



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA INDUSTRIA**

Mon  
333.7923  
D583  
2010

**“Diseño de un semáforo Solar”**

***TRABAJO DE INVESTIGACION PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO***

***AUTOR:***

**Br. Tony Dinarte Mendoza.**

**TUTOR: Ing. Alejandro Blandino.**

**Managua, Noviembre del 2007.**

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme permitido llegar a la meta de mis estudios, y honrar a mis padres: Carlos Dinarte Rodríguez y Adela Mendoza Rivera.

A nuestro Señor Jesucristo por habernos salvado.

A mi esposa Maribel Suarez Guerra por su apoyo incondicional.

A mis hermanos Carlos Dinarte Mendoza, Mauricio Dinarte Mendoza y hermana Ligia Dinarte Mendoza, por haberme brindado un apoyo incondicional para que no me desanimara y al igual que ellos obtener un Título.

A mi hermana Migdalia Dinarte Mendoza por enseñarme a servir y amar a mis semejantes.

A mi hijo Tony por estar en el cuadro de honor de su clase, a mis sobrinos y sobrinas que también lograron destacarse Valeska, Juniette y Carlitos por ser el de mayor promedio de su colegio.

A todos los pastores Cristianos que han orado por mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi Tutor Ing. Alejandro Blandino, que gracias a su apoyo y a sus aportes me ha permitido alcanzar la finalización satisfactoria de este proyecto.

Gracias por todas sus enseñanzas, críticas y sugerencias que se que me servirán mucho en mi formación profesional.

A la Ing. María Teresa Rayo por su apoyo tan espontaneo y proveerme del material teórico para desarrollar la monografía.

A mi sobrino Mauricio Dinarte Contreras por estar atento a ayudarme para tener funcionando bien la computadora con que iba a typear la investigación.

A todos los docentes de Mecánica que con esfuerzo y paciencia me proporcionaron los conocimientos necesarios para coronar la carrera.

## RESUMEN

Mediante este estudio se dará respuesta a las afectaciones que causa la dependencia del combustible fósil principalmente la que se utiliza en el área de señalización vial.

Se hará todas las consideraciones necesarias para el mayor aprovechamiento del Efecto Fotovoltaico en la alimentación eléctrica a los controladores de tránsito (semáforos). Se hará la descripción técnica de los elementos que componen este sistema así como su instalación, se proveerá la información necesaria para eventuales reparaciones y un mantenimiento para prolongar su vida útil.

Se hará todas las consideraciones económicas principalmente la tasa de recuperación para determinar la rentabilidad del sistema.

Se proveerá la información básica necesaria para el dimensionamiento del sistema, un manual de entendimiento sencillo y claro para los cálculos de los elementos que lo contendrá. Este estudio contempla un análisis FODA del sistema semafórico actual así como una propuesta técnica para implementar un sistema moderno que se ajuste a las demandas creciente del tránsito vehicular y peatonal de nuestro país, este tomara como normas sistema de control de tránsito de otros países que cuentan con tecnología de última generación que proveen satisfacción a las necesidades de la sociedad.

## Índice

1. Portada.
2. Dos paginas en blanco.
3. Carta de aprobación de la decanatura.
4. Pagina igual a la de la portada.
5. Carta del tutor para establecer la fecha de la defensa a la decanatura.
6. Carta a la decanatura donde se le entregan tres copias de la tesis.
7. Dedicatoria.
8. Resumen del tema.
9. Índice de contenido monográfico.
10. Introducción.
11. Objetivos generales y específicos.
12. Justificación.

### 1. Marco teórico.

#### Capitulo 1. Energía Fotovoltaica

- 1.1 Radiación solar.
- 1.2 Propiedad del Silicio.
- 1.3 ¿Qué son las celdas solares?
- 1.4 ¿Cómo se hacen las celdas solares?.
- 1.5 Como funcionan las celdas solares.
- 1.5 Tipos de paneles.
- 1.6 Aplicación de la electrotecnia.
- 1.7 Ventaja de la energía fotovoltaica.
- 1.8 Aplicación de la energía fotovoltaica.
- 1.9 Análisis Económico.
- 1.10 Conceptos y aplicación de la Ingeniería Económica.

Capitulo 2. Componentes principales de un semáforo electrónico alimentado con energía solar, su descripción y definición.

- 2.1 Panel Solar.
- 2.2 Cable.
- 2.3 Diodo.
- 2.4 Controlador (Regulador de carga).
- 2.5 Magneto térmico.
- 2.6 Batería.
- 2.7 Inversor.
- 2.8 Carga (Dispositivo de control de tránsito).
  - 2.8.1 Definición.
  - 2.8.2 Clasificación.
  - 2.8.3 Elementos que componen un semáforo.
  - 2.8.4 Ubicación de los semáforos.
  - 2.8.5 Forma y Dimensión de los lentes.
  - 2.8.6 Mantenimiento.
  - 2.8.7 Ubicación de los semáforos.
  - 2.8.8 Requisitos para justificar el uso de semáforos.
    - 2.8.8.1 Estudios de ingeniería de tránsito.
    - 2.8.8.2 Condiciones para justificar el uso de Semáforo.
  - 2.8.9 Visibilidad e iluminación de los lentes.
  - 2.8.10 Justificación del uso de semáforo.
  - 2.8.11 Tipo de semáforo.
  - 2.8.12 Significado de las indicaciones.
- 2.9 Poste de tubo cónico de acero de 7m de altura.
- 2.10 Caja de Baterías.
- 2.11 Estructura de montaje del panel.

### Capítulo 3. Emplazamiento.

- 3.1 Orientación.
- 3.2 Inclinación.

### Capítulo 4. Dimensionamiento del sistema.

- 4.1 Determinación de la carga.
- 4.2 Temperatura del aire del lugar donde será ubicado el semáforo solar.
- 4.3 Pérdidas del sistema.

- 4.3.1 Perdidas debido a la temperatura en la superficie del panel.
- 4.3.2 Perdida debido a la resistencia en el conductor.
- 4.3.3 Perdida en la batería.
- 4.3.4 Perdidas en el inversor.
- 4.5. Factor del panel.
- 4.6 Número de paneles.

## Capitulo 5. Montaje

- 5.1 Utilización de Herramienta.
- 5.2 Elemento de sujeción.
- 5.3 Transformador Soldador.
- 5.4 Tipo de electrodo.
- 5.5 Equipo de protección personal.

## Capitulo 6. Sistema mecánico.

- 6.1 Cargas máximas que puede soportar la estructura panel.
- 6.2 Características Técnicas del Sistema Fotovoltaico.

## Capitulo 7. Diagnostico del sistema eléctrico y mecánico mediante inspección y prueba.

- 7.1 Mantenimiento preventivo y correctivo.

## Capitulo 8. Conclusión y recomendación.

- 8.1 Conclusión
- 8.2 Recomendaciones.

## Bibliografía

## Glosario

## Anexos

## Introducción

Dada la crisis de los altos precios del petróleo y la alta dependencia de nuestro país a este recurso para la generación de energía, una alternativa que está siendo utilizada por varios organismos internacionales de manera independiente, así como de ONG y algunos proyectos del Estado con fondos externos para favorecer fundamentalmente a muchos territorios rurales pobres en Nicaragua, ha sido la instalación de los sistemas fotovoltaicos, llamados comúnmente como “paneles solares”. El presente proyecto tiene el propósito diseñar un semáforo solar que pueda trabajar durante todo el día prescindiendo de la energía comercial en un 100%. Se tomara el semáforo de la intersección de los plásticos Róbelo de Managua. Como un primer diseño tiene el propósito de sentar las bases para una aplicación al resto de intersecciones en toda Managua. Se hará una cotización de los costos de los elementos que compones el sistema su tasa de recuperación y lo atractivo del proyecto. Este proyecto dará la pauta para la modernización del sistema de control de transito de la ciudad de Managua. Se dará una descripción de un modelo de control de transito moderno, se detallara todo el proceso de implementación de este proyecto de modernización del sistema de control de transito. Contratación de servicio para los estudios, diseño, equipamiento, instalación, operación y mantenimiento de un sistema de centralizado de semáforo en la ciudad de Managua.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General.**

Realizar un diseño de un semáforo que sea alimentado por energía fotovoltaica.

### **Objetivos Específicos**

- Determinar la carga y consumo de energía utilizados en el semáforo.
- Determinar los watts del panel fotovoltaico, baterías y accesorios que se utilizaran en el sistema.
- Plantear las ventajas de la implementación de dicho sistema.
- Estudio de costos beneficio de la energía convencional vs. energía fotovoltaica.

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Se ha seleccionado este tema con el propósito de ayudar a la Alcaldía de Managua resolver el problema que existe debido a los apagones de luz ya que estos afectan los dispositivos de control de tránsito (Semáforos) y traen como consecuencia una interrupción en la continuidad del tránsito vehicular mayormente en la intersección de plástico Róbelo donde se centrará el diseño; a través del mismo la población se verá beneficiada al no quedar atrapada en un embotellamiento y de esa manera evitarse riesgo de accidente.

Con este sistema estaremos siendo amigo del medio ambiente al no contaminarlo puesto que es una fuente limpia e inagotable de generar electricidad.

La durabilidad de este sistema 20 años aproximadamente así como el poco mantenimiento están dentro de sus ventajas al no requerir gran mantenimiento ni cambio de piezas por desgastes ya que este no tiene partes móviles.

La energía solar adquiere una importancia cada vez mayor en el mundo. Particularmente en las áreas rurales y en las islas, que frecuentemente no están conectadas al suministro de energía estatal, o redes que se encuentran aisladas de un sistema de interconexión nacional. Uno de los motivos para pensar en el abastecimiento energético de una forma más limpia fuera de la contaminación que existe en el ambiente producido por la combustión, de derivados del petróleo, el carbón y el gas natural es el uso de la energía renovable se evita la contaminación de 0.9 Kgs. de  $\text{CO}_2$ . Por un Kwh. de energía producida.

El sistema fotovoltaico es una tecnología estable con muchas aplicaciones apropiadas y costos efectivos. A medida que disminuyan los costos se incrementará la competitividad de estos con otras fuentes de energía convencionales.

# 1. Marco Teórico

## Capítulo 1. Energía Fotovoltaica.

Un aprovechamiento muy importante de la energía solar es el efecto fotovoltaico que consiste en su transformación directa en energía eléctrica, para la elaboración de generadores destinados a la utilización doméstica o industrial. Esta energía proveniente del sol en forma de fotones que incide sobre la celda solar comunica energía a los electrones de los semiconductores generando un flujo de los mismos en el interior de la celda. Este efecto puede ser aprovechado para obtener energía.

### 1.1 Radiación Solar.

El sol es una estrella de tamaño mediano con un diámetro aproximado de 1390000 Kilómetro y una masa 330000 veces superior a la de la tierra a una distancia media de 150 millones de Kilómetros. El sol es un cuerpo negro porque absorbe toda la radiación que incide sobre el sin reflejar nada, también el sol como cuerpo negro es el que con mas eficiencia emite radiación. El sol emite radiación simplemente porque es muy caliente. La luz incluyendo la luz del sol, es una forma de radiación electromagnética compuesta de rayos de diferentes longitud de ondas, que viajan a una velocidad de 300000 Km./Seg.

La radiación es la portadora de la energía solar, que esta formada por rayos luminosos visibles y por rayos luminosos invisibles, ultravioletas e infrarrojos.

El 9% de los rayos se encuentran en el intervalo de calor. La intensidad de la radiación en la superficie del sol, a 6000 grados centígrados, esta comprendida entre 70000 y 80000 Kw/m<sup>2</sup>. De esta gran cantidad de energía, nuestra tierra solo recibe una fracción pequeña, pero apreciable; unos 180 billones de Kw; muchísimos millares de veces mas que la cantidad de energía que necesitamos para nuestra civilización. Esto equivale a 35000 veces nuestro consumo total.

En general se admite que una porción de esta energía interceptada por la tierra es devuelta al espacio exterior, este mecanismo de entrada y salida de importantes cantidades de energía establecen el equilibrio térmico global del planeta. Sin embargo la contaminación de la atmósfera por gases de efecto invernadero han impedido que esta energía sea devuelta al espacio esto a causado en calentamiento global y con ello todo desequilibrio en la naturaleza y cambios climáticos.

## **Radiación Solar en Nicaragua**

Energía en KWH que incide sobre un metro cuadrado en una superficie horizontal

### **Conceptos climáticos fundamentales**

#### Radiación directa:

El brillo del sol, en la bibliografía técnica, se denomina "Radiación directa". Su frecuencia y duración son determinadas por la heliotecnica. Se controla por medio de mediciones continuas y con ellas se calculan los valores medios. La radiación directa en un día soleado de Diciembre a las 12 hrs, es de  $875 \text{ W/m}^2$  y en abril de  $775 \text{ W/m}^2$

#### Radiación Difusa:

La radiación difusa se debe a que una parte de la radiación directa, al atravesar la atmósfera, incide sobre diversas partículas que flotan en el aire y se dispersan. Se distribuye de forma muy variable por toda la atmósfera celeste y siempre es más débil que la radiación directa; sin embargo, también puede aprovecharse termotécnicamente. Incluso en días nublados puede

alcanzar una potencia de 50 a 100 W/m<sup>2</sup>. No tiene dirección de propagación determinada, si no que procede de todas las direcciones del espacio.

### Radiación Global:

La radiación global es la suma de las radiaciones directa y difusa. Constituye uno de los valores mas importantes de la observación meteorológica, ya que se utiliza directamente para el calculo del balance energético. La radiación global para una superficie determinada depende de la posición de esta superficie en el espacio con respecto a los rayos incidentes del sol. Por medio de los datos meteorológicos para una posición geográfica determinada puede determinarse la orientación óptima de un edificio y el ángulo de inclinación optimo de los colectores solares.

### Numero de horas de sol:

El número de horas de sol depende de la situación geográfica y de las condiciones climatológicas. Los valores máximos se alcanzan en las zonas desérticas (por ej.) en San Juan 3200 hrs, al año o' en la alta montaña. La intensidad de la radiación y de la duración anual de la insolación determina la cantidad de energía de que disponemos para una posición geográfica determinada.

### Intensidad de la radiación:

La intensidad de la radiación se mide en W/m<sup>2</sup>h o' en Kcal/m<sup>2</sup>h. En el borde exterior de la atmosfera, la intensidad de la radiación es de unos 1394 W/m<sup>2</sup>h.

### Insolación

La insolación máxima anual en Nicaragua, se presenta en el mes de Marzo con valores que oscilan entre 317 y 270 horas de brillo solar. Los mínimos

valores se presentan en los meses del período lluvioso, particularmente en los meses de Junio y Septiembre con valores entre 216 y 215 horas de sol, respectivamente.

La insolación en la Región del Pacífico, varía de 317 a 215 horas de brillo solar, observándose los valores máximos en Corinto, de 317 horas de brillo solar. A partir de esta localidad los valores decrecen hacia la porción Occidental y sur de dicha región, localizándose el mínimo de éstas en Managua con 161 horas de brillo solar.

En las Regiones Central y Norte, la insolación aumenta del centro hacia el norte, hasta alcanzar un valor de 280 horas sol en Raúl González (San Isidro), los valores disminuyen hasta 242 horas de brillo solar, en la estación de Condega.

La Regiones Autónomas del Atlántico registran su máxima insolación en Puerto Cabezas con 245 horas, mientras que su mínima se reporta en San Carlos con 210 horas de brillo solar.

## **1.2 Propiedades del silicio.**

### Principios Físicos

La materia esta constituida por átomos, los cuales a su vez están formadas por dos partes bien diferenciadas: el núcleo, dotado de una carga eléctrica positiva, y los electrones con carga negativa que giran alrededor en diferentes bandas de energía. La carga negativa de los electrones compensa la del núcleo, formando un conjunto totalmente estable y eléctricamente neutro.

