de nuestro sistema al 100% primero calcularemos la carga media diaria, con la formula (SunFields Europa)

Andes de pasar a la fórmula Europea sacaremos el factor de utilización diarios del colegio en la carga de la iluminaria instalada que cubrirá el 50% de la carga.

$$f_{acto\ de\ utilizacion} = dias\ utilizados \times total\ de\ watt \times horas$$

Planta media

$$f.u = 0.3 \times 1905w \times 8 h = 11,430 wh$$

Se multiplicara por el 50% que será la carga propuesta para cubrirá en las instalaciones de colegio.



$$11,430 \text{ wh} \times 0.5 = 5,715 \text{ wh}$$

### Formula Sunfields Europa

$$Lmd = \frac{Lmd.DC + \frac{Lmd.AC}{ninv}}{nbat \times ncond}$$

Donde

- Lmd es el consumo de energía media diario.
- Lmd. DC es la carga en corriente directo.
- Lmd. AC es la carga en corriente alterna.
- Ninv es la eficiencia del inversor.
- Nbat es la eficiencia de la batería.
- Ncond es la eficiencia del conductor.

En el proyecto no tengo cargas en DC tampoco las cargas de nbat y ncond, nada más nos encontramos con la carga de Lmd.AC= 5,715 wh y ninv =0.97, sustituyendo valores en la formula el resultado es:

$$Lmd 2 = \frac{5,715wh}{0.97} = 5,891.75 \text{ wh/dia}$$

Calcularemos el número de paneles solares necesarios.

$$Nt = \frac{Lmd.crit}{Pmpp \times HPScrit \times PR}$$

- Nt es el número de paneles.
- Pmpp es la potencia pico del panel solar.
- Lmd crit, la energía media diaria critica.
- HPS crit, son las horas del sol pico del mes crítico.
- PR es el factor global de funcionamiento.



<b>Potencia pico del panel solar.</b>	<b>180.40</b>
<b>Consumo de energía medio diario</b>	5,891.75 wh / día
<b>Radiación solar mes crítico.</b>	3.34 kw – h/m <sup>2</sup>
<b>Factor global de funcionamiento</b>	0.90

**Tabla 3.4.3.** Valores de potencia requerida.

Se tiene que el mes crítico de irradiación solar (NASA's Earth Science Enterprise Program) es diciembre con 3.34, la carga Lmd crit= 5,891.75 wh / día, la potencia pico del panel solar a utilizar es de 180.4 Wp del modelo solarworld SW-250 poli cristalino de la marca conermex por lo tanto sustituye los datos es:

$$Nt = \frac{5891.75}{180.4 \times 3.34 \times 0.95} = 10 \text{ paneles}$$

**10 paneles solares**

### Calculo del inversor

Calculo de capacidad del inversor.

$$inversor = 0.75 \times 1,905 = 1,428.75 \text{ w}$$

Se utilizara un inverso de 1500 w de potencia nominal.

Respecto a la conexión de los módulos calculados en serie o paralelo, teniendo en cuenta que el SW-250 de Conermex tiene un Vmax=26.4 volt.



$$N_{serie} = \frac{V_{inv}}{V_{modpp}}$$

$$N_{serie} = \frac{90}{26.4} = 3.4 = 4$$

$$N_{paralelo} = \frac{NT}{N_{serie}}$$

$$N_{paralelo} = \frac{10}{4} = 2.5 = 2$$

**Por otra parte conectaremos 4 módulos en serie y en 2 ramas en paralelo nos da un total de 8 módulos.**

### C. Calculo de paneles solares

Para el cálculo del número de paneles solares de nuestro sistema al 100% primero calcularemos la carga media diaria, con la formula (SunFields Europa)

Andes de pasar a la fórmula Europea sacaremos el factor de utilización diarios del colegio en la carga de la iluminaria instalada que cubriré el 50% de la carga.

$$f_{acto\ de\ utilizacion} = dias\ utilizados \times total\ de\ watt \times horas$$

Planta baja

$$f.u = 0.3 \times 2,358w \times 8 h = 5,659.2 wh$$

Se multiplicara por el 50% que será la carga propuesta para cubrirá en las instalaciones de colegio.

$$5,659.2 wh \times 0.5 = 2,829.6 wh$$





## Formula Sunfields Europa

$$Lmd = \frac{Lmd. DC + \frac{Lmd. AC}{ninv}}{nbat \times ncond}$$

Donde

- Lmd es el consumo de energía media diario.
- Lmd. DC es la carga en corriente directo.
- Lmd. AC es la carga en corriente alterna.
- Ninv es la eficiencia del inversor.
- Nbat es la eficiencia de la batería.
- Ncond es la eficiencia del conductor.

En el proyecto no tengo cargas en DC tampoco las cargas de nbat y ncond, nada más nos encontramos con la carga de Lmd.AC= 2,829.6 wh y ninv =0.97, sustituyendo valores en la formula el resultado es:

$$Lmd\ 3 = \frac{2,829.6\ wh}{0.97} = 2,917.11\ wh/dia$$

Calcularemos el número de paneles solares necesarios.

$$Nt = \frac{Lmd. crit}{Pmpp \times HPScrit \times PR}$$

- Nt es el número de paneles.
- Pmpp es la potencia pico del panel solar.
- Lmd crit, la energía media diaria critica.
- HPS crit, son las horas del sol pico del mes crítico.
- PR es el factor global de funcionamiento.



<b>Potencia pico del panel solar.</b>	<b>180.40</b>
<b>Consumo de energía medio diario</b>	2,917.11 wh / día
<b>Radiación solar mes crítico.</b>	3.34 kw – h/m <sup>2</sup>
<b>Factor global de funcionamiento</b>	0.90

**Tabla 3.4.4.** Valores de potencia requerida.

Se tiene que el mes crítico de irradiación solar (NASA’s Earth Science Enterprise Program) es diciembre con 3.34, la carga Lmd crit= 2,917.11 wh / día, la potencia pico del panel solar a utilizar es de 180.4 Wp del modelo solarworld SW-250 poli cristalino de la marca conermex por lo tanto sustituye los datos es:

$$N_t = \frac{2,917.11}{180.4 \times 3.34 \times 0.95} = 5 \text{ paneles}$$

5 paneles solares

### Calculo del inversor

Calculo de capacidad del inversor.

$$\text{inversor} = 0.75 \times 2,358 = 1,768.5 \text{ w}$$

Se utilizara un inverso de 1500 w de potencia nominal.

Respecto a la conexión de los módulos calculados en serie o paralelo, teniendo en cuenta que el SW-250 de Conermex tiene un Vmax=26.4 volt.



$$N_{serie} = \frac{V_{inv}}{V_{modpp}}$$

$$N_{serie} = \frac{90}{26.4} = 3.4 = 4$$

$$N_{paralelo} = \frac{NT}{N_{serie}}$$

$$N_{paralelo} = \frac{5}{4} = 1.25 = 1$$

**Por otra parte conectaremos 4 módulos en serie y en una ramas en paralelo nos da un total de 4 módulos.**

El total de paneles solar que se utilizara para el requerimiento del colegio de Ingeniero Mecánicos y Electricistas del estado de Chiapas son los siguientes.

Pisos del edificio	Número de paneles solares
Planta baja	4 paneles de 250 w
Plante media	8 paneles de 250 w
Planta alta	4 paneles de 250 w
TOTAL	16 paneles de 250 w

**Tabla 3.4.5.** Total de paneles solares.

#### D. Cálculo de Angulo de inclinación de paneles solares:

Latitud de lugar (en grados)	Angulo de inclinación fijo
0° a 15°	15°
15° a 25°	La misma latitud
25° a 30°	Latitud más 5°
30° a 35°	Latitud más 10°
35° a 40°	Latitud más 15°
40° o mas	Latitud más 20°

Tabla. 3.4.6. Angulo de inclinación de los paneles.

Tenemos en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas es una latitud de 16.76° en lo que con tiene la tabla se queda en los mismos grados de inclinación hacia el sur.

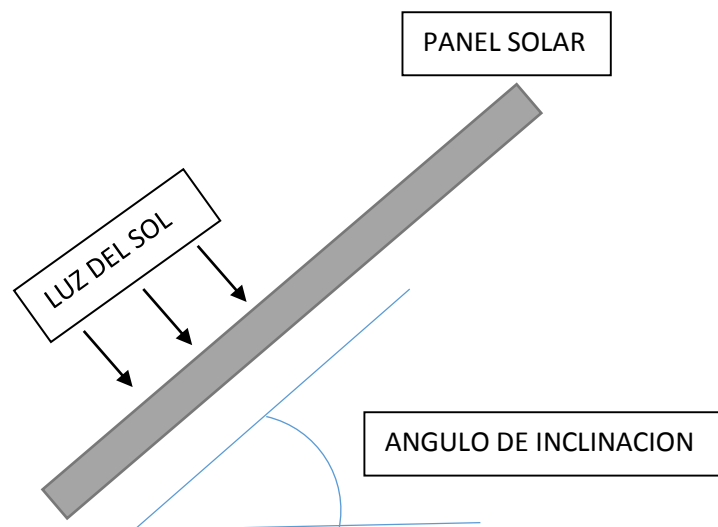


Fig. 3.4.1 Angulo de inclinación.