A los electrones de la ultima capa de un átomo se les denomina electrones de valencia y tienen la facultad de interrelacionarse con otros similares, formando una red cristalina (gran numero de átomos que se enlazan a través de sus electrones de valencia).

Los materiales se dividen, eléctricamente, en tres tipos:

- Conductores: disponen de unos electrones de valencia poco ligados al núcleo y que pueden moverse con facilidad dentro de las redes cristalinas respondiendo a un pequeño agente externo.
- Semiconductores: sus electrones de valencia están más ligados a sus núcleos que en los conductores, pero basta suministrar una pequeña cantidad de energía para que se comporten igual que estos, liberando sus electrones más externo.
- Aislantes: presentan una configuración muy estable, la cual es difícil de modificar, ya que los electrones de valencia están sumamente ligados al núcleo, y la energía a suministrar para que saltaran del átomo sería excesivamente grande.

Los materiales usados para celdas fotovoltaicas son los semiconductores, ya que la energía que liga a los electrones de valencia con su núcleo es similar a la energía de los fotones que constituyen la luz solar. Al incidir la luz solar sobre el semiconductor, como el silicio, sus fotones suministran la cantidad de energía necesaria a los electrones de valencia como para que se rompan los enlaces y queden libres para circular por el semiconductor.

Electrones del semiconductor generando un flujo de los mismos en el interior de la celda. Este efecto puede ser aprovechado para obtener energía eléctrica.

El lugar dejado por la ausencia del electrón liberado se le llama hueco, y disponen de carga eléctrica positiva. Estos huecos también se desplazan, ya que el electrón liberado es susceptible de caer en un hueco próximo, produciéndose entonces un movimiento de estas ausencias de electrones. Estos electrones libres y estos huecos creados en los puntos donde incide la luz.

Tienden a moverse en el mismo sentido, no producen corriente eléctrica, y se reconvengan restableciendo el enlace roto.

### 1.3 ¿Qué son las celdas solares?

Las células o celdas solares son dispositivos que convierten energía solar en electricidad, ya sea directamente vía el efecto fotovoltaico, o indirectamente mediante la previa conversión de energía solar a calor o a energía química.

La forma más común de las celdas solares se basa en el efecto fotovoltaico, en el cual la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas produce una diferencia del fotovoltaje o del potencial entre las capas. Este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo de producir trabajo útil.



#### Los orígenes de celdas solares

Aunque las celdas solares eficientes han estado disponibles recién desde mediados de los años 50, la investigación científica del efecto fotovoltaico comenzó en 1839, cuando el científico francés, Henri Becquerel descubrió que una corriente eléctrica podría ser producida haciendo brillar una luz sobre ciertas soluciones químicas.

El efecto fue observado primero en un material sólido (el metal selenio) en 1877. Este material fue utilizado durante muchos años para los fotómetros, que requerían de cantidades muy pequeñas de energía. Una comprensión más profunda de los principios científicos, fue provista por Albert Einstein en

1905 y Schottky en 1930, la cual fue necesaria antes de que celdas solares eficientes pudieran ser confeccionadas. Una célula solar de silicio que convertía el 6% de la luz solar que incidía sobre ella en electricidad fue desarrollada por Chapin, Pearson y Fuller en 1954, y esta es la clase de célula que fue utilizada en usos especializados tales como satélites orbitales a partir de 1958.

Las celdas solares de silicio disponibles comercialmente en la actualidad tienen una eficiencia de conversión en electricidad de la luz solar que cae sobre ellas de cerca del 18%, a una fracción del precio de hace treinta años. En la actualidad existen una gran variedad de métodos para la producción práctica de celdas solares de silicio (amorfos, monocristalinos o policristalinos), del mismo modo que para las celdas solares hechas de otros materiales (seleniuro de cobre e indio, telurio de cadmio, arseniuro de galio, 1.

#### 1.4 ¿Cómo se hacen las celdas solares?

Las celdas solares de silicio se elaboran utilizando planchas (wafers) monocristalinas, planchas policristalinas o láminas delgadas

Las planchas monocristalinas (de aproximadamente 1/3 a 1/2 de milímetro espesor) se cortan de un gran lingote monocristalino que se ha desarrollado a aproximadamente 1400°C, este es un proceso muy costoso. El silicio debe ser de una pureza muy elevada y tener una estructura cristalina casi perfecta.

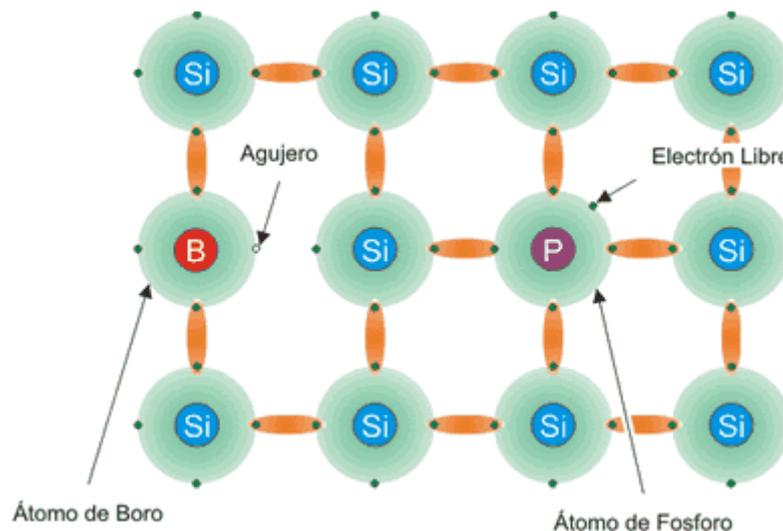
Las planchas policristalinas son realizadas por un proceso de moldeo en el cual el silicio fundido es vertido en un molde y se lo deja asentar. Entonces se rebana en planchas. Como las planchas policristalinas son hechas por moldeo son apreciablemente más baratas de producir, pero no tan eficiente como las celdas monocristalinas. El rendimiento más bajo es debido a las imperfecciones en la estructura cristalina resultando del proceso de moldeo.

En los dos procesos anteriormente mencionados, casi la mitad del silicio se pierde como polvo durante el cortado.

El silicio amorfo, una de las tecnologías de lámina delgada, es creado depositando silicio sobre un sustrato de vidrio de un gas reactivo tal como silano ( $\text{SiH}_4$ ). El silicio amorfo es una de grupo de tecnologías de lámina delgada. Este tipo de célula solar se puede aplicar como película a sustratos del bajo costo tales como cristal o plástico. Otras tecnologías de lámina delgada incluyen lámina delgada de silicio multicristalino, las celdas de seleniuro de cobre e indio/sulfuro de cadmio, las celdas de telurio de cadmio/sulfuro del cadmio y las celdas del arseniuro de galio. Las celdas de lámina delgada tienen muchas ventajas incluyendo una deposición y un ensamblado más fácil, la capacidad de ser depositadas en sustratos o materiales de construcción baratos, la facilidad de la producción en masa, y la gran conveniencia para aplicaciones grandes.

En la producción de celdas solares al silicio se le introducen átomos de impurezas (dopado) para crear una región tipo p y una región tipo n de modo de producir una unión p-n. El dopado se puede hacer por difusión a alta temperatura, donde las planchas se colocan en un horno con el dopante introducido en forma de vapor. Hay muchos otros métodos de dopar el silicio. En la fabricación de algunos dispositivos de lámina delgada la introducción de dopantes puede ocurrir durante la deposición de las láminas o de las capas.

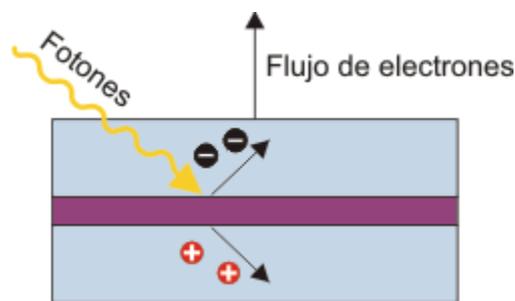
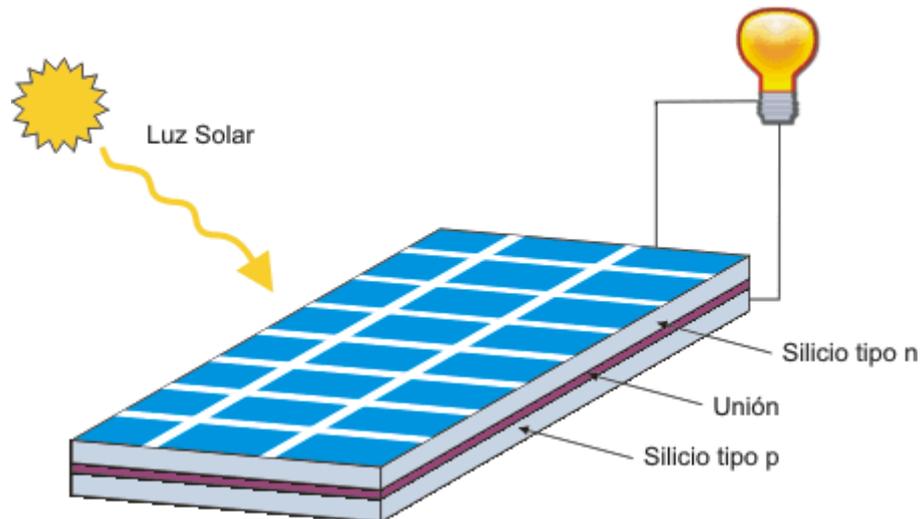
Un átomo del silicio tiene 4 electrones de valencia (aquellos más débilmente unidos), que enlazan a los átomos adyacentes. Substituyendo un átomo del silicio por un átomo que tenga 3 o 5 electrones de la valencia producirá un espacio sin un electrón (un agujero) o un electrón extra que pueda moverse más libremente que los otros, ésta es la base del doping. En el doping tipo p, la creación de agujeros, es alcanzada mediante la incorporación en el silicio de átomos con 3 electrones de valencia, generalmente se utiliza boro. En el dopaje de tipo n, la creación de electrones adicionales es alcanzada incorporando un átomo con 5 electrones de valencia, generalmente fósforo.



Una vez que se crea una unión p-n, se hacen los contactos eléctricos al frente y en la parte posterior de la célula evaporando o pintando con metal la plancha. La parte posterior de la plancha se puede cubrir totalmente por el metal, pero el frente de la misma tiene que tener solamente un patrón en forma de rejilla o de líneas finas de metal, de otra manera el metal bloquearía al sol del silicio y no habría ninguna respuesta a los fotones de la luz incidente.

### 1.5 ¿Cómo funcionan las celdas solares?

Para entender la operación de una célula fotovoltaica, necesitamos considerar la naturaleza del material y la naturaleza de la luz del sol. Las celdas solares están formadas por dos tipos de material, generalmente silicio tipo p y silicio tipo n. La luz de ciertas longitudes de onda puede ionizar los átomos en el silicio y el campo interno producido por la unión que separa algunas de las cargas positivas ("agujeros") de las cargas negativas (electrones) dentro del dispositivo fotovoltaico. Los agujeros se mueven hacia la capa positiva o capa de tipo p y los electrones hacia la negativa o capa tipo n. Aunque estas cargas opuestas se atraen mutuamente, la mayoría de ellas solamente se pueden recombinar pasando a través de un circuito externo fuera del material debido a la barrera de energía potencial interno. Por lo tanto si se hace un circuito se puede producir una corriente a partir de las celdas iluminadas, puesto que los electrones libres tienen que pasar a través del circuito para recombinarse con los agujeros positivos.



Efecto fotovoltaico en una célula solar

La cantidad de energía que entrega un dispositivo fotovoltaico esta determinado por:

- El tipo y el área del material
- La intensidad de la luz del sol
- La longitud de onda de la luz del sol

Por ejemplo, las celdas solares de silicio monocristalino actualmente no pueden convertir más el de 25% de la energía solar en electricidad, porque la radiación en la región infrarroja del espectro electromagnético no tiene suficiente energía como para separar las cargas positivas y negativas en el material.

Las celdas solares de silicio policristalino en la actualidad tienen una eficiencia de menos del 20% y las celdas amorfas de silicio tienen actualmente una eficiencia cerca del 10%, debido a pérdidas de energía internas más altas que las del silicio monocristalino.

Una típica célula fotovoltaica de silicio monocristalino de  $100 \text{ cm}^2$  producirá cerca de 1.5 vatios de energía a 0.5 voltios de Corriente Continua y 3 amperios bajo la luz del sol en pleno verano (el  $1000 \text{ Wm}^{-2}$ ). La energía de salida de la célula es casi directamente proporcional a la intensidad de la luz del sol. (Por ejemplo, si la intensidad de la luz del sol se divide por la mitad la energía de salida también será disminuida a la mitad).

Una característica importante de las celdas fotovoltaicas es que el voltaje de la célula no depende de su tamaño, y sigue siendo bastante constante con el cambio de la intensidad de luz. La corriente en un dispositivo, sin embargo, es casi directamente proporcional a la intensidad de la luz y al tamaño. Para comparar diversas celdas se las clasifica por densidad de corriente, o amperios por centímetro cuadrado del área de la célula.

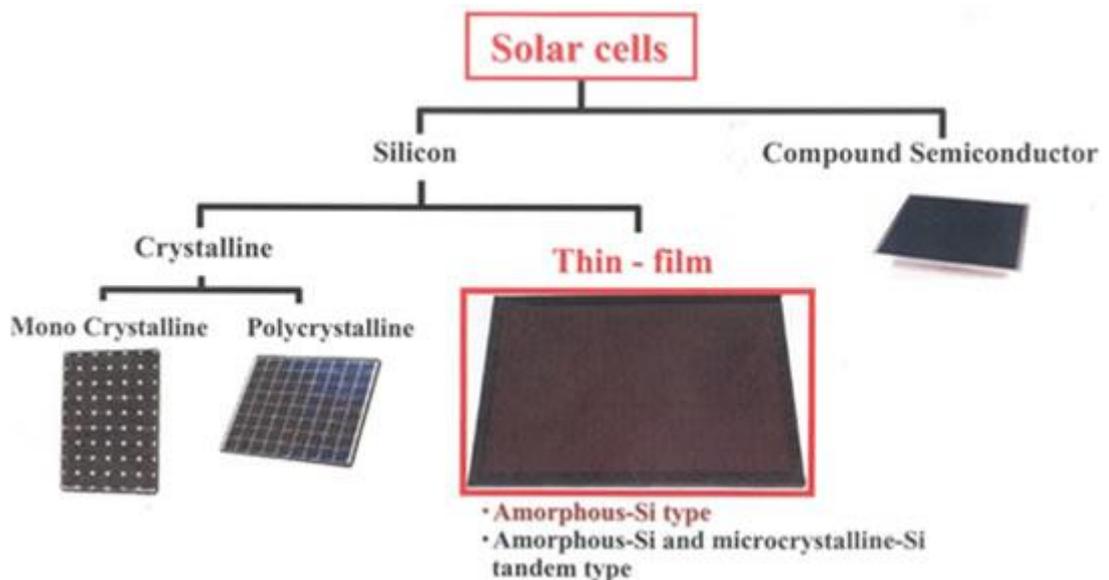
La potencia entregada por una célula solar se puede aumentar con bastante eficacia empleando un mecanismo de seguimiento para mantener el dispositivo fotovoltaico directamente frente al sol, o concentrando la luz del sol usando lentes o espejos. Sin embargo, hay límites a este proceso, debido a la complejidad de los mecanismos, y de la necesidad de refrescar las celdas. La corriente es relativamente estable a altas temperaturas, pero el voltaje se reduce, conduciendo a una caída de potencia a causa del aumento de la temperatura de la célula.

Otros tipos de materiales fotovoltaicos que tienen potencial comercial incluyen el diselenide de cobre e indio ( $\text{CuInSe}_2$ ) y telurio de cadmio ( $\text{CdTe}$ ) y silicio amorfo como materia prima.

## 1.5 Tipos de paneles.

Con respecto a las celdas de Silicio, que son las mas difundidas, se pueden distinguir tres tipos de paneles:

1. **Silicio Monocristalino**
2. **Silicio Policristalino**
3. **Silicio Amorfo**



Existen diversos materiales que presentan características similares al silicio desde el punto de vista fotovoltaico. Entre ellos podemos mencionar con distintos grados de rendimientos los siguientes materiales:

<b>Material</b>	<b>% De Rendimiento</b>
Ga As (Arseniuro de Galio)	12 a 24
As Cd (Sulfato de Cobre- Arsénico)	8.5
In P (Fosforo de Indio)	12.5
Cd Se (Seleniuro de Cadmio)	12
Cd Te ( Cadmio Telurio)	8.1 a 12
Silicio	9.9 a 15

Si bien los rendimientos de estas celdas en algunos casos es mayor que las de Silicios, no se han popularizado todavía por su alto costo o porque la tecnología de su fabricación porque todavía no esta desarrollada a nivel industrial.

### **Paneles Hechos de Silicio Monocristalinos.**

Las celdas de estos paneles se obtienen a partir de barras cilíndricas de Silicio Monocristalinos (Generadas a partir de un solo cristal) producidas en hornos especiales a partir de estas barras de Silicio de forma cristalina o cuadradas se obtiene por cortado, obleas delgadas de espesor (0.4 a' 0.5) aproximadamente.

Las celdas fabricadas a partir de este tipo de Silicio tienen **eficiencias de conversión de la luz solar en electricidad superior al 12%**.



### **Paneles de silicio Policristalino.**

Las celdas de silicio policristalino se producen a partir de bloques de silicio obtenido por fusión de trozos de silicio puro en moldes especiales.

El silicio se enfría lentamente solidificándose y tomando la forma del molde , en este proceso los átomos de su estructura, no se organizan en un único cristal como en el caso anterior.

Se forma así una estructura policristalino donde se observa superficies o bordes de separación entre los cristales.

Las celdas producidas por este método tienen eficiencias algo menores a las de Silicio monocristalino (aprox.10-11 %).



## **Paneles de Silicio Amorfo**

Las celdas de este tipo, se utiliza como método de fabricación, la deposición de capas muy delgadas de Silicio sobre superficie de de vidrio o metal.

La eficiencia de estas celdas varía entre 5% a un 7%.

El costo de las células fotovoltaicas depende de los tratamientos que requiere el material semiconductor de base, especialmente en producciones a gran escala, por lo que se presta gran interés al estudio y desarrollo de células más delgadas.

Se trata de capas delgadas de silicio amorfo caracterizadas por la alta concentración de defectos.

El silicio cristalino es una estructura reticulada típica de un cristal, mientras que la estructura amorfa es muy irregular, aumentando con ello la posibilidad de absorción de la luz debido a la mayor interacción de los fotones.

La estructura amorfa aumenta considerablemente la posibilidad de absorción de la luz y de salto de un electrón hasta la banda de conducción.

Se utiliza como método de elaboración, la deposición de capas muy delgadas de silicio, sobre superficie de vidrio o metal.

De esta manera pueden fabricarse en capas fina para semiconductores de 0.5 micrones frente a los 300 del silicio cristalino, por lo que tiende a reducirse costos.

Tienen algún inconveniente sin embargo, como por ejemplo, se han detectado en algunos casos degradaciones en periodos largos y por otra parte son de difícil reproductividad.



## 1.6 Aplicación de la electrotecnia.

Conceptos:

La electricidad es el flujo de partículas cargadas (Electrones) a través de materiales conductores por ejemplo el cobre, estas partículas ganan energía de una fuente, batería, generador fotovoltaico, etc.

Entregando trabajo eléctrico y luego retornan a la fuente para repetir el ciclo. La batería es la fuente de electricidad, o más precisamente la fuerza electromotriz (FEM), la magnitud de esta fem es la que conocemos como tensión o voltaje. Es decir que la tensión es la que empuja la electricidad a través del circuito. Los electrones se mueven por el conductor del extremo negativo al positivo. No es necesario suministrar electrones a un circuito electrónico, solo es necesario dar energía a través de la sustancia que forma parte, la corriente eléctrica en un conductor consiste en un flujo de electrones de valencia (electrones libres), algunos electrones de cada átomo están débilmente unido al resto de átomo y tienen libertad para moverse desde un

átomo hacia el siguiente. esta característica determina una propiedad en los metales como es la conductividad, a continuación se muestran ciertas propiedades de algunos metales mayormente utilizados en los circuitos eléctricos

Metal	Densidad	Punto de fusión	Conductividad eléctrica. (X10 <sup>6</sup> S/m) a 20 <sup>o</sup> C	Conductividad térmica	No. De electrones	Resistividad X10 <sup>-8</sup> Ω*m A 20 <sup>o</sup> C
Cobre (Cu)	8.93 kg/dm <sup>3</sup>	1082 C <sup>o</sup>	59.6 S/m	395 W/km	29	1.724
Aluminio (Al)	27 kg/dm <sup>3</sup>	660 C <sup>o</sup>	37.8 S/m	210 W/km	27	2.828
Oro (Au)	19.3 kg/dm <sup>3</sup>	1063 C <sup>o</sup>	45.5 S/m	300 W/km	79	2.440
Plata (Ag)	10.5 kg/dm <sup>3</sup>	960 C <sup>o</sup>	63.01 S/m	407 W/km	47	1.629

La **conductividad eléctrica** es la capacidad de un cuerpo de permitir el paso de la corriente eléctrica a través de sí. También es definida como la propiedad natural característica de cada cuerpo que representa la facilidad con la que los electrones (y huecos en el caso de los semiconductores) pueden pasar por él. Varía con la temperatura. Es una de las características más importantes de los materiales.

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

La **conductividad** es la inversa de la resistividad, por tanto, y su unidad es el **S/m** (siemens por metro).

## Tipos de conexiones

### Conexión en serie

Si los elementos del circuito se conectan en serie, significa que todo el flujo de electrones debe pasar por cada uno de los elementos del mismo. En una conexión en serie las tensiones se suman y el flujo de electrones es constante en cualquier punto del circuito.

Cuando se conectan módulos en serie la tensión resultante es la suma de las tensiones de cada uno de ellos, y la corriente resultante coincide con la

menor de las corrientes entregadas por los módulos (si fuesen diferentes): Si no sería la misma.

### **Conexión en paralelo**

Cuando se conectan los módulos en paralelo, la corriente resultante es la suma de las corrientes de cada uno de ellos y la tensión resultante coincide con la que cada módulo entrega.

Para poder utilizar un sistema fotovoltaico, es necesario comprender sus características eléctricas. La energía eléctrica o potencia total de un módulo fotovoltaico es igual al producto de la tensión y la corriente del sistema.

### **Potencia**

Se define como la energía entregada en la unidad de tiempo. Y se indica como:

$$P(\text{Watts}) = I(\text{Amperios}) * V(\text{Voltaje})$$

Donde:

**P** es la potencia medida en Watts. (W)

**V** es la tensión medida en Volts. (V)

**I** es la corriente medida en Amperes. (A)

### **Perdida de potencia:**

Los conductores eléctricos ofrecen una cierta resistencia al paso de la corriente de electrones y esto se traduce en una pérdida de potencia, la que debe ser tenida en cuenta al diseñar un sistema. Estas pérdidas de potencia se transforman en calor (efecto Joule). La resistencia de un conductor eléctrico (un cable de cobre por Ej.) es una propiedad que depende de las características intensivas del material del conductor y de su geometría. Dicho en otros términos, la resistencia de un conductor varía en relación directa de su resistividad y longitud y en relación inversa a su sección.

$$R = \rho * L/S$$

Y se cumple que:  $V = I * R$

Donde: **V**: es la tensión del sistema en Volts.

**I**: es la corriente que se conduce en Amperes.

**R:** es la resistencia del elemento conductor en Ohm.

**$\rho$ :** es la resistividad o resistencia específica ( $\Omega \cdot m$ ).

**L:** es la longitud del conductor en (m).

**S:** sección.

### **Corriente de corto circuito (ICC)**

Máxima corriente que puede entregar un dispositivo bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura correspondiente a la tensión nula y por consiguiente potencia nula.

### **Tensión de circuito abierto (VCA)**

Máxima tensión que puede entregar un dispositivo bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura correspondiente a circulación de corriente nula y consecuentemente potencia nula.

### **Potencia pico (PMP)**

Es el máximo de potencia que puede entregar el dispositivo. Correspondiente al punto de la curva en el cual el producto  $V \cdot I$  es el máximo.

### **Corriente a máxima potencia (IMP)**

Corriente que entrega el dispositivo, a potencia máxima bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura. Se le utiliza como corriente nominal del mismo.

### **Tensión a máxima potencia (VMP)**

Tensión que entrega el dispositivo a potencia máxima bajo condiciones determinadas de radiación y temperatura. Se la utiliza como tensión nominal del mismo.

## **1.7 Ventaja de la Energía Fotovoltaica.**

- Provee a red semafórica una fuente de energía inagotable que evitara el embotellamiento por cortes de energía comercial.
- Ahorro de tiempo de viaje.
- Fácil traslado e instalación muy sencilla, dado que esta compuesta por elementos modulares.
- La capacidad de los sistemas puede ser ampliado de forma sencilla, mediante el agregado de módulos a los paneles.
- No requiere mantenimiento durante su vida útil que se considera de aproximadamente de 20 años.
- No cuenta con partes móviles, de modo que no tienen prácticamente desgaste.
- No son contaminante del ambiente.
- Captan tanto la luz directa del sol como la difusa reflejada en las nubes.

## **1.8 Aplicación de la energía fotovoltaica.**

Las instalaciones fotovoltaicas en puntos de difícil acceso y alejados de la red de suministro público, resulta económicamente competitivos con los sistemas alternativos de generación diesel.

Así, se pueden mencionar algunas de las aplicaciones cuya utilización es común en la actualidad.

### **Señalamiento:**

Para señales de tráfico en carreteras, redes ferroviarias, nuestro proyecto se centrara en esta aplicación de la energía fotovoltaica ya que nuestro país existe una alta dependencia de los combustibles el cual esta sujeto a tener mas probabilidad de tener fallas en su generación y por ende a haber interrupciones en el suministro eléctrico en las intersecciones donde se necesitan los dispositivos de control de tránsito, como bien se sabe este sistema (FV) no tiene partes móviles lo que resulta en no incurrir en fallas de operación ni mecánicas.

#### **1.8.1 Electrificación rural:**

El desarrollo de las áreas rurales aisladas, esta estrechamente vinculada a la disponibilidad de la energía, con el fin de abastecer las necesidades del productor agrario. En este contexto, la electrificación rural tiene gran importancia, evitando la emigración hacia las grandes ciudades, tendientes a obtener condiciones de vida dignas, mejorando la comunicación y llevando educación, a un en los puntos mas remotos. En la actualidad organismos como el banco mundial y otros ONG están financiando proyectos en las áreas mas remotas del país para que se les provea de sistemas fotovoltaico, empresas como TECNOSOL Y SUNISOLAR por ser las pioneras en la comercialización de los sistemas fotovoltaicos son los que gozan de lucrativos contratos para el diseño e instalación de estos sistemas en estas áreas del campo.

#### **1.8.2 Bombeo de agua:**

Una de las aplicaciones de la energía fotovoltaica, lo constituye el bombeo de agua para el consumo y aplicaciones agrarias, compitiendo o eventualmente completándose en zonas alegadas o pocas ventosas, con la energía eólica. En estos sistemas no es

necesaria la acumulación de energía eléctrica en baterías en los casos de falta de captación solar, en efecto, la acumulación de energía para estos casos puede efectuarse directamente con el mismo fluido en tanques de almacenamiento de agua, por lo que el sistema se simplifica notablemente. Al eliminar el empleo de baterías se logra una instalación sencilla, sin mantenimiento, más económica y con mayor rendimiento global.

### **1.8.3 Electrificación de alambrado.**

A fin que el ganado pastoree en zonas perfectamente delimitadas, se cercan los lugares o áreas destinadas para este fin, mediante el uso de alambrado con energía eléctrica. Para ello prácticamente sin costo operativo y mantenimiento se fabrican equipos electrificadores alimentado con energía fotovoltaica, que reemplaza a los sistemas tradicionales de energía eléctrica alterna convencional. Son equipo que produce una corriente pulsante de alto voltaje en un cortísimo tiempo, repitiendo dicho pulso cada segundo.

Este pulso se envía por medio de un alambre aislado del suelo, de modo que al tocar el animal el mismo, cierra el corto circuito a través de su cuerpo a tierra, recibiendo una descarga que no es de ninguna manera peligrosa, pero si disuasiva, evitando que transponga el alambre.

El equipo del tipo compacto consiste en un panel fotovoltaico, que produce energía eléctrica que envía a una batería que la acumula, y la descarga a través del regulador de pulsos hacia el alambrado.

### **1.8.4 Comunicaciones**

**Telefonía rural:** Para la conexión de teléfonos rurales a la red de comunicación. Se emplea por que a menudo es imposible contar con energía eléctrica o con suministro confiable debido al aislamiento de los lugares.

**Repetidoras de radioenlace:** Para instalaciones en lugares altos y de difícil acceso. Garantizan un servicio permanente con un mantenimiento prácticamente nulo.

**Radio navegación:** Para emisión de señales radio-eléctricas en zonas aisladas. Son de poco consumo energético y se aporta facilidad de operación y la confiabilidad requerida para el transporte aéreo.

### **1.8.5 Protección catódica.**

Para conservar la estructura metálica como canalizaciones de gas, agua etc., que son deterioradas por la corrosión. Permite una protección eficaz con un costo de inversión y operación reducido.

### **1.8.6 Sistemas Híbridos.**

Se están desarrollando en el mundo muchos sistemas denominados híbridos, para el suministro de energía eléctrica no convencional, usando el sol y el viento como fuente de energía.

La instalación comprende un aerogenerador, módulos de células solares, baterías y un equipo electrónico para la regulación óptima del funcionamiento del sistema.

## **1.9 Análisis Económico.**

Los costos de mantenimiento se toman en cuenta al adquirir un equipo; a veces un bajo costo inicial puede resultar antieconómico si el costo de conservación es elevado. Una de las ventajas principales del sistema fotovoltaico para este proyecto es que no requiere de un mantenimiento durante su vida útil la que se considera alrededor de 20 años. Esto se justifica ya que no cuenta con partes móviles, de modo que no tiene prácticamente desgaste.

En general, todo el campo de la energía solar, requiere un estudio de factibilidad previo a encarar la ejecución de cualquier instalación. A tal fin, se suele hacer una simulación por computadora del sistema a fin de compararlo con los que utilizan los combustibles tradicionales, analizando los tiempos de amortización. En general la inversión inicial es algo mayor, pero la diferencia de costo de la energía utilizada, hace que la instalación se amortice con el tiempo.

La energía solar es conveniente cuando los tiempos de amortización son pequeños, debiendo analizarse los costos a valores constantes, considerando que la vida útil de los sistemas fotovoltaico es de alrededor de 20 años.