### **3.6 Compensar el CO2.**

El cálculo de CO2 se obtuvo de las cargas existentes en el colegio por la iluminación es de 1,740 w esto es referente a la primera planta de del edificio por lo tanto la carga total será de 52,896 w al día, es un consumo mensual con un promedio de 30.4 días y el consumo de kWh es un total de 423.168 kWh.

El caculo de emisión de CO2 corresponde por el consumo de energía eléctrica mensual calculado de 423.168 kWh del cálculo existente será 275.059 Kg CO2 CE, y con la mejor del sistema de paneles solares el con sumo mensual es de 211.584 kWh obtendremos un equivalente de CO2 de 137.53 Kg CO2 CE, se puede ver que se reduce al equivalente de CO2 con el sistema de paneles a 137.53 Kg CO2 CE. Significa una reducción del 50% del CO2 arrojando a la atmosfera.

Con la carga total de la segunda planta es de 1905 w, y el con sumo mensual es 423.292 kWh, tendremos que CO2 es de 301.14 Kg CO2 CE y con la mejor del sistema de paneles solares el con sumo mensual es de 231. 646 kWh obtendremos un equivalente de CO2 de 150.57 Kg CO2 CE, se puede ver que se reduce al equivalente de CO2 con el sistema de paneles a 150.57 Kg CO2 CE. Significa una reducción del 50 % del CO2 arrojado a la atmosfera.

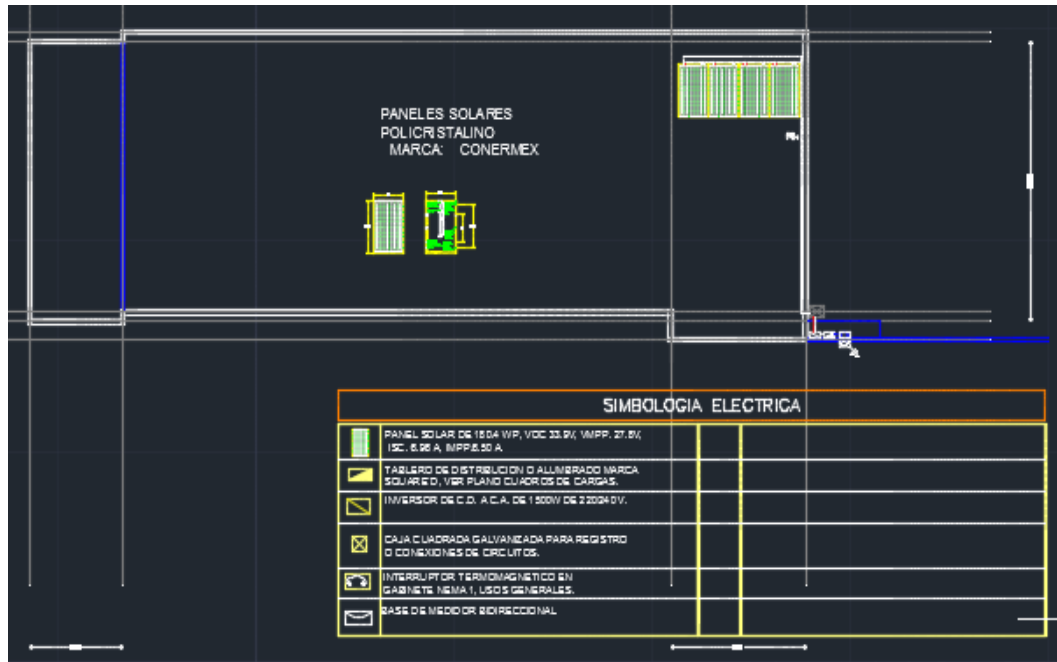
Con la carga total de la tercera planta es de 2,358 w, y el con sumo mensual es 573.46 kWh, tendremos que CO2 es de 372.749 Kg CO2 CE y con la mejor del sistema de paneles solares el con sumo mensual es de 286.73 kWh obtendremos un equivalente de CO2 de 186.375 Kg CO2 CE, se puede ver que se reduce al equivalente de CO2 con el sistema de paneles a 187.374 Kg CO2 CE. Significa una reducción del 50 % del CO2 arrojado a la atmosfera.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 Diseño de Paneles Fotovoltaicos en el Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricista del Estado de Chiapas.**

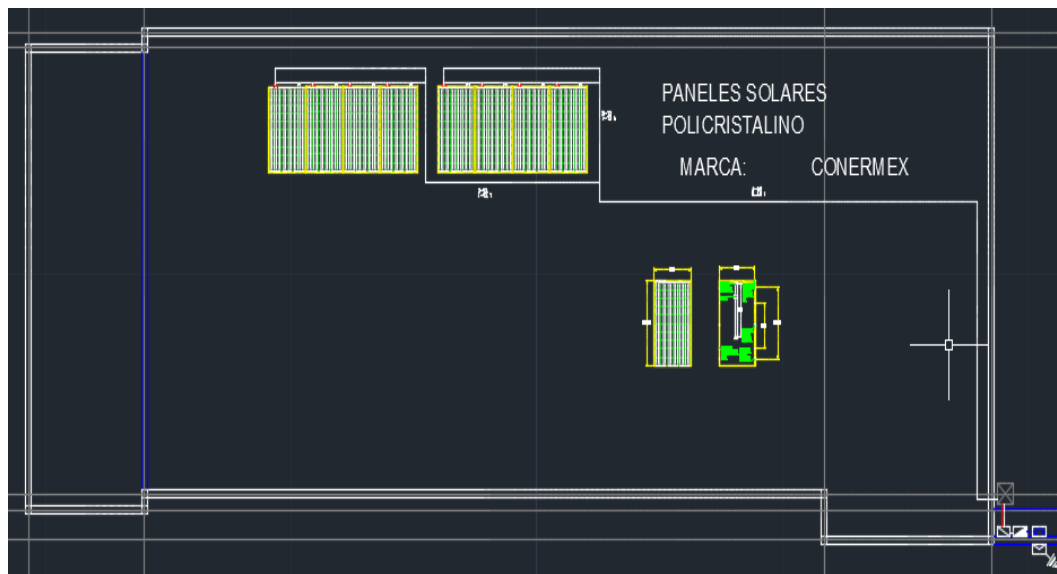
El cálculo de cada planta o piso del colegio se hizo los levantamientos correspondientes de luminarias donde nos dio el número de Paneles Fotovoltaico que se usara el 50% de la luminaria y nos da un arreglo de 4 paneles de 250 w conectados en paralelo a la red de iluminación, se conecta a un inverso de 1500w de 220/240v, para que se conecte a los interruptores electromagnéticos, sea conectado a red y red de CFE se encargue de la resta de energía generada por los Paneles Fotovoltaicos. Es en la primera planta del colegio el primer arreglo de paneles fotovoltaicos.





**Fig. 4.1.1.** Arreglo fotovoltaico en la azotea.

En la segunda planta encontramos más luminarias donde se usan durante la jornada de trabajo se hizo el levantamiento correcto donde también usaremos el 50% de la iluminación donde nos da un arreglo de 10 paneles de 250 w conectados en paralelo a la red de iluminación, se conectara al inversor de 1500w de 220/240v, para que se conecte a los interruptores electromagnéticos, y sea conectado a red y red de CFE se encargue de la resta de energía por los Paneles Fotovoltaicos.



**Fig. 4.1.2.** Arreglo fotovoltaico en la azotea.

En la tercera planta encontramos más luminarias donde se usan durante la jornada de trabajo se hizo el levantamiento correcto donde también usaremos el 50% de la

iluminación donde nos da un arreglo de 5 paneles de 250 w conectados en paralelo a la red de iluminación, se conectara al inversor de 1500w de 220/240v, para que se conecte a los interruptores electromagnéticos, y sea conectado a red y red de CFE se encargue de la resta de energía por los Paneles Fotovoltaicos.

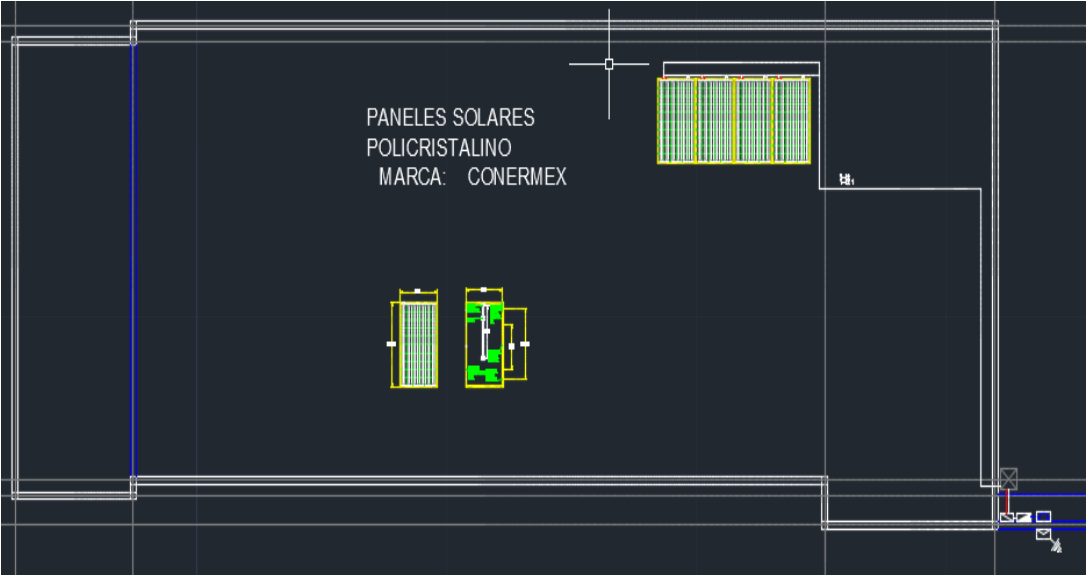


Fig. 4.1.3. Arreglo fotovoltaico en la azotea.

Se ocupara 9 metros de la azotea para hacer el arreglo foto voltaico con los 19 paneles que se pondrá para la eficiencia de la iluminación del de colegio se puede ver que la carga va por piso del edificio y así podemos tener un mejor arreglo de paneles fotovoltaicos.

**Se propone** quitar los tres medidores del colegio para que nada más sea controlado con un solo medidor bidireccional y el sistema ya no comercial si no que se facture en la forma bimodal, así veamos más la carga que vamos a generar y sea solo una factura la que se pague con el sistema interconectado a la red, también para poder ver mejor el retorno de inversión.

**4.2PRESUPUESTO**

CANTIDAD	CONCEPTO	UNIDAD	P.UNITARIO	IMPORTE
16	Paneles solares MOD.SW-250	PZA	\$ 5285.14	\$ 84,562.24
3	Inversor de CD-CA	PZA	\$ 9,091.16	\$ 27,273.43



	Accesorios (racks, cableado)	Lote	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
	Gestión ante CFE		\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
			Sub-Total	\$ 119,835.67
			16% I.V.A.	\$ 19,173.71
			Total	\$ 139,009.38

**Tabla. 4.1.1.** Precios de los paneles solares y accesorios.

Los paneles solares del modelo solarworld SW- 250 poli cristalino de la marca de conermex, con 25 años de vida útil.

### **Calculo de ahorro anual por consumo.**

Ya conociendo los precios y los costos de la inversión del proyecto, de terminare en cuantos años se recupera la inversión.

Para poder sacar y ver en cuantos años se recupera la inversión, primero sumamos la carga media crítica que vamos a instalar en el colegio, des pues se multiplicara por 60 días que son dos meses de facturación que viene por CFE. Después de multiplica por el excedente de la tarifa, (excedente se encuentra en el recibo de luz), después se volverá multiplicar la cantidad que nos da por 6 donde el años se divide en 6 bimestres y ahí nos da la cantidad en pesos/año, ya se divide entre la cantidad total del presupuesto.

$$total\ de\ watt\ crit = 2,152.57 + 5,891.75 + 2,829.6 = 10,873.92\ w$$

$$10,873.92\ w\ X\ 60\ dias = 652,435.2\ w$$

$$\frac{652,435.2}{1,000} = 652.43\ kwh$$

$$652.43\ x\ 3.010\ excedente = 1,963.82$$

$$1,963.82\ x\ 6\ biemtres = 11,782.92\ pesos/año$$





## Retorno de inversión

Con la formula podemos ver la inversión recuperada

$$\text{Metodo de inversion} = \frac{\text{invercion inicial}}{\text{ahorro generado}}$$

**Inversión: 139,009.38 pesos**

**Ahorro: 11, 782.92 pesos**

$$SPP = \frac{139,009.38}{11,782.92} = 12 \text{ años}$$

Tenemos que 13 años se recuperara la inversión que será de los paneles fotovoltaicos, ya que será nada más el 50 % de alimentación de la iluminación del Colegio de Ingeniero Mecánicos y Electricistas del Estado de Chiapas, los paneles fotovoltaicos tienen 25 años de vida útil, significa que a partir de la mitad de la edad de los paneles tenemos la inversión ganada con la resta en la factura de CFE.



## Conclusión

En el aspecto educativo el diseño del sistema fotovoltaico interconectado a la red de CFE promoverá en este subsistema una nueva cultura de eficiencia y ahorro energético a través del uso de fuentes renovables que contribuyan a mejorar las condiciones del colegio de ingeniero mecánicos y electricistas del estado de Chiapas no solo se puede hacer en el colegio, sino que posteriormente se puede hacer extensivo a otros colegio o también a casas particulares y tiendas grandes en la ciudad y como lo establece la reforma energética en la se menciona que es de utilidad pública el uso de las tecnologías limpias y además promoverá la eficiencia y sustentabilidad energética.

El diseño de este sistema con nuevas tecnologías en los edificios, seguirá las tres instalaciones que está construido bajo el mismo esquema arquitectónico, lo único que varía es la instalación eléctrica más que nada la iluminación, y se hace los mismos cálculos para los paneles solares y ya que la latitud es la misma para las tres pisos del colegio lo que si va a variar es el arreglo de paneles fotovoltaicos por el sistema de iluminación y carga por piso que tiene el colegio.

El proyecto está enfocado a la parte de la iluminación, de la carga por piso que se tiene en el colegio ocuparemos el 50% donde varia la demanda eléctrica y el piso más ocupada, por demanda de la iluminación es mayor es la parte donde se encuentra la presidencia, la sala de capacitación, la sala de espera, la sala de juntas y el área administrativo es el piso donde se mantienes más la iluminación por la jornada de trabajo en el día. Los pisos con menor iluminación es el primero y tercer piso ahí tienes más bajo el arreglo de paneles fotovoltaicos.

Haciendo una estimación entre inversión y las facturaciones mensuales, el período de recuperación se estima en 13 años aproximadamente y la vida útil de los paneles es de 25 años esto significa a medio plazo de la vida útil de los paneles fotovoltaicos, además contribuimos a la reducción del calentamiento global en el ahorro de CO<sub>2</sub>.

Cabe aclarar que debido a las investigaciones realizadas cada día se está mejorando esta tecnología y los países europeos y asiáticos está abatiendo los costos de elaboración para la manufactura de los paneles fotovoltaico, uno de ello es China, Alemania y Japón es por eso que cada día se reduce los períodos de retorno de la inversión en el uso de los paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica.



Para finalizar podemos decir que el camino de las energías renovables está en marcha y es aceptado por la sociedad debido a las múltiples ventajas que tiene y que es consecuencia del cambio climático de la emisión de los gases combustibles que gran parte de ellos provenientes de la generación de energía, es lógico suponer que el sector fotovoltaico experimentará un gran impulso en los próximos años, con el consiguiente beneficio ecológico y al mismo tiempo abrirá un gran abanico de posibilidades a la industria fotovoltaica y a los inversionistas públicos o privados que apuesten por esta tecnología.



## Referencia Bibliografía

[1] <http://upcommons.upc.edu/pfc/handle/2099.1/8063>

[3] <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/31561/1/dominguezgonzalezhector.pdf>

[4] <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/7489/PROYECINSTAL.pdf?sequence=1>

[5] <https://www.dspace.espol.edu.ec/.../PROYECTO%20DE%20IMPLEMEN>

Energía solar

<http://www.censolar.es/menu2.htm>

Efecto fotovoltaico

<http://solarfotovoltaica.galeon.com/ARCHIVOS/efecto.htm>

Función paneles

<http://panelsolarhibrido.es/>

Inversor

<http://www.jaensolar.com/infoinversor>

Interrupción eléctrica termo magnético

[https://www.phoenixcontact.com/online/portal/es?1dmy&urile=wcm:path:/eses/web/main/products/technology\\_pages/subcategory\\_pages/circuit\\_breaker/86f66c83-9314-443b-8cb4-e7ea80c2c07e/86f66c83-9314-443b-8cb4-e7ea80c2c07e](https://www.phoenixcontact.com/online/portal/es?1dmy&urile=wcm:path:/eses/web/main/products/technology_pages/subcategory_pages/circuit_breaker/86f66c83-9314-443b-8cb4-e7ea80c2c07e/86f66c83-9314-443b-8cb4-e7ea80c2c07e)

Medidor

<http://www.eco-ener.com/esp/index/item/39/25/medidor-bidireccional-sentinel>

Artículo 690. NOM-001-SEDE-2012 publicada el 29 de noviembre del 2012, entra en vigor 29 de mayo del 2013

Enlace CO2

<http://arboliza.es/compensar-co2/calculo-co2.html>

Radiación solar

<https://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=660&conID=723>



## MÓDULO SOLARWORLD SW-250

---

### POLICRISTALINO

#### Ficha técnica del panel solar

##### Información general

Eligiendo SolarWorld obtendrá los productos de mayor calidad del mercado, fabricados según los estándares alemanes.

Los módulos de SolarWorld han sido calificados como excelentes por el OKOTEST en Alemania.