## **1.10 Conceptos y aplicaciones de la Ingeniería Económica.**

### **6.6.2 Método del Valor Presente Neto (VPN).**

El valor presente simplemente significa traer del futuro al presente cantidades monetarias a su valor equivalente. En términos formales de evaluación económica, cuando se trasladan cantidades del presente al futuro, se dice que se utiliza una tasa de interés, pero cuando se trasladan

Este método es uno de los criterios que más se utiliza en la selección y evaluación de proyectos de inversión. Consiste en determinar el valor en el tiempo cero de los flujos de efectivo que genera el proyecto y compararlo con la inversión inicial. Si este valor actual es mayor que el

desembolso inicial, entonces es recomendable que el proyecto sea ejecutado, es decir, siempre que el valor presente de un proyecto sea positivo la decisión será emprenderlo.

Para calcular el Valor Presente Neto se utiliza la siguiente expresión:

$$VPN = -S_0 + \sum_{t=1}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} \quad [6-9]$$

Donde:

*VPN*: Valor presente Neto.

*S<sub>0</sub>*: Inversión Inicial.

*S<sub>t</sub>*: Flujo de Utilidades Neta del Periodo t.

*n*: Número de Periodos de vida del Proyecto.

*i*: Tasa de Recuperación Mínima Atractiva.

*t*: Periodo de Análisis.

Se observa que con una iteración mensual, considerando un periodo de recuperación de la Inversión Inicial de siete meses y una tasa de interés de 4.79 % a 30 días, establecida por el Banco Central de Nicaragua, el valor presente neto es:

$$VPN = -45,567 + \left\{ \frac{8184}{(1+0.0479)^1} + \frac{8184}{(1+0.0479)^2} + \frac{8184}{(1+0.0479)^3} + \frac{8184}{(1+0.0479)^4} + \frac{8184}{(1+0.0479)^5} + \frac{8184}{(1+0.0479)^6} + \frac{8184}{(1+0.0479)^7} \right\}$$

$$VPN = -45,567.95 + 47718$$

$$VPN = 2150$$

Puesto que el VPN es positivo, se recomienda llevar a cabo el proyecto ya que el rendimiento que se espera obtener del mismo es mayor al rendimiento mínimo requerido por la empresa; a la tasa de interés establecida por el Banco Central de Nicaragua.

### 6.6.3 Método de la Tasa Interna de Rendimiento (TIR).

La TIR se define como aquella tasa de descuento que iguala el valor presente de los flujos en efectivo de ingresos con el valor presente de los flujos en efectivo de egresos, siendo esa tasa la que se busca, una vez que se satisface la condición de igualdad a la que se hace referencia. En términos económicos la tasa interna de rendimiento representa el porcentaje o la tasa de interés que se gana sobre el saldo no recuperado de una inversión, de tal modo que el saldo al final de la vida de la propuesta es cero.

El criterio que se sigue para aceptar o rechazar un proyecto, en base al resultado de este método de evaluación, es el de establecer una comparación entre la TIR y la tasa mínima o límite que se exigiría por la empresa, como puede ser la correspondiente a la tasa de interés, si se cumple que  $TIR > i$ , entonces el proyecto debe ser aceptado.

La tasa interna de rendimiento es aquella tasa de interés  $i$ , que satisface la siguiente ecuación:

$$-S_0 + \sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1+i)^t} = 0 \quad [6-$$

10

Donde:

$S_0$ : Inversión Inicial.

$S_t$ : Flujo de Utilidades Neta del Periodo  $t$ .

$n$ : Número de Periodos de vida del Proyecto.

$i$ : Tasa interna de Rendimiento.

$t$ : Periodo de Análisis.

Tomando siempre un periodo de recuperación de siete meses, se encuentra la tasa de interés que iguala los flujos de ingresos y egresos aplicando el método de tanteo y error:

Prueba 1:

Se realiza una iteración con una tasa mensual de 5 %, aplicando la formula 6-10:

$$-45567.95 + \left\{ \frac{8184}{(1+0.05)} + \frac{8184}{(1+0.05)^2} + \frac{8184}{(1+0.05)^3} + \frac{8184}{(1+0.05)^4} + \frac{8184}{(1+0.05)^5} + \frac{8184}{(1+0.05)^6} + \frac{8184}{(1+0.05)^7} \right\} = 0$$

$$-45,567.95 + \cancel{794} + 7423 + 7070 + 6733 + 6412 + 6107 + 5816 \cancel{7} \neq 0$$

$$47,355 = 45,567.95$$

Prueba 2:

Se realiza una iteración con una tasa mensual de 6 %; aplicando la formula 6-10:

$$-45567.95 + \left\{ \frac{8184}{(1+0.06)} + \frac{8184}{(1+0.06)^2} + \frac{8184}{(1+0.06)^3} + \frac{8184}{(1+0.06)^4} + \frac{8184}{(1+0.06)^5} + \frac{8184}{(1+0.06)^6} + \frac{8184}{(1+0.06)^7} \right\} = 0$$

$$-45,567.95 + \cancel{720} + 7284 + 6871 + 6482 + 6116 + 5769 + 5443 \cancel{7} \neq 0$$

$$45,686 = 45,567.95$$

Prueba 3:

Se realiza una iteración con una tasa mensual de 6.1 %; aplicando la formula 6-10:

$$-45567.95 + \left\{ \frac{8184}{(1+0.06)} + \frac{8184}{(1+0.061)^2} + \frac{8184}{(1+0.061)^3} + \frac{8184}{(1+0.061)^4} + \frac{8184}{(1+0.061)^5} + \frac{8184}{(1+0.061)^6} + \frac{8184}{(1+0.061)^7} \right\} = 0$$

$$-45,567.95 + 714 + 7270 + 6853 + 6458 + 6087 + 5738 + 5408 \approx 0$$

$$45,528 = 45,567.95$$

Según los cálculos la tasa de interés que más aproxima a la igualdad las utilidades mensuales y la inversión inicial equivale a 6.1 %, esta tasa de interés obtenida es mayor que la tasa de recuperación mínima atractiva (4.79 %), por tanto se recomienda que el proyecto sea ejecutado; pues se tendrá un tiempo de recuperación de siete meses.

## **Capítulo 2. Componentes principales de un Semáforo Solar electrónico, sus características y definición.**

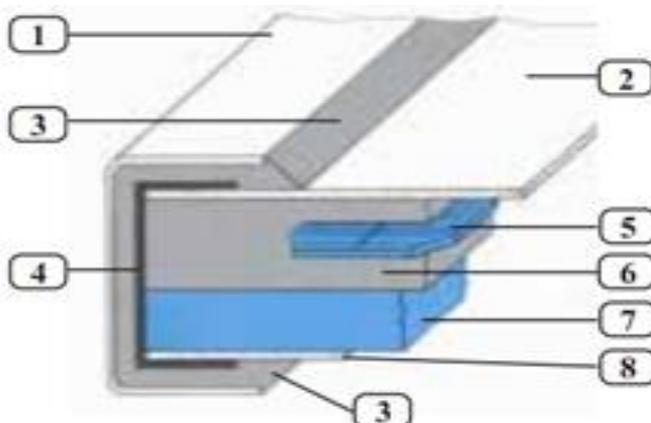
Los elementos de un sistema fotovoltaico son los distintos componentes que van a proveer la energía necesaria para energizar carga para nuestro proyecto el dispositivo de control de tránsito (Semáforo), Un sistema fotovoltaico puede energizar cargas que puedan ser de corriente directa (DC) tal es el caso de la de la etapa donde se carga la batería la cual

recibe los voltios nominales de corriente continua. Sin embargo, una buena parte de los aparatos electrónicos del sistema funcionan con corriente alterna (AC). Por esta razón se utiliza un inversor para energizar cargas de corriente alterna.

## 2.1 Panel Solar:

Los paneles solares están compuestos por celdas solares. Dado que una sola celda solar no produce energía suficiente para la mayor parte de aplicaciones, se les agrupa en paneles solares, de modo que, en conjunto, genera una mayor cantidad de electricidad.

Los paneles solares (también denominados módulos fotovoltaicos o FV) son fabricados en diversas formas y tamaños. Los más comunes son los de 50 Wp (Watt pico), que producen un máximo de 50 Watts de electricidad solar bajo condiciones de luz solar plena, y que están compuestos por celdas solares de silicio. Dichos paneles miden 0,5 m<sup>2</sup> aproximadamente. Sin embargo, usted puede escoger entre una amplia variedad de paneles más grandes y más pequeños disponibles en el mercado. Los paneles solares pueden conectarse con el fin de generar una mayor cantidad de electricidad solar (dos paneles de 50 Wp conectados equivalen a un panel de 100 Wp).



Nota: Dimensiones no están en escala

Figura 4.1- Montaje típico de un panel FV

El marco del panel (1) está hecho de aluminio anodizado, para evitar su oxidación. Su rigidez provee la presión necesaria para mantener juntas las partes que integran el “sandwich”. Los marcos tienen extensiones en ángulo recto, con perforaciones a lo largo del perímetro, las que facilitan su montaje a un sostén. La superficie colectora (2) tiene un vidrio templado o un plástico de alto impacto, con un alto valor de transmisividad para la luz incidente. Ambos materiales resisten severas granizadas y vientos portadores de arena o tierra. El uso del vidrio ofrece una acción auto-limpiante, ya que la suciedad tiende a adherirse menos a su superficie.

Un material esponjoso (3) cumple con una doble función: proteger los bordes del vidrio y proveer un cierre hermético para el panel a lo largo del perímetro de la estructura. Todos los materiales expuestos a la luz solar son resistentes a la acción deteriorante de los rayos ultra-violetas. La junta selladora (4), colocada a lo largo del perímetro, contribuye a evitar la presencia de agua (humedad) dentro del panel, evitando que las conexiones internas se oxiden (mayor resistencia óhmica) o causen la apertura del contacto al semiconductor.

Las células FVs (5) son cubiertas con un material encapsulante (6) de alta transparencia. Es común el uso del acetato de etil-vinilo (EVA, en inglés), el que se aplica en capas muy finas que, al hornearse, se polimerizan solidificando la estructura. La rigidez del panel se incrementa con el uso de un sostén rígido (7), plástico o metálico, al que se conoce como substracto.

La cara posterior del panel (8) tiene una superficie de sostén, que en algunos modelos es plástica (Tedlar®) y en otros metálica (aluminio). La versión metálica mejora la disipación del calor al exterior, un factor muy importante, como veremos al tratar la potencia de salida de un panel FV.

La vida útil de un panel trabajando como generador depende de la construcción del mismo y no de la vida útil de las células FVs, ya que no se conoce el límite de la vida útil de un semiconductor. Los paneles que usan láminas plásticas en la superficie colectora suelen perder hasta un 20% del

valor inicial de transmisividad después de muchos años de uso (aprox. 20), mientras que los que usan vidrio templado pierden sólo un 5%, ya que este material resiste mejor la acción deteriorante de los rayos ultra-violetas.

La alta calidad de los paneles ofrecidos a la venta se refleja en las amplias garantías ofrecidas por los fabricantes (limitadas a un uso correcto) las que se extienden entre 20 y 25 años de uso (ver las especificaciones al final de este capítulo).

## **2.2 Cable:**

### **Tamaño de alambre**

Cuando circula corriente a través de un conductor, se pierde tensión como resultado de la resistencia que ofrece el alambre de cobre. Es una consideración importante en todo sistema eléctrico, pero más en sistema de bajo voltaje (12V). La pérdida de dos voltios en un sistema de 240V no es significativa porque representa el 1% del voltaje perdido en la resistencia.

Pero perder los mismos dos voltios en un sistema de 12V representa una caída de tensión del 17% que es demasiado. La cantidad de tensión que se pierde según el tamaño del conductor esta en función del calibre (AWG) del mismo y su longitud.

Las secciones de los conductores deben ser tales que las caídas de tensión en ellos sean inferiores al 3% entre el generador fotovoltaico y el regulador de carga, inferiores al 1% entre la batería y el regulador de carga, e inferiores al 5% entre el regulador de carga y las cargas. Todos estos valores corresponden a la condición de máxima corriente.

Debe hacerse notar que las caídas de tensión reguladas por esta especificación son aquellas exclusivamente asociadas al cableado (cables y terminales). Deben ser interpretadas como adicionales a las caídas de tensión en el regulador de carga mencionadas anteriormente, en 2.1.4.

Para los cables de cobre (resistividad =  $0,01724 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  o  $1,7 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$  a  $20^\circ\text{C}$ ) y con tensiones nominales de 12 V, se puede emplear la siguiente fórmula:

$$S(\text{mm}^2) = 0,3 \times l(\text{m}) \times I(\text{A}) / \Delta V(\%)$$

Donde  $S$  es la sección mínima de los cables,  $l$  es la longitud de los cables,  $M$  la máxima corriente y  $\Delta V$  las pérdidas permitidas de voltaje.

La conversión de  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$  a  $\Omega \cdot \text{m}$  resulta de multiplicar la unidad inicial por  $1 \times 10^{-6}$ .

### 2.3 Diodo de Protección:

Los módulos fotovoltaicos pueden recibir potencias de las baterías. Esta entrega de potencia de las baterías a los módulos se les llama fuga. Esta fuga evidentemente produce pérdidas de potencia en las baterías. Para prevenir este fenómeno es necesario instalar un diodo que tiene la función de evitar el paso de la corriente de las baterías a los módulos. En este caso la mayor sofisticación el circuito de protección se encuentra en el controlador o algunos módulos ya lo traen incorporados.

Los diodos permiten que la corriente circule en un sólo sentido. Un Diodo al igual que un LED necesita estar correctamente polarizado. El cátodo se indica con una banda que rodea el cuerpo del componente.

Diodo Al igual que los LED's sus terminales son ánodo y cátodo (este último, identificado con una banda en uno de sus lados), a diferencia de los LED's éstos no emiten luz.



**Fusibles:** Sirven de protección contra sobrecargas.

CUADRO N° 2

Cálculo del amperaje del fusible de seguridad (I<sub>fs</sub>), tomado como si estuvieran simultáneamente encendidos todos los lentes Led.

Descripción del consumo	Cantidad	Intensidad (A)	Potencia teórica (w)
Lentes Pleno (Rojo)	6	0.6	72
Lentes Pleno (Amarillo)	6	1.1	132
Lentes Pleno (Verde)	5	0.54	65
Lentes Direccional (Verde)	2	0.13	16
CPU del Controlador de Transito (Consumo Interno)	1	0.29	35
<b>TOTALES</b>	<b>I<sub>cs</sub> =</b>	<b>2.66</b>	<b>320</b>

$$I_{fs} = I_{cs} \times F_s$$

$$I_{fs} = 2.66 \times 1.25 \text{ A}$$

$$I_{fs} = 3.3 \text{ A}$$

I<sub>fs</sub>: intensidad del fusible de seguridad (A)

I<sub>cs</sub>: intensidad de consumo simultáneo (A)

F<sub>s</sub>: factor de seguridad

Se recomienda el uso de un fusible de seguridad de 4 Amperios.

## 2.4 Controlador (Regulador de carga):

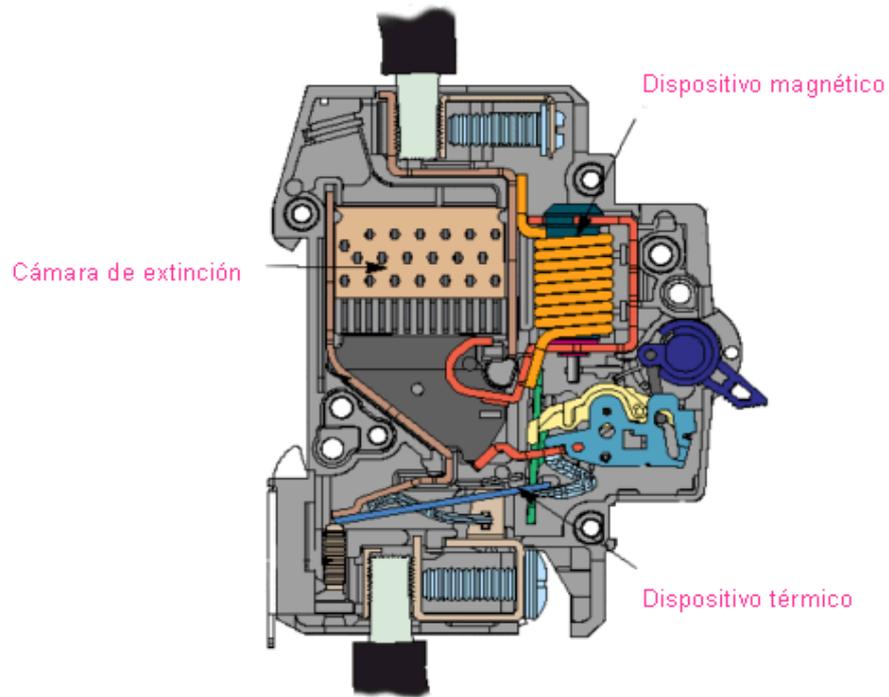
Es un subsistema electrónico cuyo diseño tiene la responsabilidad de proteger las baterías. El controlador evita que las baterías sean dañadas a causa de sobre descargas y descargas rápidas que reducen la vida útil de las baterías. Los controladores simples contienen un relé el cual abre el circuito cuando se alcanza el voltaje deseado en la batería y cierra el circuito cuando el nivel de voltaje de la batería a disminuido debido a su uso. De tal manera que cuando se cierra el circuito el modulo fotovoltaico producirá una corriente que vuelva a cargar la batería. Por otra parte controladores mas sofisticados contienen varias etapas y secuencias de carga para asegurar que la batería este completamente cargada.

El regulador (controlador) de carga solar debe estar dimensionado para la corriente máxima de cortocircuito y para la corriente máxima de trabajo. En algunas aplicaciones son también de suma importancia las características técnicas para la selección del regulador de carga solar. Esto puede significar que, en un sistema de menor potencia se usa un regulador de carga solar de gran potencia que tiene las funciones adicionales necesarias.

## **2.5 Magneto térmica:**

Es un aparato utilizado para la protección de los circuitos eléctricos, contra cortocircuitos y sobrecargas, en sustitución de los fusibles. Tienen la ventaja frente a los fusibles de que no hay que reponerlos. Cuando desconectan el circuito debido a una sobrecarga o un cortocircuito, se rearman de nuevo y siguen funcionando.

Su funcionamiento se basa en un elemento térmico, formado por una lámina bimetálica que se deforma al pasar por la misma una corriente durante cierto tiempo, para cuyas magnitudes está dimensionado (sobrecarga) y un elemento magnético, formado por una bobina cuyo núcleo atrae un elemento que abre el circuito al pasar por dicha bobina una corriente de valor definido (cortocircuito)



## 2.6 Batería:

La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación fotovoltaica es la de acumular energía que se producen durante las horas de luminosidad

para poder ser utilizada en la noche o durante periodos prolongados de mal tiempo.

Otra importante función de las baterías es la de proveer una intensidad de corriente superior a la que el dispositivo fotovoltaico puede entregar.

Tal es el caso de un motor, que en el momento del arranque puede demandar una corriente 4 a 6 veces su corriente nominal durante unos pocos segundos.

### **2.6.1 Interacción entre modulo fotovoltaico y batería.**

Nominalmente el banco de baterías y los módulos fotovoltaicos trabajan conjuntamente para alimentar las cargas.

La figura 5.5 muestra como se distribuye la entrega de energía a la carga a lo largo del día.

Durante la noche toda la energía demandada por la carga la provee el banco de baterías. En horas tempranas de la mañana los módulos comienzan a generar; pero si la corriente que entregan es menor que la carga exige la batería deberá contribuir en el aporte. A partir de una determinada hora de la mañana, la energía generada por los módulos fotovoltaicos superara la energía promedio demandada. Los módulos no solo atenderán la demanda sino que además, todo exceso se almacenara en la batería que empezará a cargarse y a recuperarse de su descarga de la noche anterior.

Finalmente durante la tarde, la corriente generada decrece y cualquier diferencia con la demanda, la entrega la batería. En la noche la generación es nula y todo consumo lo afronta la batería.

### **2.7 Inversor:**

Es utilizado para convertir la corriente directa (DC) almacenadas en baterías en corriente alterna (AC) para aparatos que trabajan a 120 V (AC). Las mayorías de las cargas consumen corriente alterna porque es mas fácil

transferir corriente alterna a través de la red de distribución eléctrica (Largas distancias) para convertir energía de modo convencional.

La capacidad de un inversor va conforme a la necesidad de transformación que se requiere. Estos son los watts de salida continuos

Que se necesitan para el funcionamiento de aparatos eléctricos, Watts proporcionados por las baterías.

El tipo de inversor se selecciona suponiendo que todos los aparatos eléctricos están encendidos a la misma vez.

Siendo esta la pieza clave de un sistema FV de CA, debemos familiarizarnos con sus especificaciones. ¿Cuales son los parámetros más importantes? Sin querer establecer un orden preciso de importancia, debemos considerar:

- La máxima potencia que puede manejar
- El margen de sobrecarga que puede tolerar
- La eficiencia de transformación
- La forma de onda salida
- El máximo de error de frecuencia

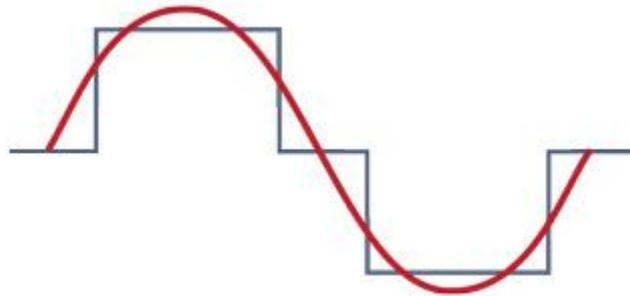
A estos parámetros se adicionan otros de carácter práctico, como:

- El montaje mecánico
- El rango tolerado para la temperatura ambiente de trabajo
- El máximo diámetro de cable que admiten los conectores de entrada (CC)
- El grado de protección automática que incorpora un determinado modelo.

Nota.

En contraste con los llamados inversores de ondas cuadradas o trapezoidales (curva cuadrada gris), los inversores sinusoidales de forman una onda sinusoidal real y exactamente regulada (curva sinusoidal roja) en su salida. Los inversores sinusoidales garantizan que todos los consumidores que también son aptos para operar con conexión a red, también se funcionen en un sistema de energía solar doméstico. Además, ofrecen la ventaja de que

en el inversor no se generen ruidos significativos y que, p. ej., en una radio conectada no se escuchen ruidos fuertes de fondo.



La utilización de un inversor no imposibilita el uso de aparatos a 12 V de corriente directa. Por lo tanto, una instalación fotovoltaica que disponga de un inversor puede proveer energía tanto a cargas de 12 V CC, como a cargas de 120V CA.

## **2.8 Carga (Dispositivo de control de transito) semáforo electrónico.**

### **2.8.1 Aspectos Generales**

#### **2.8.1.1 Definición**

Los semáforos son dispositivos para el control de transito mediante los cuales se regula y ordena el movimiento de vehículos y peatones en la calles y carreteras, a fin de que paren y procedan de forma alterna, por medio de las luces de color rojo, amarillo y verde, operadas por una unidad de control.

#### **2.8.1.2 Clasificación**

La siguiente clasificación se ha hecho con base en el mecanismo de operación de sus controles.

Según esto tenemos la siguiente división:

1. Semáforo para el control de transito de vehículos:

- a) Semáforos pre-fijados o pre-sincronizados o de tiempos predeterminados.
  - b) Semáforos accionado o activado por el tránsito.
  - c) Totalmente accionado.
  - d) Parcialmente accionado.
2. Semáforos para pasos peatonales:
- a) En zonas de alto volumen peatonal.
  - b) En zonas escolares.
3. Semáforos especiales.
- a) Semáforos de destello o intermitente.
  - b) Semáforos para regular el uso de carriles.
  - c) Semáforos para puentes levadizos.
  - d) Semáforos para maniobras de vehículos de emergencia.
  - e) Semáforos y barreras para indicar la aproximación de trenes.

### **Semáforos accionado por el tránsito**

#### Definición

Un semáforo accionado por el tránsito es un aparato cuyo funcionamiento varía de acuerdo con la demanda del tránsito que registren los detectores de vehículo o peatones, los cuales suministran la información a un control maestro.

En forma contraria a lo que ocurre con los semáforos de periodos establecidos, la duración de los ciclos y de los intervalos es variable, puesto que se están adaptando continuamente a la demanda del tránsito. En los semáforos de más de dos fases no es fijo ni siquiera el orden de las fases, pues puede ocurrir que en un momento determinado no hay demanda para una fase y, entonces se omite.

### **2.8.1.3 Elementos que componen un semáforo electrónico con tecnología LED:**

El semáforo consta de una serie de elementos físicos, como la cabeza, soportes, cara, lentes, visera y otros. Sus definiciones y características se enumeran a continuación.

**Cabeza:** Es la armadura que contiene las partes visible del semáforo. Cada cabeza contiene un número determinado de caras orientadas en diferentes direcciones.

**Soportes:** Son las estructuras que se usan para sujetar la cabeza del semáforo y tiene como función situar los elementos luminosos del semáforo en la posición donde el conductor y el peatón tengas la mejor visibilidad y puedan observar las indicaciones. Los soportes podrán estar situado a un lado de la vía (Postes o ménsulas cortas) o podrán localizarse en la vía (Ménsulas largas sujetas a postes laterales, cables de suspensión o postes y pedestales).

**Cara:** Es el conjunto de unidades ópticas (lentes, reflector, lámpara o bombillo y porte lámpara) que están orientadas en la misma dirección .En cada cara del semáforo existirán como mínimo dos, tres, o mas unidades ópticas para regular una o mas movimientos de circulación. En la siguiente foto se observa una de las caras del semáforo con cuatro secciones a este se le esta dando mantenimiento.



**Lente:** Es la parte de la unidad óptica que por refracción dirige la luz provenientes de los LED y su reflector en la dirección deseada.

### **LED.**

LED (Diodo Emisor de Luz), los hay rojos, verdes, azules, amarillos, también infrarrojos, láser y otros, Sus terminales son ánodo (terminal largo) y cátodo (terminal corto).

Una lámpara LED puede lograr ahorro de hasta 90% en consumo de energía al reemplazar un foco incandescente (100W).



Color (Plenos)	Voltaje (AC)	Potencia(W)	Intensidad(Cd)
Rojo	120V-60Hz	12	339
Ambar (Amarillo)	120V-60Hz	22	339
Verde	120V-60Hz	13	339
Verde (Direccional)	120V-60Hz	8	339

Estos lentes son fabricados en México y presentan en su placa característica la siguiente información:



El cuadro que tenemos abajo indica las magnitudes fotométricas, sus Unidades y símbolos correspondientes.

MAGNITUD	UNIDAD	SIMBOLO
INTENSIDAD (I)	CANDELA=Lumen / estereorradián	cd
FLUJO (F)	LUMEN= cd / estereorradián	lm
ILUMINACION (E)	LUX= lm/ m <sup>2</sup>	lx
LUMINANCIA (L)	NIT= cd/ m <sup>2</sup> ; APOSTILB = lm/ m <sup>2</sup>	nt; ASB

La eficiencia de una fuente luminosa es la relación entre el flujo emitido expresado en Lumen (cd) y la potencia eléctrica (P) absorbida expresada en vatios.

**Ventajas de los Semáforos con tecnología LED.**

- **Cuidan la ecología:** la energía ahorrada se traduce en menos generadores eléctricos trabajando y un mejor medio ambiente para todos.
- **Menor costo de mantenimiento:** Dada que la vida efectiva de las lámparas Led's es mayor, el cambio de unidades es menos frecuente.
- **Mayor seguridad operativa:** Dada la durabilidad de los led's es recomendable emplear solo una unidad roja para el "ALTO" en los semáforos y no dos como se hacen en los semáforos de luz incandescentes y de alógenos.
- **Elimina el efecto fantasma:** Ya que el diseño de las lámparas led's impide la creación de este efecto, por no requerir reflector.
- **Mejor Visibilidad:** La distribución de los led's cubre uniformemente el orificio del lente, mejorando la visibilidad del semáforo al mismo tiempo que da imagen de modernidad.
- **Mejor Seguridad Vial:** Dado que los semáforos de led's ofrecen mayor brillantes y luminosidad.
- **Focos a prueba de luz solar:** Los rayos ultravioletas no afectan la coloración de los focos.
- **Recuperación rápida de la inversión:** Dado los ahorros de energías, su bajo mantenimiento y durabilidad, la recuperación de la inversión en semáforos led's se dará en menos de la mitad de su vida útil.

#### **Además**

- Diseñado para reemplazo directo en secciones actuales.
- Cumplen con estándares mundiales.
- Resistentes al polvo y humedad.
- Montaje a prueba de agua.
- Esperanza de vida útil en 15 y 25 años.
- Estimado de fallas, menos al 3% después de 200000 horas de funcionamiento.
- Temperatura de operación, - 40°C + 74°C.
- Gran resistencia al impacto, evita el vandalismo.
- Perdidas menores al 1% de luz con la falla de un led's .

- Diámetro de lentes 30 Cms. resulta una mayor visibilidad.
- Mayor rango de resistencia a las vibraciones provocadas por el viento y el tráfico.

**Visera:** Es un elemento que se coloca encima o alrededor de cada una de las unidades ópticas, para evitar que, a determinadas horas, los rayos del sol incidan sobre estas y del la impresión de estar iluminadas, así como también para impedir que la señal emitida por el semáforo sea vista desde otros lugares distintos a aquel hacia el que esta orientada.

### **Contactores:**

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". A los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente, será bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

#### **2.5.1 Relé:**



El **relé** (o relevador) es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. en este ámbito se les llamaba "relevadores". De ahí el actual nombre "relé".

Los contactos de un relé pueden ser **Normalmente Abiertos**, **Normalmente Cerrados** o de conmutación.

- Los contactos **Normalmente Abiertos** conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Este tipo de contactos son ideales para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.
- Los contactos **Normalmente Cerrados** desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.
- Los contactos de **conmutación** controlan dos circuitos: un contacto **Normalmente Abierto** y uno **Normalmente Cerrado** con una terminal común.
- **Detector inductivo de vehículos**

Detecta la presencia de vehículos por su masa metálica a través de la medición de la inductancia de una espira detectora. La frecuencia y sensibilidad son seteados por el usuario mediante jumpers ubicados en el frente del equipo. El principio de funcionamiento del equipo consiste en la detección de una masa metálica por medio de la

medición de la inductancia de una espira detectora. La espira es parte de un circuito oscilador que genera un campo magnético. Al ser atravesado por el vehículo se produce un cambio en la frecuencia del oscilador. Esta variación es detectada por un circuito con microprocesador que determina, en base a la configuración del equipo, si debe producir o no la señal de salida.

## 2.12 Ubicación de los Semáforos:

Las caras de los semáforos se ubicaran en cada uno de los accesos regulados de la intersección de tal manera que sean visibles a los conductores que se aproximan a la intersección. Los tipos de montajes para las caras de los semáforos se enumeran a continuación:

Al lado de la vía de tránsito:

1. Postes
2. Brazos cortos adheridos a los postes.

Por encima y dentro de la vía de tránsito:

1. Brazos largos que se extienden de los postes dentro de la vía (tipo látigo).
2. Suspendidos mediante cables.
3. Postes o pedestales en islas.
4. En marcos.



De acuerdo con la foto podemos observar que según la ubicación de los semáforos esta comprendido por brazos cortos adheridos a los postes y por brazos largos que se extienden de los postes dentro de las vías.