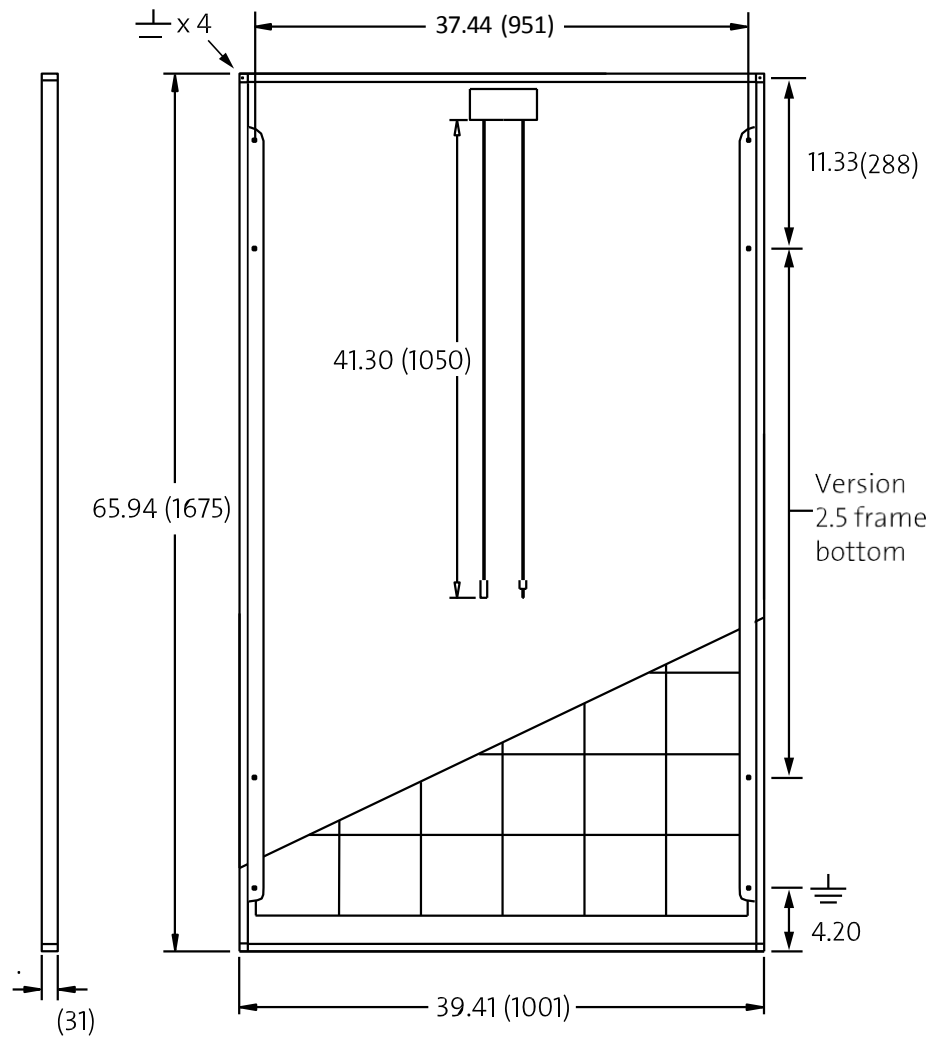
Más de 30 años de experiencia en aplicaciones aisladas (Off-grid), permite a SolarWorld ofrecer productos líderes y una experiencia técnica de máximo nivel.

Longitud: 65.94 in  
Ancho: 37.44 in  
Altura: 1.22 in  
Marco: Aluminio  
Peso: 21.19 kg



**Fig. 1.1** Modulo fotovoltaicos.

# Dimensiones



**Fig. 1.2.** Dimensiones de modulo fotovoltaico.

**Tabla 1.1.** Corriente nominal del panel.

<b>COMPORTAMIENTO BAJO CONDICIONES ESTÁNDAR DE PRUEBA (STC*)</b>		
Tensión en vacío	Voc	37.6 V
Tensión a potencia máxima	Vmpp	30.8 V
Corriente de cortocircuito	Isc	8.64 A
Corriente a potencia máxima	Impp	8.12 A
*STC: 1000W/m <sup>2</sup> , 25°C, AM 1.5		
<b>COMPORTAMIENTO A 800 W/m<sup>2</sup>, NOCT, AM 1.5</b>		
Potencia máxima	Pmax	180.4 Wp
Tensión de circuito abierto	Voc	33.9 V
Tensión del punto de máxima potencia	Vmpp	27.8 V
Corriente de cortocircuito	Isc	6.96 A
Corriente a punto de máxima potencia	Impp	6.50 A
Ligera reducción de la eficiencia en el comportamiento con carga parcial a 25°C: A 200 W/m <sup>2</sup> se alcanza el 95 % (+/- 3 %) de la eficiencia bajo cond estándar de prueba (1000 W/m <sup>2</sup> ).		
<b>PARÁMETROS TÉRMICOS</b>		
NOCT		46 °C
TC I <sub>sc</sub>		0.081 %/K
TC U <sub>oc</sub>		-0.37 %/K
TC P <sub>mpp</sub>		-0.48 %/K
Temperatura en funcionamiento		-40°C to 85°C
<b>MATERIALES EMPLEADOS</b>		
Celdas por módulo		60
Tipo de celda		Policristalino
Medidas de la celda		6.14 in x 6.14 in (156 mm x 156 mm)
Parte anterior		Vidrio reforzado (EN 12150)
Marco		Aluminio anodizado
Peso		46.7 lbs (21.2 kg)
<b>PARÁMETROS PARA LA INTEGRACIÓN ÓPTIMA EN EL SISTEMA</b>		
Máxima tensión del sistema SC II		1000 V
Máxima tensión del sistema USA NEC		600 V
Máxima corriente inversa		16 A
Número de diodos bypass		3
Diseño de cargas UL *	Sistema de dos rieles	113 libras por pie cuadrado bajada 64 libras por pie cuadrado al alza
Diseño de cargas UL *	Sistema de tres rieles	170 libras por pie cuadrado bajada 64 libras por pie cuadrado al alza
Diseño de cargas IEC *	Sistema de dos rieles	113 libras por pie cuadrado bajada 50 libras por pie cuadrado al alza
* Por favor, consulte las instrucciones de instalación del módulo para los detalles asociados con estos casos de carga.		

## INVERSOR CENTRAL ZEVERSOLAR ZVS-1500\_2000\_3000\_5000

### Ficha técnica del inversor.

#### Información General

Nuestros inversores centrales monofásicos son uno de los inversores más rentables en el mercado. Se adaptan perfectamente a las necesidades de la mayoría de las aplicaciones residenciales y ofrecen el máximo rendimiento energético en cualquier lugar y situación en todo el mundo, además son fáciles de usar y de instalar.

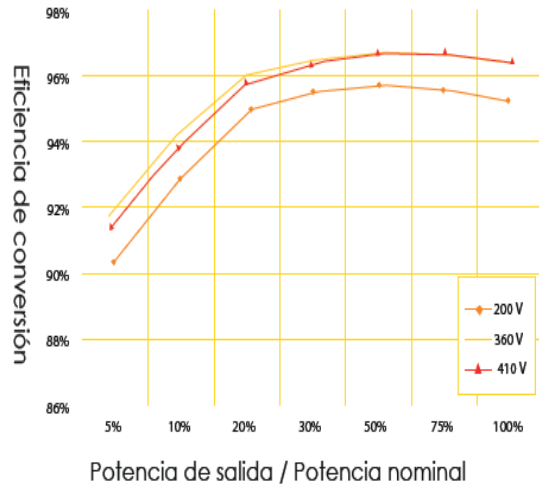
Al no tener transformador cuentan con importantes ventajas con respecto a sus contrapartes con transformador. De inicio, el no requerir de un pesado transformador para funcionar, permite reducir el peso y tamaño de los equipos entre un 30 y 50%. Esta mejora permite también que el precio de estos aparatos sea significativamente más bajo al reducir la cantidad de materiales empleados en su construcción. Además, debido al diseño de la electrónica del equipo, es posible obtener diseños con una eficiencia de conversión de potencia de entre el 97 y 99%, lo que es entre un 2 a 4% mejor que sus contrapartes con transformador. Esto permitirá obtener más energía de los paneles solares mejorando consecuentemente los retornos de inversión de los sistemas FV.



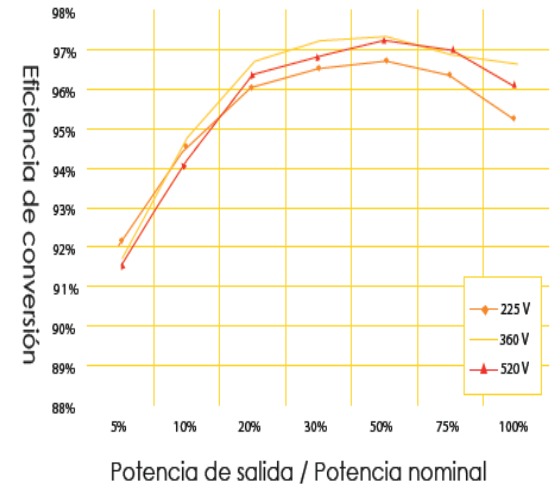
Fig.1.3. inversor de C.D a C.A.



## Eficiencia de conversión



## Eficiencia de conversión

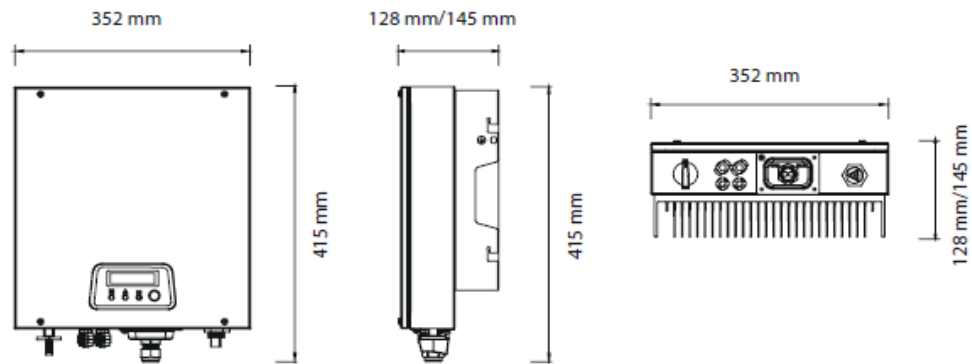


Graficas 1.1 eficiencia del inversor.

Tabla 1.2. Corriente nominal del inversor.

Ficha Técnica	Eversol TL1500	Eversol TL2000	Eversol TL3000	Evershine TL3680	Evershine TL5000-10
<b>Datos de salida</b>					
Potencia nominal CA [W]	1500	2000	3000	3680	4600 (ALE/AUS)/ 5000 (otro)
Max. aparente de alimentación de CA [VA]	1650	2000	3000	3680	4600 (ALE/AUS)/ 5000 (otro)
Tensión de red de CA [V] *	220,230,240				
Frecuencia nominal de red de CA [Hz] *	60		60		50/60
Rango de voltaje de CA [V] *	180-280		180/280		
Rango de frecuencia de CA [Hz]	De acuerdo a los códigos locales				
Corriente nominal @ 230 Vac [A]	6.5	8.7	13	16	20 (GER/AUS) /22 (otro)
Max. [A]	9	11	16	16	25
Factor de potencia	> 0.99 (0.95 inductivo ... 0.95 capacitivo)				
Distorsión armónica (THD) a potencia nominal	< 2%		< 3%		
Consumo de energía por la noche [W]	< 1				
Consumo de energía en modo de espera [W]	6				
<b>Eficiencia MPPT</b>					
MPPT eficiencia de adaptación	99.50%		99.90%		
<b>La eficiencia de conversión</b>					
Max. eficiencia	97.00%		97.00%		97.30%
Eficiencia ponderada Europea (en 360VDC)	96.50%		96.20%		96.50%
<b>Equipo de seguridad</b>					
Vigilancia del aislamiento CD	Integrado				
Protección de tierra	Integrado				
Monitoreo de red	Integrado				
Defecto a tierra monitoreo de la corriente	Integrado				
Monitorización de la corriente CD	Integrado				
<b>Datos Generales</b>					
Dimensiones (WxDxH) [mm]	351 x 415 x 128	351 x 415 x 145	404 x 480 x 200		
Peso [kg]	15.3	15.6	19.3		
Entorno de instalación	Cerrado y al aire libre				
Instrucciones de montaje	Soporte a muro				
Temperatura de funcionamiento	-25°C ... +60°C (reducción de potencia en caso de temperaturas superiores 45°C)				
Humedad relativa	0% to 100%, no condensación				
Tipo de protección IP	IP65 según IEC60529				
Tipo de aislamiento	Transformerless				
Concepto de refrigeración	Convección				
Nivel de ruido	< 15 dB(A)@1m		< 40 dB(A)@1m		
Pantalla LCD	Líneas de Texto, 16 x 2 caracteres				
Interfaz de comunicaciones	RS485				
Interfaz Actualizaciones de software	USB				
Certificados y homologaciones	VDE0126-1-1, IEC61000-6-2, IEC61000-6-3, IEC61000-3-2, IEC61000-3-3, IEC62109-1, IEC62109-2, AS/NZS3100, VDE-AR-N 4105, AS4777.2, AS4777.3, C10/11, UTEC 15-712-1, NEN50438, G83/2, EN50438		G83/2, IEC62109-1, IEC62109-2, IEC61000-6-2, IEC61000-6-3, IEC61000-3-2, IEC61000-3-3		G83/2, IEC62109-1, IEC62109-2, IEC61000-6-2, IEC61000-6-3, IEC61000-3-2, IEC61000-3-3, IEC62109-1, IEC62109-2, AS/NZS3100, VDE-AR-N4105, AS4777.2, AS4777.3, C10/11, UTEC15-712-1, NEN50438, G83/2, EN50438

## EVERSOL



## EVERSHINE

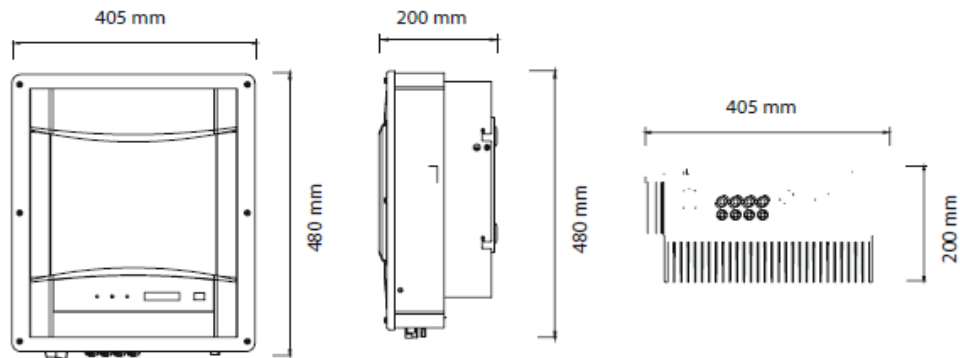


Fig. 1.4 medidas del inversor.

Ficha Técnica	Eversol TL1500	Eversol TL2000	Eversol TL3000	Evershine TL3680	Evershine TL5000-10
<b>Datos de entrada CD</b>					
Max. Potencia del generador fotovoltaico [W]	1800	2300	3300	4000	5300
Max. Voltaje de CC [V]	500		600		
Voltaje de entrada nominal [V]	360				
MPP rango de tensión [V]	90-450		125-520		
Una amplia gama de tensión					
MPP carga [V]	150-450	200-450	200-520	225-520	
Desconexión de voltaje CD [V]	70		90		
Tensión inicial [V]	125		150		
Max. Corriente continua [A]	12	18	15/15		
Max. número de entradas paralelas	1	2	2/2		
Número de seguidores MPP	1		2		
Potencia de conexión [W]	10		10		

Tabla. 1.3. Datos de entrada de corriente directa.

## El sistema PVsyst

Vamos a calcular los valores recaudados en el levantamiento de iluminación del colegio para que nos dé un arreglo foto voltaico.

Abrimos el programa para de PVsyst para poner los cálculo y valores de la ciudad de TUXTLA GUTIERREZ CHIAPAS nos vamos a base de datos para poner el lugar donde nos encontramos.

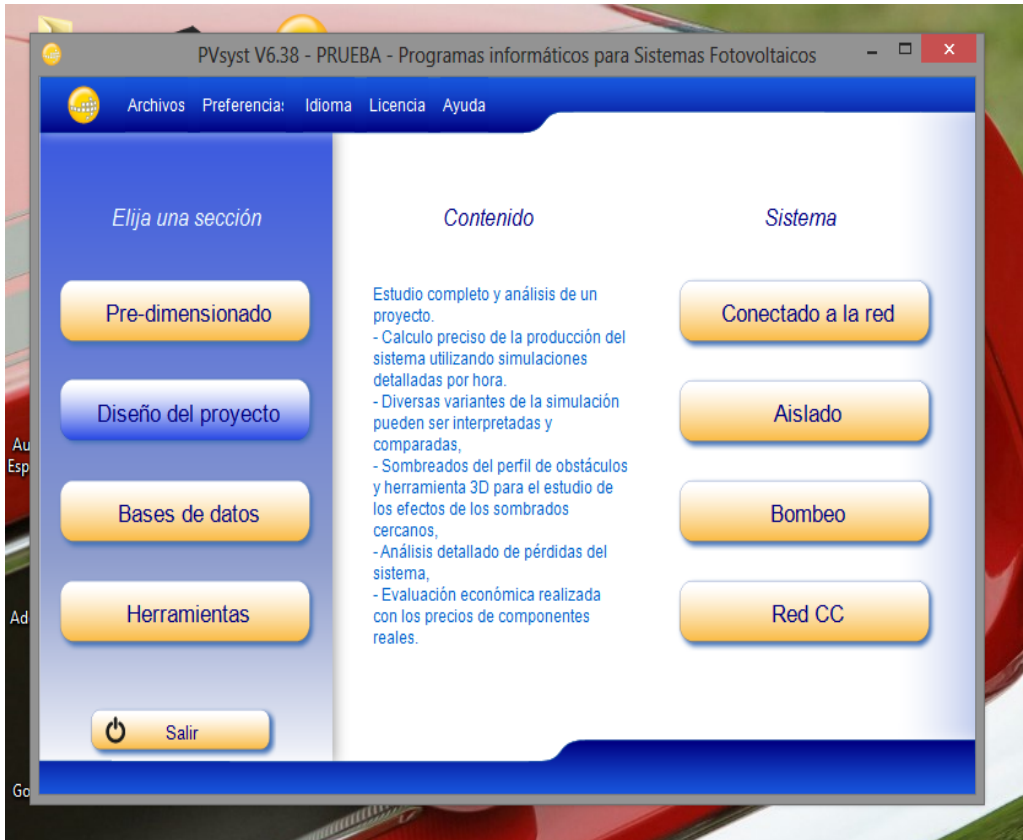


Fig.1.5. Programa PVsyst V6.38.