### **2.13 Forma y Dimensión de los Lentes:**

Todos los lentes de los semáforos para control de los vehículos deberán ser de forma circular, con excepción a los utilizados para indicar el uso de carriles, los cuales serán cuadrados.

Existen dos diámetros nominales, de 20 y 30 cms, para nuestro proyecto es el de 30 cms.

### **2.14 Mantenimiento:**

Un mantenimiento adecuado es muy importante para el funcionamiento eficiente de los semáforos y para prolongar la vida útil de los mismos.

Además, la autoridad y respeto que los semáforos inspiran es debido únicamente a las indicaciones precisas y exactas. Semáforos con indicaciones imprecisas no pueden imponer el respeto necesario. Por lo tanto, su mantenimiento es de primerísima importancia desde este punto de vista.

Los costos de mantenimiento se toman en cuenta al adquirir el equipo; a veces, un bajo costo inicial puede resultar antieconómico si el costo de conservación es elevado.

Deben llevarse registros de mantenimiento detallados y analizarse a intervalos regulares para determinar las prácticas futuras a seguir en cuanto a la compra de equipos y al programa de mantenimiento y conservación. Los registros de trabajos de mantenimientos o conservación, bien llevados, son útiles desde varios puntos de vistas:

- Su análisis ayudara a determinar si el programa de trabajo de mantenimiento que se esta siguiendo es satisfactorio o no.
- El análisis de los costos sirve para determinar los equipos mas convenientes de adquirir en el futuro y para mejorar los procedimientos de conservación.
- Los registros de mantenimientos con frecuencia son de gran utilidad para las autoridades que intervienen en caso de accidentes. Los registros de mantenimiento contendrán los tiempos empleados y los costos de limpieza, lubricación, ajuste de los tiempos o pre-sincronización, reparaciones generales, reposiciones de lentes, pintura y trabajos diversos de cada uno de los semáforos y controles.
- Todo el equipo de los semáforos debe ser pintado por lo menos cada dos años como mínimo, (o con mayor frecuencia si ello fuera necesario) para evitar la corrosión y mantener la buena apariencia de los mismos. Los postes, ménsulas, cajas y conductos visibles deberán pintarse de color amarillo y repintarse cada dos años como mínimo, o con mayor frecuencia si es necesario.

- Las partes internas de las viseras que se usan alrededor de los lentes deberán pintarse en negro mate para reducir la reflexión de la luz hacia los lados del semáforo.

## **2.15 Condiciones para Justifican en Uso de Semáforos:**

Los semáforos no deben ser instalados al menos que se cumplan una o mas de las condiciones establecidas en esta sección. Además, el cumplir con una o dos condiciones no es por si mismo una justificación suficiente para usar un semáforo. Se debe realizar estudios de ingeniería y posteriormente comparar los resultados con los criterios aquí prescritos para justificar el uso de semáforo. El estudio debe indicar que la instalación de un semáforo debe mejorar tanto la seguridad como la operación de la intersección. Si estos requisitos no se cumplen, un semáforo no debe instalarse, o continuar operando (si ya se encontraba instalado).

La realización de estudios operativos, en los que se analice la seguridad vial y se determine la capacidad, demoras y niveles de servicios con bases a los métodos del Manual de Capacidad (HCM) Estadounidense, adaptado a las condiciones locales, es fundamental.

En general y de conformidad con el patrón mostrado en la Figura (X) , si un volumen es relativamente bajo, se debe utilizar control de ALTO para no introducir demoras innecesaria a los usuarios de la vía principal. Si el volumen de una intersección alcanza niveles moderados, con una rotonda se puede lograr mayor fluidez y evitar las demoras innecesarias que produce un semáforo, en particular, fuera de las horas pico. Cuando los volúmenes alcanzan niveles altos, es probable que un semáforo pueda proporcionar más capacidad que cualquier otro tipo de control, ya que normalmente el semáforo es superado solo por la capacidad obtenida mediante intercambios y pasos a desnivel.

Por otro lado, desde el punto de vista de seguridad vial, en las rotondas hay una mayor probabilidad de colisiones que en las intersecciones controladas por ALTOS o con semáforos. Sin embargo la mayoría de las colisiones en las rotondas son leves, mientras que la gravedad de los accidentes es mayor en las intersecciones con semáforo. La discusión anterior ilustra la necesidad de analizar de forma exhaustiva las condiciones de demandas y físicas de cada sitio antes de decidir sobre el uso de un sistema de semáforo, o cualquier otro tipo de control de tránsito.

### **2.16 Visibilidad e iluminación de los Lentes:**

Cada lente se iluminara independientemente. Esto es esencial para obtener uniformidad en la posición de los lentes, para darle satisfactoria brillantes y para proporcionar la flexibilidad necesaria en las indicaciones requeridas.

Cuando un lente de semáforo esta iluminado y su imagen no esta obstruida por un objeto físico, las indicaciones deberán distinguirse claramente desde una distancia de 800 metros en condiciones atmosféricas normales y tratándose de flechas direccionales estas deberán distinguirse desde una distancia mínima de 60 metros.

Cuando existan condiciones topográficas desfavorables, se dispondrá de señalamiento previo (Señal P-3-3) para indicar la proximidad del semáforo. En estos casos puede ser conveniente el empleo de una cara adicional en el mismo poste a una mayor altura.

### **2.18 Significado de las Indicaciones del Semáforo.**

Los lentes de los semáforos para el control vehicular deberán ser de color rojo, amarillo, y verde. Cuando se utilicen flechas, estas también serán rojas, amarillas y verdes sobre fondo negro.

Los lentes de las caras de los semáforos deberán preferiblemente formar una línea vertical, el rojo debe encontrarse en la parte alta, inmediatamente debajo debe encontrarse el amarillo y el verde de ultimo. Cuando se coloquen horizontalmente, el rojo debe encontrarse del lado izquierdo, seguidamente el

amarillo y a la derecha el verde. En nuestro proyecto ubicado en la intersección de los semáforos Róbelo. Existen seis caras en total cinco de ellas de tres secciones y una de cuatro secciones, también cinco están horizontalmente y una vertical. Como se puede observar la que está junto a la caja de control.



### **2.18.1 VERDE FIJO**

Los conductores de los vehículos, y el tránsito vehicular que observe esta luz podrá seguir de frente o girar a la derecha o a la izquierda, a menos que alguna señal (reflectorizada o preferentemente iluminada) prohíba dichos giros. Al aparecer la luz verde, los vehículos, incluyendo los que viren a la derecha o izquierda, deberán ceder el paso a los que reglamentariamente se encuentren atravesando el cruce.

### **2.18.2 AMARILLO FIJO**

1. Los vehículos que enfrenten esta señal, deberán detenerse antes de entrar al cruce, pues le advierte que el color rojo aparecerá a continuación. Si la luz amarilla los sorprendió tan próximo al cruce

que ya no pueden detenerse con suficiente seguridad, los vehículos deberán continuar con precaución.

2. Advierte a los peatones que no disponen de tiempo suficiente para cruzar la vía excepto cuando exista algún semáforo indicándole que pueden realizar el cruce.
3. Sirve para despejar el tránsito en una intersección y para evitar frenadas bruscas.

El intervalo normal de la indicación de amarillo es de 3 a 6 segundos como norma general para nuestro proyecto se toma el tiempo de 4 segundos que es el que se utiliza en Nicaragua. Algunas condiciones físicas especiales de la intersección tales como dimensiones, topografías (pendientes muy pronunciadas), altas velocidades de aproximación o tránsito intenso de vehículos pesados requieren un intervalo, o duración mayor que el normal para despejar la intersección. En tal caso, se empleara un intervalo normal de amarillo seguido de la luz roja en todas las direcciones durante otro intervalo adicional para desalojar totalmente la intersección.

En ningún caso se cambiara de luz verde o verde intermitente a luz roja o roja intermitente sin que antes aparezca el amarillo durante el intervalo necesario, para desalojar la intersección. Sin embargo, no se empleara de rojo a verde total o, de verde a verde intermitente.

### **Rojo Fijo**

1. Los conductores de los vehículos deben detenerse antes de la línea de paso peatonal y, si no existe, antes de la intersección y deben permanecer detenidos hasta que vean el verde correspondiente.
2. Ningún peatón frente a esta luz debe cruzar la vía, al menos que este seguro de no interferir con algún vehículo o que un semáforo peatonal indique pase.

### **Amarillo Intermitente**

Cuando se ilumine el lente amarillo con destellos intermitentes, los conductores de los vehículos realizarán el cruce con precaución el intermitente deberá emplearse en la vía que tenga preferencia.

Nota:

Es de destacar que dicha programación consta de un funcionamiento de intermitencia que se realiza a partir de las 23:00 hasta las 5:00 horas de lunes a domingo, este es la programación que tiene el controlador de plásticos Robelo.

### **Flechas Direccionales**

Las flechas direccionales deberán apuntar en el sentido de la circulación permitida. La flecha vertical , apuntando hacia arriba, indica circulación de frente, la horizontal indica maniobras de giro aproximadamente en ángulo recto, hacia la izquierda o hacia la derecha según la dirección que apunte la flecha, y la flecha oblicua a 45 grados apuntando hacia arriba indica giro a calles que forman un ángulo distinto al de 90 grados. Cuando la cara del semáforo contenga una o varias flechas direccionales con luz verde, al encenderse la o las flechas significa que los vehículos solo pueden tomar las direcciones así indicadas.

## **2.19 Poste de tubo cónico de acero de 7 metros.**

## **2.20 Caja de Baterías.**

## 2.21 Estructura del Panel y Montaje del mismo

### Estructura de soporte

- Las estructuras de soporte deben ser capaces de resistir, como mínimo, 10 años de exposición a la intemperie sin corrosión o fatiga apreciables.
- Las estructuras de soporte deben soportar vientos de 120 km/h, como mínimo. Se pueden utilizar muchos materiales para las estructuras de soporte, entre ellos acero inoxidable, aluminio, hierro galvanizado con una capa protectora de 30  $\mu\text{m}$ , madera tratada, etc.
- En el caso de módulos fotovoltaicos con marco, su fijación a los soportes sólo puede realizarse mediante elementos (tornillos, tuercas, arandelas, etc.) de acero inoxidable. Es importante mencionar que la alternativa de módulos fotovoltaicos sin marco unidos a la estructura de soporte con un producto adhesivo adecuado, aunque todavía poco utilizada en el mercado de los SHS, está teniendo un comportamiento satisfactorio en otras aplicaciones generales y puede también ser aceptada.
- El ángulo de inclinación debe optimizar la captación de energía solar durante el peor mes, es decir el mes con la peor relación entre los valores diarios de la irradiación y el consumo, ambos en media mensual. Generalmente puede suponerse que la demanda de los usuarios es constante, lo que lleva a la fórmula:

$$\text{Inclinación} = \text{Latitud} + 10^{\circ}$$

donde  $12^{\circ} 15'$  latitud norte es la latitud del lugar de instalación (Managua). Esta fórmula conduce a un ángulo mínimo de inclinación de  $10^{\circ}$ , el cual es suficiente para permitir el drenaje del agua de lluvia. Es útil señalar que pequeñas desviaciones acimutales ( $\pm 30^{\circ}$ ) y/o de inclinación ( $\pm 10^{\circ}$ ) tienen una influencia relativamente pequeña sobre la captación de radiación y, en consecuencia, sobre la producción del panel fotovoltaico.

La mayoría de los expertos consultados se oponen a los sistemas con seguimiento manual, porque significan riesgo de daño de los módulos y riesgo de perder energía, por falta o mal ajuste de la orientación. Sin embargo, ha sido usado en algunos lugares con resultados positivos, no sólo en términos de ganancia de energía sino también en términos de participación de los usuarios. Naturalmente, es necesaria una adecuada capacitación, y los dispositivos necesarios para permitir el movimiento y ajuste de los módulos también deben ajustarse a los requisitos especificados más arriba.

Portanto:

- Estructuras de soporte estáticas son generalmente preferibles a las de seguimiento.
- En caso de que se utilicen sistemas de seguimiento manual (2 a 3 posiciones por día moviéndose de este a oeste), todos sus componentes deberán satisfacer los requisitos especificados anteriormente para las estructuras de soporte.

### **Capítulo 3. Emplazamiento**

Para obtener el mayor rendimiento del panel fotovoltaico, es necesario que tenga una dirección que vaya siguiendo la trayectoria del sol.

Sin embargo, en la mayoría de las instalaciones simples, la ubicación del panel es fija, por lo que deben analizarse para establecer su emplazamiento, dos aspectos básicos:

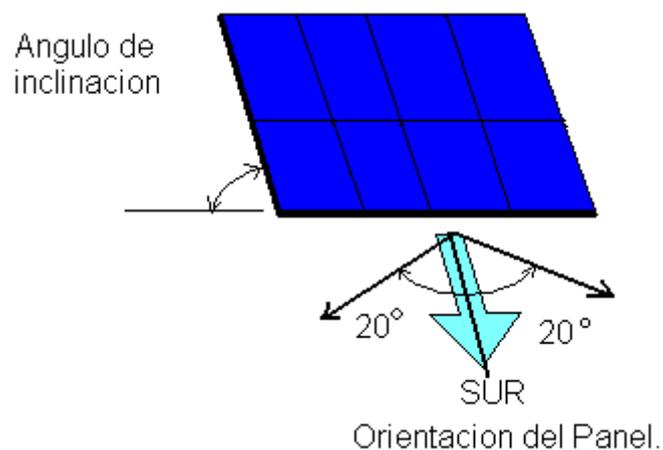
- Orientación
- Inclinación

### 3.1 Orientación:

La orientación óptima del panel en las zonas de nuestro país, ubicado en el hemisferio norte, es hacia el sur, dado que permite aprovechar el mayor número de horas de sol, independientemente de la estación del año y de los grados de latitud de emplazamiento.

En aquellos casos en que la colocación en esa dirección no es posible por condiciones constructivas, obstrucciones, sombra, etc., debe orientarse tratando de asegurar el mayor número posible de horas de sol.

Como norma práctica, debe buscarse no desviar la orientación sur más de 20 grados según se indica en la figura.



### 3.2 Inclinación:

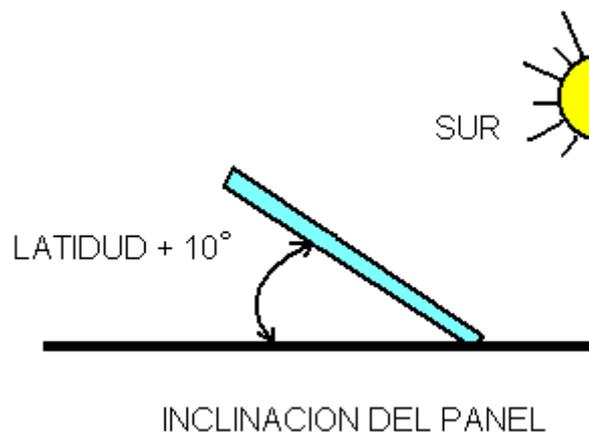
La inclinación del panel debe permitir la mayor captación de energía solar dependiendo del periodo de utilización durante el año y de la latitud del lugar de emplazamiento.

Se considera aceptable un ángulo de inclinación con respecto a la horizontal, igual a la latitud del lugar mas 10 grados, tal como se detalla en la figura.

Por ejemplo, para Managua, ubicada a 12 grados 15 minutos latitud norte, la inclinación óptima del panel seria de:

$$12^{\circ} + 10^{\circ} = 22^{\circ}$$

Es fundamental que en el estudio de emplazamiento, no existan aéreas sombreadas, ya sea por otros edificios, arboles, etc.



Como norma practica, puede determinarse la separación d los distintos elementos, de modo que se verifiquen los valores angulares indicados en la figura.