Ya estando en la base de datos abrimos el administrador de lugar geográfico con datos climáticos mensuales ahí vamos añadir el lugar con latitud, longitud, altitud y huso horario de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez Chiapas, al añadir le damos el país donde nos encontramos para la irradiación del lugar

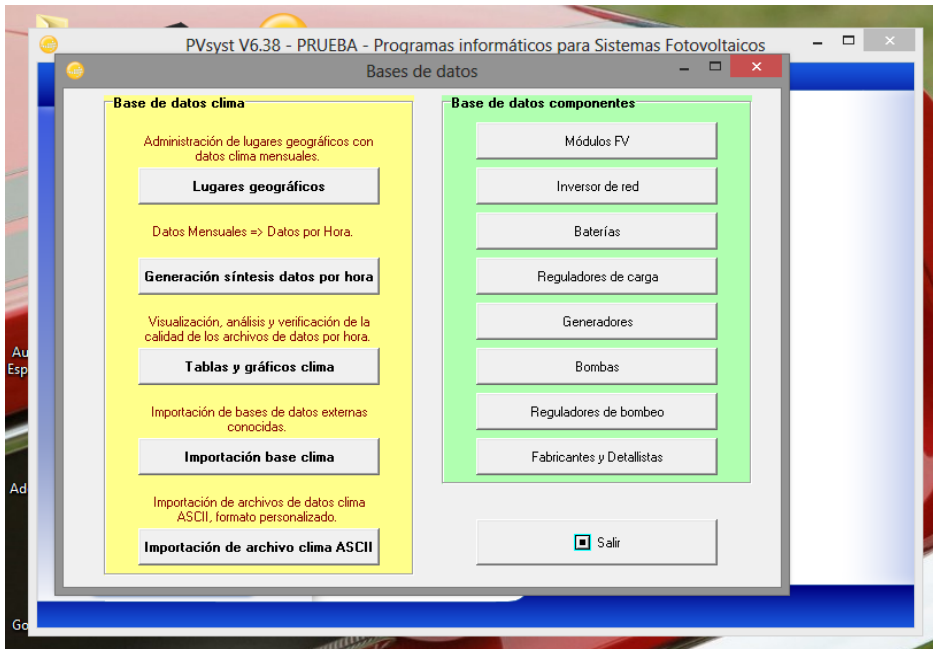


Fig.1.6. Buses de datos.

Ubicamos el lugar en el mapa la ciudad para que nos de la latitud, longitud, altitud y huso horario para que se agregue al sistema y así poder ser más exactos en el arreglo fotovoltaicos.

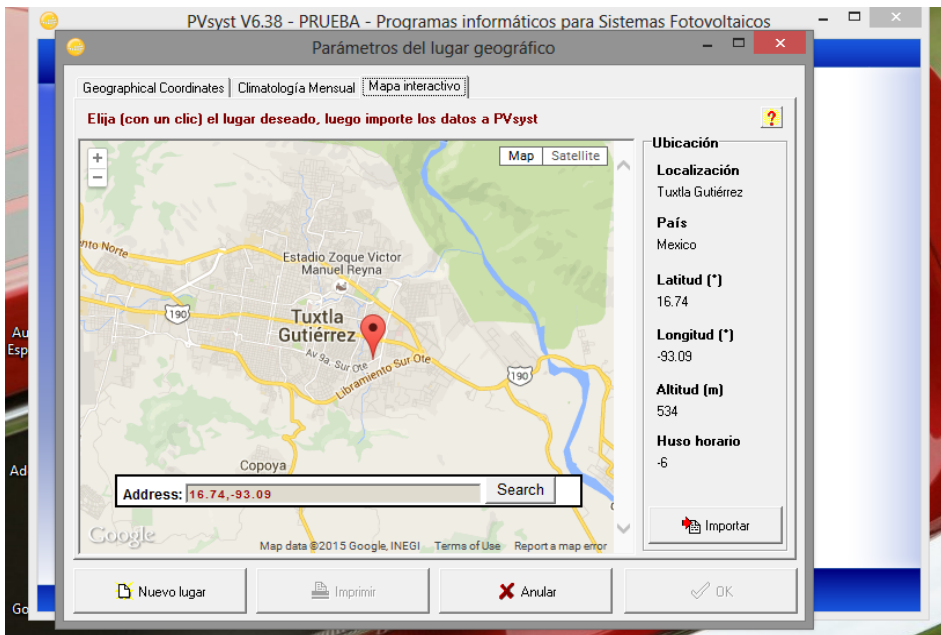


Fig.1.7. Parámetros de lugar geográficos.

Añadimos la ciudad al programa para que obtengamos los datos geográficos y así podamos hacer el cálculo de los paneles.

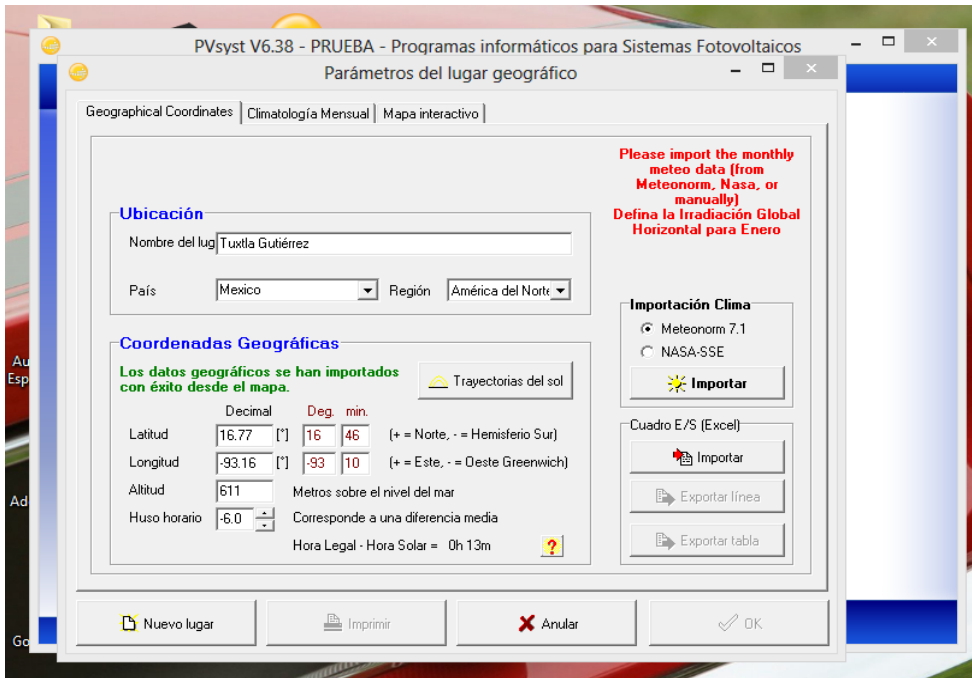


Fig. 1.8. Coordenadas geográficas.

Después de haber medido todos los parámetros en el programa nos vamos nuevamente al menú principal, seleccionamos el diseño del proyecto ya después en el sistema seleccionamos conectado a red le ponemos nombre, y después ubicamos donde dice orientación para darle la inclinación y dirección que van estar los paneles fotovoltaicos.

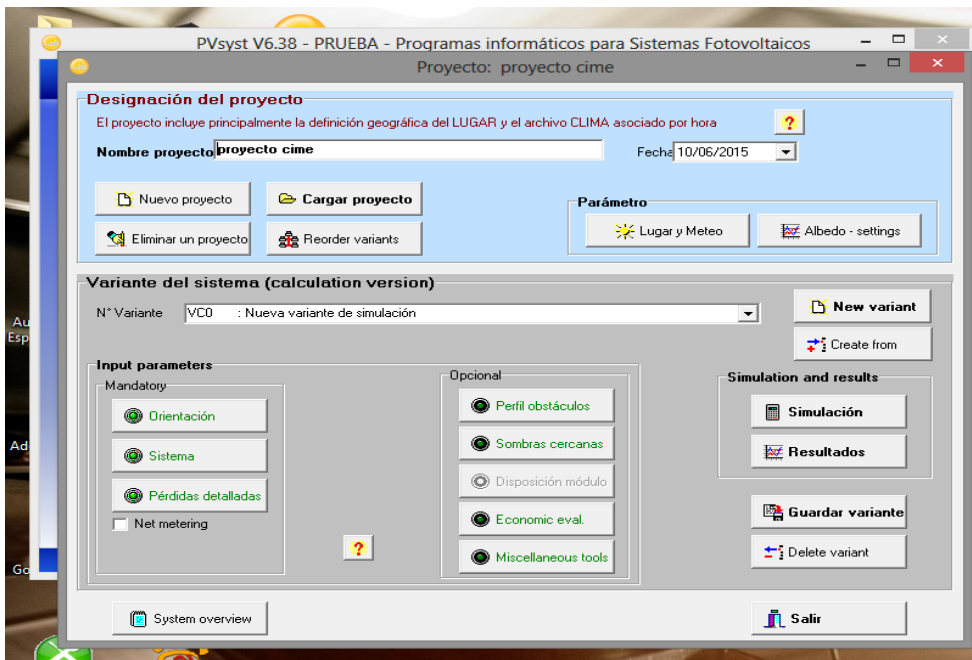


Fig.1.9. asignación del proyecto.

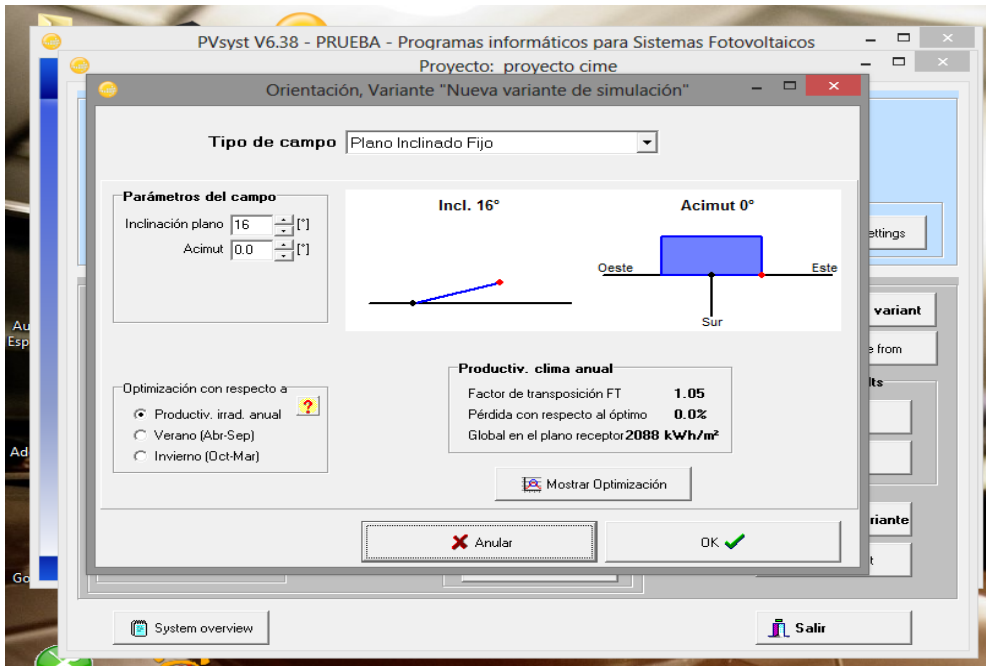


Fig. 1.10. Angulo y orientación del panel solar.

Después de obtener el ángulo de inclinación y la dirección de los paneles fotovoltaicos lo subimos al sistema y nos vamos en el segundo apartado que dice sistema para meter los parámetros de la iluminación que vamos a remplazar en el colegio para obtener el arreglo meteré los primero parámetros de la primera planta.

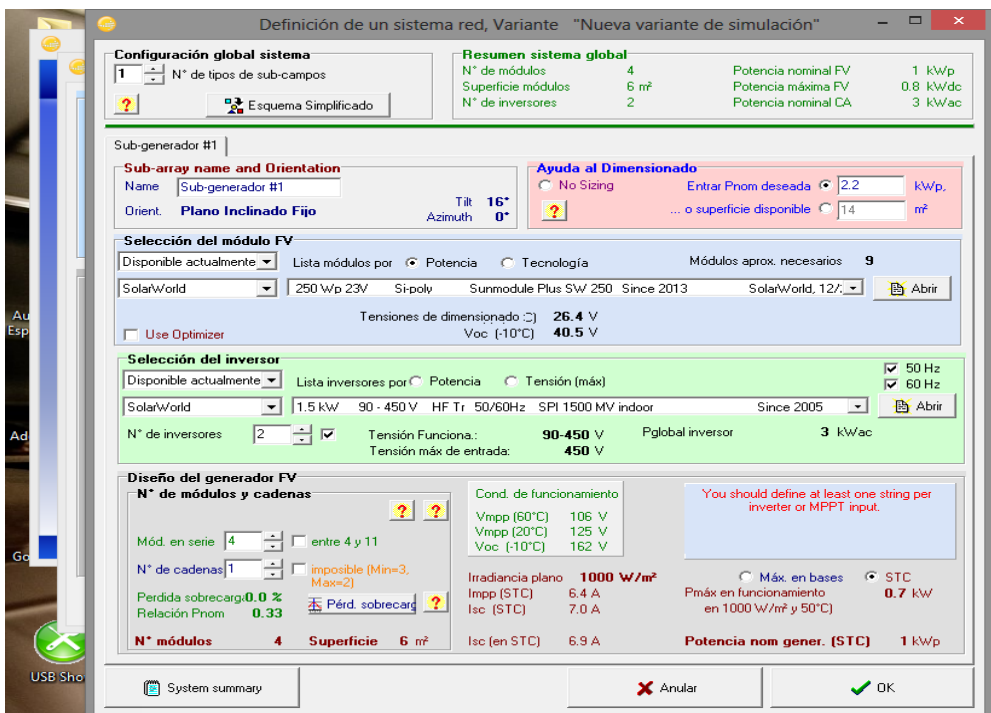


Fig. 1.11. Configuración del primer piso del colegio.

**Primer arreglo**, podemos ver que nos da un arreglo de 4 paneles fotovoltaicos conectados en serie con un inverso de 1500 w es para la primer el primer piso del colegio.

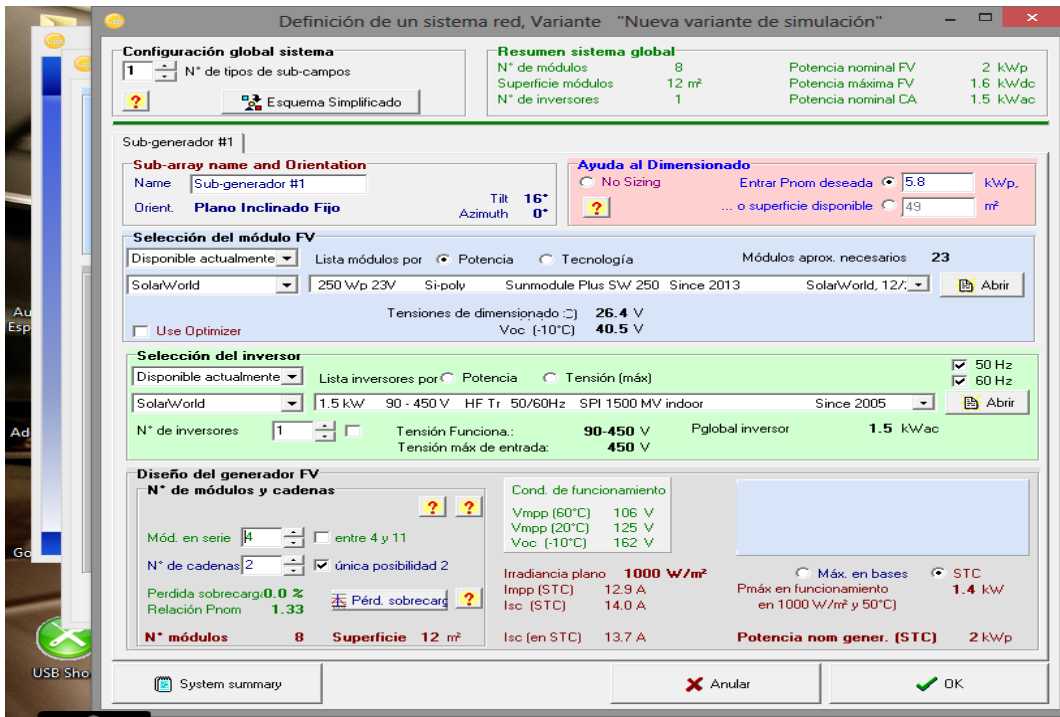


Fig. 1.12. Configuración del segundo piso del colegio.

**En el segundo arreglo** nos da 4 paneles en seria y 2 en paralelo nos da un total de 8 paneles conectados al red de la segunda planta del colegio de ingenieros eléctricos del estado de Chiapas ya que el inversor tiene una tensión de 90-450 V.



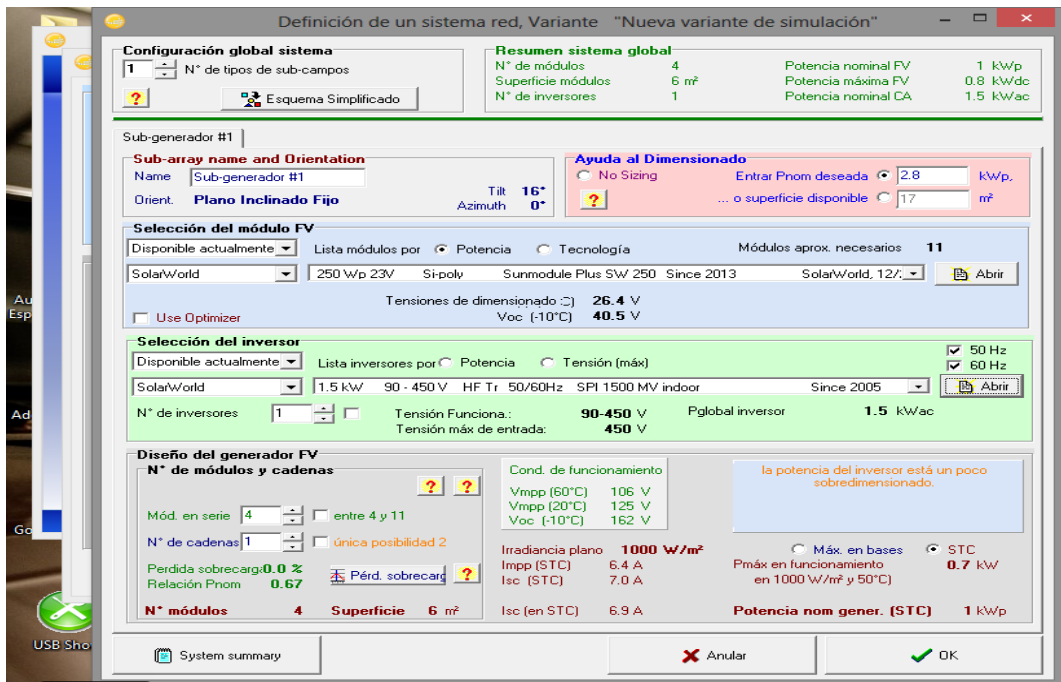


Fig. 1.13. Configuración del tercer piso del colegio.