## Capítulo 4. Dimensionamiento del sistema.

Calculo de carga para dimensionar el sistema fotovoltaico que queremos que alimente de energía al controlador de tránsito.

Con la ayuda de la tabla 1, vemos que en Managua el promedio de horas de pleno sol mas bajo se dan en el mes de Noviembre y Diciembre (**4.7 de horas de pleno sol**). Escogemos siempre para nuestros cálculos el promedio mas bajo, para asegurar que nuestro sistema funcione adecuadamente en pobres condiciones de luz solar.

### 4.1.1

El controlador de tránsito de nuestro proyecto es un semáforo electrónico marca BONAL diseñado para tener un consumo máximo de 150W, tomando en consideración todas las funciones de este.

La intersección de plástico Robelo es el lugar donde se cuenta mayor número de lentes siendo 19 en total. Esta fue la razón por la que se eligió este controlador de tránsito para tener una muestra significativa del consumo de energía. Actualmente esta programado con un plan fijo para trabajar con tres fases y distribuido en cuatro periodos.

**ALCALDIA DE MANAGUA  
DIRECCION DE INFRAESTRUCTURA  
CENTRO DE CONTROL DE SEMÁFOROS  
PLANTEL BATAHOLA**

**FUNCIONAMIENTO DE LAS INTERSECCIONES  
CORREDOR CARRETERA NORTE**

**INTERSECCION PLASTICOS ROBELO  
FUNCIONAMIENTO DEL SEMÁFORO**

<b>Fase # 1</b>	<b>Programa 1</b>	<b>Programa 2</b>	<b>Programa 3</b>	<b>Programa 4</b>
<b>Este-Sur</b>				
Verde	40 Seg.	40 Seg.	40 Seg.	15 seg.
Amarillo	02 Seg.	02 Seg.	02 Seg.	02 seg.
<b>Fase # 3</b>				
<b>Norte-Sur</b>				
Verde	15 Seg.	15 Seg.	15 Seg.	10 Seg.
Amarillo	02 Seg.	02 Seg.	02 Seg.	02 Seg.
<b>Fase # 3</b>				
<b>Sur-Norte</b>				
Verde	15 Seg.	15 Seg.	15 Seg.	10 Seg.
Amarillo	02 Seg.	02 Seg.	02 Seg.	02 Seg.
<b>Fase # 1</b>				
<b>Este-Oeste</b>				
Verde	40 Seg.	40 Seg.	40 Seg.	15 seg.
Amarillo	02 Seg.	02 Seg.	02 Seg.	02 seg.
<b>Fase # 2</b>				
<b>Oeste-Este</b>				
Verde	50 Seg.	40 Seg.	50 Seg.	15 seg.
Amarillo	02 seg.	02 Seg.	02 seg.	02 seg.

**DISTRIBUCION DE HORARIO DE LAS FASES DE LUNES A DOMINGO**

<b>HORA</b>	<b>PROGRAMA</b>
<b>05:30 a.m a 12:00 m</b>	<b>1</b>
<b>12:00 m a 05:00 p.m</b>	<b>2</b>
<b>05:00 p.m a 10:30 p.m</b>	<b>3</b>
<b>10:30 p.m a 05:30 a.m</b>	<b>4</b>

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>	<b>Watts</b>	<b>Horas/día</b>	<b>Wh/día</b>
13	Rojo pleno/ Verde pleno/Verde direccional(12,13,8 )	dc	75.2042	24	1804.9
6	Amarillo pleno (22Watts)	dc	3.7584	24	90.2
1	Consumo interno del controlador.	ac	35	24	840
	<b>Total</b>				<b>2735.1</b>

### **Total o tamaño de la carga 2735.1WH/día**

Nota: Cada Lente viene con 120 led cuando son plenos con 30 cm de diámetro, los direccionales tienen 80 led cada uno contiene diodos rectificadores que convierten la energía alterna en energía continua.

4.1.2 Dividimos los watts-horas/día entre el promedio de horas de pleno sol, se determina el número de watts que necesitamos general por horas de pleno sol.

**Watts a generar por paneles solares= Total de la carga/(4.7 hrs/día)**  
(2735.1watts-hrs./ día)/(4.7hrs/ día)

**581.9 watts**

4.1.4 Para generar 581.9 watts necesitamos 6 paneles de 100 watts o bien 3 paneles de 200 watts. Esto nos da 600 watts mayor que el necesario (581.9) nos ofrece la seguridad de que generaremos la potencia necesaria aun en tiempos nublados.

4.1.3 La capacidad de almacenamiento de las baterías debe ser igual a tres o cuatro días de consumo de energía, se tomara tres días por estar Managua en el pacifico zona mas soleada del país.

En este caso se necesitaran **8205.3 Wh** (2735.1 watts-hrs/día \* 3 días) de almacenamiento total. Sin embargo la capacidad de la batería es medida en amperios horas (AH), así que debemos dividir el WH entre el voltaje del sistema para obtener la capacidad en Ah de las baterías. En el caso de este sistema pequeño que normalmente es de 12 VCD la capacidad de la batería es de **683.775 AH** (8205.3Wh/12VCD).

Se recomienda tres baterías de 245 AH.

## 4.2 Temperatura del aire donde será ubicado el semáforo solar.

La siguiente tabla muestra los valores promedios mensuales para clima e indicadores del tiempo en Managua, Temperatura en grado centígrados. Media, Máxima, Mínima. Así como el promedio de días de precipitación al mes.

Managua se encuentra a 15° 15' latitud Norte, 86° 16' longitud Oeste. Con un altitud sobre el nivel del mar de 50m.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Agu	Sep	Oct	Nov	Dic
Med	26.1	27.2	27.7	29.4	29.4	27.7	27.2	27.2	26.6	26.6	26.1	26.1
Max	31.6	32.7	33.8	35	34.4	32.7	32.2	32.7	31.6	31.1	31.1	31.6
Min	20	21.1	21.1	22.7	23.8	23.3	23.3	23.3	22.7	22.7	21.6	21.1
Prec.	2	1	1	1	3	10	9	9	10	11	5	2

Se tomara la temperatura media promedio anual que es 27 °C.

## 4.3 Pérdidas del sistema.

Ya que sabemos la carga para la cual necesitamos general Potencia,

El próximo paso es determinar el tamaño, capacidad de los otros componentes, Paneles solares, Conductores eléctricos, Controlador de carga, Baterías, Inversores.

Necesitamos tomar en cuenta la potencia a suministrar para la carga requerida. Pero cuando se produce electricidad y se transmite se generan perdidas, debido a la resistencia que ofrecen los conductores al paso de los electrones ya que no existe un conductor perfecto que evita esta perdida. La elección de los elementos que componen el sistema es fundamental, puesto que tanto el inversor como las baterías estas contienen perdidas que disminuyen la capacidad de generación del panel solar, además este también esta sujeto a factores climáticos que inciden en su eficiencia.

#### **4.3.1 Perdidas debido a la temperatura en la superficie del panel.**

En una radiación solar ideal, sin nubosidad, un panel de 100W producirá 100W de potencia. Esto no es Siempre, un panel solo producirá sus Watts nominales bajo circunstancias específicas:

- 1) Sol perfecto perpendicular a la superficie.
- 2) Temperatura a 25 °C en la superficie del panel.

Tomando en cuenta las horas de sol no perfecto PSH durante el día, se estima las horas en que si habrá radiación solar la cual es factor de la altitud y latitud de su ubicación, Es este valor de PSH que usamos para estimar cuantos watts hora producirá el panel. Según la tabla numero uno las PSH en el sitio de Plástico Róbelo ubicado en Managua es de 5.31 horas de promedio al año pero se toma el valor mas bajo 4.7 horas para asegurar que se generara la potencia necesaria para la carga.

#### **Tomando en cuenta la temperatura.**

Un panel produce sus watts nominales cuando la superficie del panel es 25 °C . Entonces tenemos que ajustar el dimensionamiento del sistema cuando la temperatura de la superficie del panel no es 25 °C.

Los paneles solares no trabajan tan bien cuando la temperatura ambiente es muy elevada. Trabajan mejor en un día frio con sol brillante, que en un día caliente con sol brillante. Los paneles solares funcionan al máximo con una temperatura de 25 °C; si la temperatura es mayor, no trabajara con una eficiencia del 100%.

Por cada grado de temperatura superior a los 25 °C, la potencia del panel es 0.5% menos.

La temperatura ambiente promedio anual es de 27 °C .

$\text{Temperatura del aire } ^\circ\text{C} + 15 ^\circ\text{C} = \text{Temperatura del Panel}$
--

$$27 ^\circ\text{C} + 15 ^\circ\text{C} = 42 ^\circ\text{C}.$$

42  $^\circ\text{C}$  = Temperatura del panel solar.

Temperatura del panel solar con eficiencia de 100% es 25  $^\circ\text{C}$  (esta es una constante para todos los paneles solares).

42  $^\circ\text{C}$  – 25  $^\circ\text{C}$  = 17  $^\circ\text{C}$  (esta es la cantidad de grados de temperatura sobre el optimo).

17  $^\circ\text{C}$  \* 0.5 % = 8.5%, así que la eficiencia del panel es de 91.5% a una temperatura ambiente de 27  $^\circ\text{C}$ .

#### **4.3.2 Perdida debido a la resistencia en el conductor.**

La elección adecuada del conductor en el diseño del sistema FV puede tener una eficiencia del 98%.

Entonces, necesitamos incluir un factor de pérdida debido al conductor. Si el tamaño elegido es el correcto este factor puede ser menor o igual al 3%. Si utilizamos un conductor demasiado delgado o largo, entonces este factor puede ser más del 10%. Que es demasiado grande para un sistema Fotovoltaico que trabaja a 12 voltios.

#### **4.3.3 Perdida en la batería.**

La mayoría de las baterías tienen una eficiencia del 85%. Esto significa que cuando la energía pasa por la batería 15% este se pierde.

##### **4.3.3.1 Tamaño de la batería.**

La batería almacena energía en AH (Amperios Horas). Si la eficiencia de esta es de 85% entonces los watts requeridos para cubrir la demanda diaria sería:  
(2735.1WH/día)/0.85= 3217.8 WH/día

Sin embargo este valor no considera dos factores importantes al momento de dimensionar la capacidad en las baterías estos son:

- 1) Días sin sol.
- 2) Profundidad de descargas en la batería.

Los días sin sol en la ciudad de Managua y gran parte del pacifico se estima en tres días, también es de considerar que las baterías no deben descargarse totalmente puesto que esto disminuiría su vida útil por lo que se recomienda una descarga que va del 50% y 60% en algunas.

$$(3217.8 \text{ WH/día}) * 3 \text{ días sin sol} = 9653.4 \text{ WH/día}$$

Evitar descargar la batería más del 50%.

Para alimentar la demanda de energía necesaria se requerirá el doble de Watts-Horas al día.

$$(9653.4 \text{ WH/día}) * 2(\text{Profundidad de descarga}) = 19306.8 \text{ WH/día}$$

Las baterías se venden en Amperios-Horas estas normalmente pueden ser de 6,12, 24 voltios. En nuestro proyecto tomaremos la de 12 voltios.

### **Watts-Horas = Amperios-Horas**

#### **Voltios**

Usando esta formula:

$$\frac{19306.8 \text{ WH}}{12 \text{ V}} = 1608.9 \text{ AH}$$

$$12 \text{ V}$$

En el mercado nacional se encuentra disponibles baterías de plomo-acido de ciclo profundo de 245 AH. Por tanto se hará la división de:

$$\frac{1608.9 \text{ AH}}{245 \text{ AH}} = 6.57 \approx 7 \text{ baterías conectadas en paralelo de 245 AH}$$

$$245 \text{ AH}$$

**Numero de baterías = 7 baterías conectadas en paralelo de 245 AH**

#### **4.3.4 Perdidas en el inversor.**

La eficiencia de los inversores anda promediando el 95%, por lo que el 5% de la anergia se pierde internamente en el inversor por lo que debemos hacer el diseño del sistema más grande para compensar estas pérdidas y no afectar los watts requerido por la carga. Existen inversores cuya eficiencia anda por los 95% y el 97%.

#### 4.3.4.1 Capacidad del inversor

Para la selección del inversor del proyecto se requiere el total del consumo del controlador más un margen del 25% dividido por la eficiencia del inversor.

Consumo máximo de los lentes Led: 79 watts.

Consumo interno del Controlador de tránsito: 35 Watts.

Por lo tanto se requerirá un inversor de  $(2735.1 * 1.25) / 0.95 = 3598.8$  Watts  
 $(114 * 1.25) / 0.95 = 150$  Watts

**3600 Watts o 3.6 KW.**

#### 4.5. Factor del panel.

Tomando en cuenta todas las pérdidas multiplicadas por las horas de perfecto sol PSH, se pueden encontrar el tamaño del arreglo en los paneles si es que se requiere más de uno. Teniendo este factor tomando como referencia un panel de 200 W. este se divide a la carga requerida por el controlador de tránsito.

$200W * 91.5\%(\text{pérdidas por temp.}) * 85\%(\text{pérdidas por baterías}) * 98\%(\text{pérdidas por conductor}) * 95\%(\text{pérdidas por inversor}) = 144.8W$

$144.8W * 4.7 \text{ PSH} = 681WH/\text{día}$

**681 WH/día produce un panel de 200W.**

El factor del panel de este proyecto es de 72.4% que es el porcentaje útil una vez hecho la multiplicación de todas las pérdidas por los watts nominales del panel solar (200W).

Entonces como habíamos calculado la carga requerida en nuestro proyecto **2735.1 WH/día** este valor se divide por el factor de panel calculado para saber cuantos Watts-Hora se necesita producir para cubrir la demanda de la carga (Controlador de tránsito electrónico).

$(2735.1WH/\text{día}) / 0.724 = 3777.8 WH/\text{día}$

#### 4.6 Número de paneles.

En un área de PSH de 4.7 los paneles requeridos para producir 3825.3 WH/día. Es:  $(3777.8 \text{ WH/día}) / (4.7 \text{ H/día}) = 803.8 \text{ W}$

**Compráramos por lo menos 4 paneles de 200W conectado en paralelo.**

Empresa sugerido del mercado ERA SOLAR

Marca KOMAES

Peak Power	Pmax	200 W
Maximum Power Current	Imp	10.43 A
Maximum Power Voltage	Vmp	19.18 V
Short Circuit Current	Isc	11.04 A
Open Circuit Voltage	Voc	22.47 V
Nominal Operating Cell Temp (Noct)		47°C
Aplication	DC	12 V
Weight		16.5 Kgs
Dimensions		1359x990x50 mm
Maximum System Voltage		750 V
Wind Resistance		2400 Pa
All technical date at standard test condition		
AM = 1.5	E = 1000 W/m <sup>2</sup>	Tc = 25 °C

#### 4.7 Capacidad del regulador.

Regulador:

- Numero de módulos en paralelo \*  $I_{sc}$  \* 1.25 = 4 \* 7.7 \* 1.25= 38.5 Amp

**Se recomienda un regulador de 40 Amp.**

## **Capitulo 5. Montaje**

Instalación del sistema fotovoltaico.

La instalación de un sistema puede convertir un buen diseño en una mala realización. Cuando se instalan sistemas FVs de varios KWh, la instalación debe ser manejada por profesionales con experiencia en la materia.

### **Normas básicas.**

Antes y durante la instalación, tenga presente que:

- Debe considerar la información técnica dada por el fabricante como su ayudante. Si no entiende algo en el folleto adjunto, pida explicaciones. Detalles relacionado con el conexionado, la instalación mecánica de un componente, o ajuste (si los hay) deben ser entendido antes de comenzar a instalarlo. Este simple paso puede evitar costos adicionales de reposición de la parte afectada.
- Si tiene un esquema eléctrico y otro mecánico de la instalación que va a llevar a cabo la tarea se le va a facilitar enormemente. Este “plan de trabajo” le permitirá preparar los cables que va a necesitar, y saber de antemano cuales necesitan ser ensamblado antes y cuales deberán ensamblarse en el momento de la instalación. El plan le servirá, así mismo, para determinar si tiene todos los componentes que necesita.
- Debe buscar el apoyo técnico que le brinda el fabricante (o representante).