En el tercer arreglo tenemos 4 paneles conectados en serie con un arreglo en paralelo por la tensión nominal del inversor que es 90-450 V y el inversor es de 1500W los arreglos son modificados por el sistema PVsyst donde nos da un arreglo de paneles directamente con los inversores.

Ya obteniendo todos los cálculos le damos ok y nos vamos a simulación del programa que todo que sea simulado y los resultados sean exactos

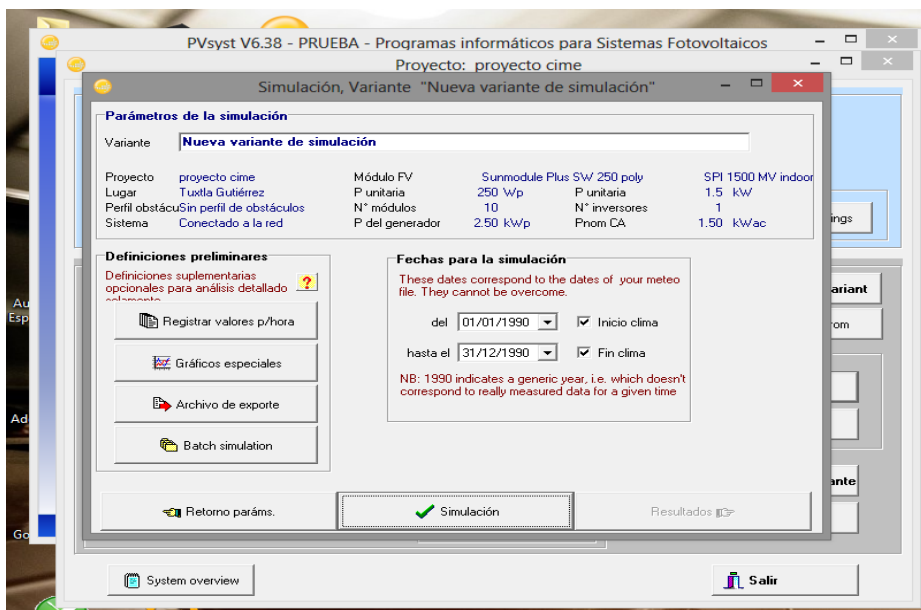


Fig. 1.14. Simulación del proyecto.

Entrando a simulación ya tiene los parámetros le damos simular y el programa podemos ver que la simulación es terminada con éxito.

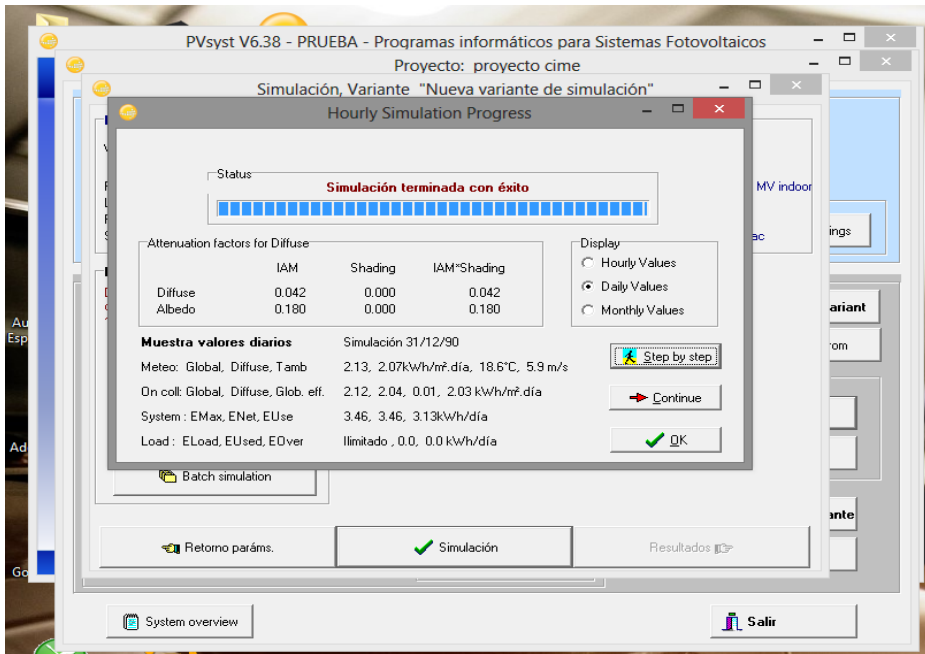


Fig. 1.15. Simulación terminada.

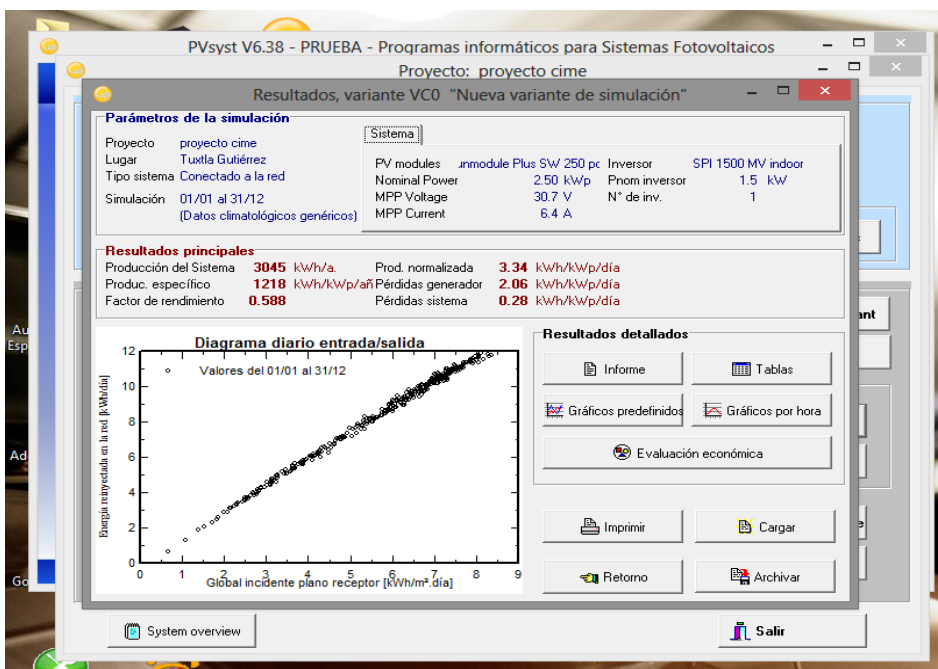
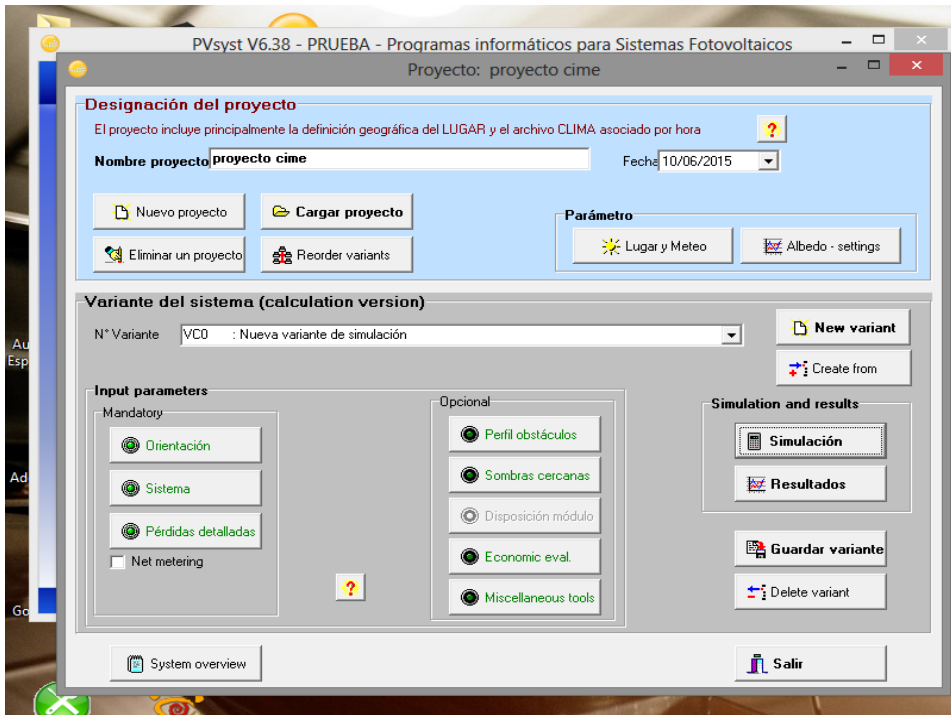


Fig. 1.16. Diagrama diario de entrada/salida

Los parámetros de simulación donde nos muestra un diagrama diario de entrada y salida.



**Fig.1.17.** Proyecto terminado con éxito.

Al finalizar el proyecto podemos ver que todos los parámetros del sistema están en color verde eso quiere decir que toda la simulación es correcta con los cálculos que se le fue poniendo.