Si puede establecer contacto con el fabricante o la casa matriz que lo representa en su país, muy posiblemente encontrara personal idóneo que sepa como ayudarlo con la elección o instalación de un componente. Recuerde que preguntar es un signo de inteligencia Asumir es lo contrario.

- Debe darle importancia a las normas de seguridad.

El sentido común, unido al conocimiento técnico, le permitirá instalar un sistema que no solo es seguro, pero fácil de mantener. Evite los accidentes de trabajo, Piense, las baterías que contienen acido sulfúrico, que el derrame de electrolito puede causarle heridas dolorosísimas, además de deteriorar la batería.

- No hay sistema, mecánico o eléctrico, que pueda trabajar a plena eficiencia sin tener mantenimiento adecuado.

Piense que usted va a mantener el sistema. Facilite su mantenimiento llevando acabo la mejor instalación posible.

## 5.1 Utilización de Herramienta.

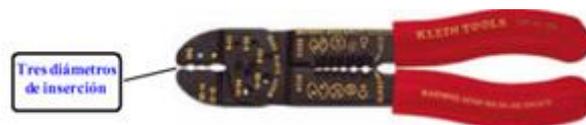
- 1) Herramienta de sujeción (Tornillo de banco, fijo y giratorio).

Usos:

Fija la pieza en que se trabaja.

- 2) Pinza compresora de usos múltiples.

Usos:



Pinza compresora

- Comprimir terminales según color (rojo, azul, amarillo).
  - Corta tornillos (SAE) entre el #4 y el #10.
  - Pela cable de distintos calibres de 0.75mm a 6mm.
- 3) Pinza de electricista (Alicate Universal).



Pinza de electricista

Los alicates cuando se trabajen deben estar aislados.

Usos:

- Corta alambre.
- Sirve para retorcer alambre.
- Sujetar pieza para taladrar, soldar, doblar.

4) Alicates corta alambre.

Usos:

Cortar alambres.

Para que los alicates se conserven y cumplan su función, conviene mantenerlos engrasados y limpios, y no usarlos como martillos.

- 5) Llave fija plana 8mm-14mm.
- 6) Llave de estrella 8mm- 14mm.
- 7) Llave inglesa de 8".
- 8) Llave Stilson
- 9) Tenaza ajustable.
- 10) Destornilladores de ranura, estrella (Phillips) y cabeza hexagonal.
- 11) Destornillador busca polo.
- 12) Cierra manual corta metal.

## 5.2 Elemento de sujeción.

## 5.3 Elementos afianzadores.

### Tornillos

Hay tres categorías; los usados para unir piezas de madera, los usados para unir chapas metálicas de bajo espesor, y los tornillos roscados, a veces llamados tornillos mecánicos.

### Tornillos para chapas

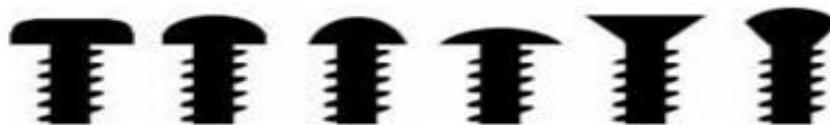
Los usados para unir chapas metálicas tienen una forma cónica para facilitar su penetración, y son conocidos como tornillos Parker. Necesitan un pre-agujereado previo a su instalación, con excepción del tipo auto roscante (self-tapping). Este tornillo (Tor1), tiene una extensión en punta, la que actúa como un punzón cuando se golpea el tornillo contra la chapa. Una pequeña parte en espiral actúa como macho de roscar, facilitando su penetración.



Los tornillos para sujetar chapas se venden en distintos grosores y con diferentes perfiles de cabeza. Cuatro tipos adicionales son ilustrados a continuación.



Los diferentes estilos de cabeza son comunes para *todo tipo de tornillo*.



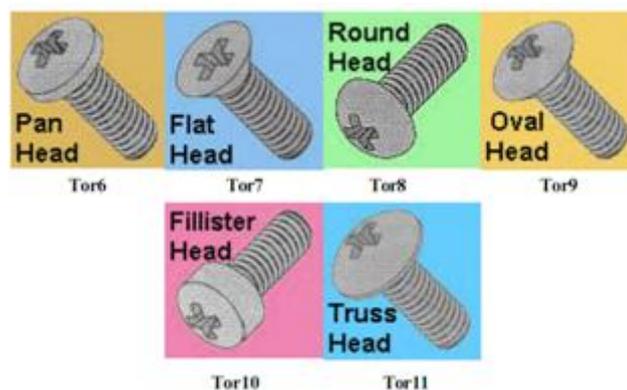
Cabezas de tornillos

La ilustración anterior muestra que tanto el lado externo como el de contacto varían, permitiendo que la cabeza proture más o menos respecto de la superficie de contacto. En particular uno de ellos tiene un corte cónico del lado de contacto y plano en el exterior. Al insertar en un agujero también cónico, se consigue que la cabeza no emerja de la superficie exterior del material a sujetar.

## Tornillos mecánicos

Los tornillos de este tipo tienen la rosca hecha sobre un cilindro de diámetro fijo y usan tuerca y arandela para su correcta sujeción. Estos tornillos se venden con diferentes diámetros y pasos de rosca. El paso de una rosca determina el avance longitudinal por vuelta de rotación.

Su valor corresponde al número de hilo por unidad de longitud. Existen tres clases: Paso fino, medio y grueso. En el sistema SAE (Sociedad de Ingeniero de Automóviles, en inglés) el paso representa el número de hilos por pulgadas. En el métrico, el número de hilos por mm, o fracción de milímetros.



Los Tor6,8,9,10, y 11 tienen una superficie de contacto plana, mientras que para el Tor7 es cónica.

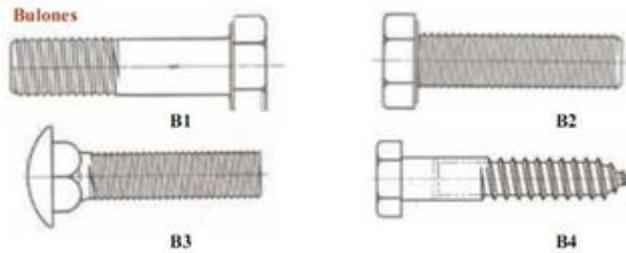
La cabeza de un tornillo tiene una depresión que sirve para que un destornillador (manual o eléctrico) permita rotarlo.

Hoy día la terminación en cruz (Phillips) es la más aceptada, ya que permite un más fácil atornillado y mayor torque de rotación sin que el destornillador escape de ella. Los tornillos de cabeza Phillips varían en dimensión. La más común es la número 2.



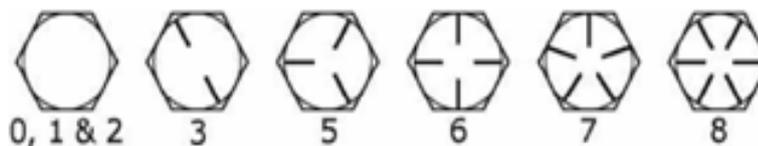
Cabeza Phillips

## Bulones



Las ilustraciones B1 a B4 muestran varios tipos de bulones. Los tres primeros tienen el cuerpo total o parcialmente roscado. El B3, es muy útil para partes metálicas y de maderas. El perfil de la cabeza, del lado de contacto, es cuadrado y de mayor ancho que la parte cilíndrica. Si se perfora un agujero pasante con un diámetro a penas superior al del cilindro roscado, la sección cuadrada se enterrara en la madera, permitiendo apretar la tuerca sin tener que retener la cabeza, en el caso de partes metálicas estas se perfora quedando el lado de contacto ajustado al cuadrado. El bulón B4 se utiliza para unir dos piezas de madera, sin necesidad que en su extremo proture del otro lado. Es conveniente un pre-perforado con un diámetro inferior al del bulón para evitar que la madera se raje.

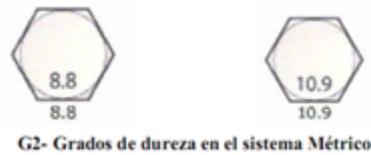
## Dureza (Resistencia a la tensión)



G1- Grados de dureza en el sistema SAE

La ilustración G1 muestra el código SAE con distintos grados de dureza (resistencia a la tensión) de un bulón, el número de línea indica el grado

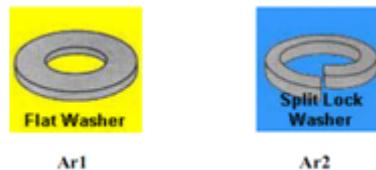
de dureza. Use la dureza grado SAE5, es resistente al corte logrando apretando sin cuidado.



El código de rigidez en el sistema métrico (G2) tiene dos marcaciones : 8.8, la que equivale a una dureza SAE5, y la 10.9, corresponde a una dureza SAE8.

### Arandelas

El fin de una arandela plana (Ar1), el tipo mas usado, es distribuir la presión ejercida por la cabeza de un tornillo o bulon sobre la superficie de contacto.

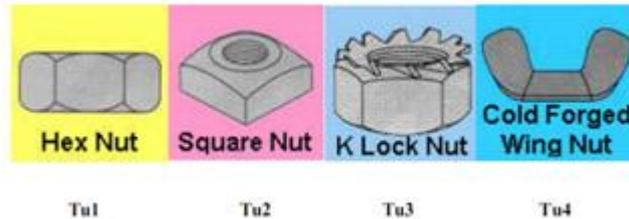


La Ar2 debe colocarse entre una plana (Ar1) y la tuerca de reten. Su forma en espiral, al deformarse, ejerce una retención mayor de la tuerca, evitando que esta se afloje fácilmente.



Las arandelas Ar3 y 4 sirven para mejorar no solo el agarre, también la conexión eléctrica. Use una arandela plana sobre una Ar3 o Ar4 para que resvale fácilmente la tuerca al rotarla. Las indentaduras se entierran en el cuerpo de cobre de un conector, asegurando un buen contacto.

### Tuercas



La hexagonal, Tu1, es la que se usa con la mayoría de los tornillos mecánicos, ya que las seis caras permiten avances mas precisos. Las cuadradas (Tu2) suele ser utilizada cuando se anclan maderas usando bulones de paso grueso. La Tu3 es un diseño que combina la Tu1 y la Ar2 juntas. Tu4 ofrece un fácil atornillado, sin necesidad de utilizar una herramienta, pero tienen limitación en cuanto al apriete que puede aplicarse. Es útil cuando se necesita una fácil remoción de la tuerca. Como antes utilice una arandela plana.

Las tuercas se venden con diámetros y pasos que permiten el correcto atornillado de la unidad.

### Elementos de sujeción para parte eléctrica

Si un tornillo mecánico va a ser insertado en una parte roscada, los de paso fino permiten un mayor ajuste. Cuando el tornillo se inserta en un agujero pasante, puede elegirse un paso mediano y completar la sujeción usando la combinación Ar2/Ar1 del lado de la tuerca. Si no hay posibilidad de vibración, puede elegirse un paso grueso.

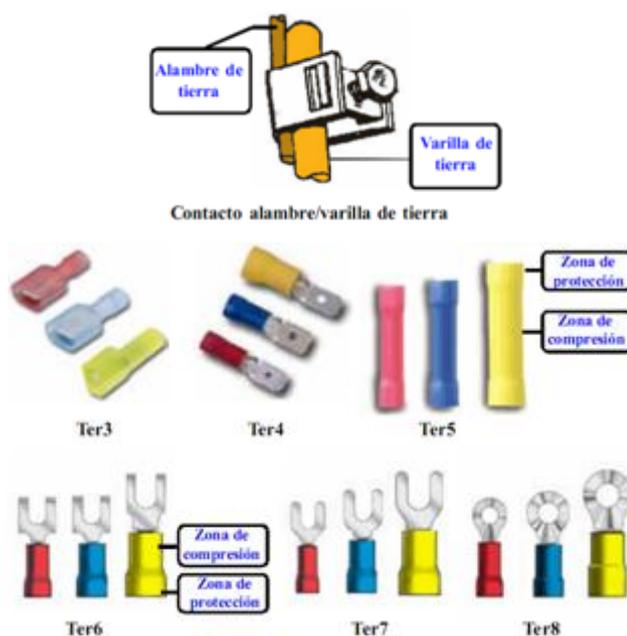
### Terminales

El tipo de materiales descritos puede conseguirse en : hierro galvanizado, acero, acero inoxidable, bronce, etc. El acero inoxidable se reconoce porque no es magnético.



Estos terminales se utilizan en conexiones a tierra. La diferencia entre ambos es el tamaño de la superficie de contacto y la robustez de su construcción. El uso del

tornillo evita que estos dos elementos deban ser soldados. La siguiente ilustración muestra como se efectúa el contacto entre el alambre y la varilla de tierra.



Los terminales Ter3 a 8 son usado con cables de diámetros relativamente bajo o muy bajo (AWG 10-22). Se venden con cobertura aislante o desnudos. Cuando los elija, compre el tipo que cubre el rango AWG para el cable que va a usar. Todos ellos están diseñados para ser comprimidos con una herramienta en forma de pinza, la que se ilustra a continuación.



Si el lector observa cuidadosamente los terminales Ter6 y Ter7 verá que el 6 tiene un doblez en ángulo recto al final de la parte plana, mientras que el 7 es plano. El doblez es muy útil cuando se quiere anclar el terminal a un bloque con tornillos, sin que se deslice. El terminal Ter8 es extremadamente seguro, ya que su forma evita el deslizamiento y, en

algunos casos, retiene el contacto aunque el tornillo de sujeción se haya aflojado.

El terminal Ter5 es muy útil cuando se quiere prolongar la longitud de un cable, o unir dos cables que son conectados a otro de salida. Estos conectores requieren ser comprimidos con la pinza ya ilustrada.

Los terminales Ter3 y 4 se utilizan para establecer una conexión removible entre cables, o de un cable a un contacto, como en el caso de los soportes de fusibles de baja corriente, los que tienen una terminación macho en cada extremo. El Ter3 es el terminal hembra; el 4 el terminal macho.



Ter9

El terminal Ter9 se vende para diferentes diámetros de cable y es común en cables de interconexión de baterías en sistemas solares. El cable es soldado a este tipo de terminal y terminado con un cilindro de material aislante que se ciñe al conductor cuando se lo calienta (shrinkable tubing, en inglés). La siguiente ilustración muestra varios cables de interconexión para baterías solares.



Cables de interconexión de baterías

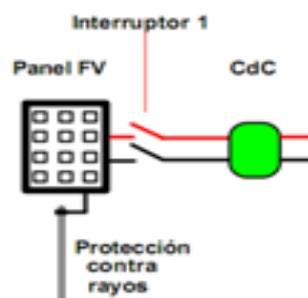
## **Sostenes para paneles**

Si Ud quiere utilizar los ángulos de acero galvanizados pre-perforados, y no vive cerca del mar (aire salino), puede usar tornillería de acero, sin necesidad de recurrir al acero inoxidable. En artículos recientes, los dueños de estos sostenes han indicado que no han tenido problema de corrosión galvánica.

## Paneles Solares

Los paneles FVs tienen el marco de aluminio con perforaciones, a fin de evitar problemas con la perforación de los mismos. Si utiliza un seguidor, elija el que tiene las perforaciones correctas para la marca y tamaño que ha elegido. La sujeción de los paneles al sostén se realiza usando tornillos con tuerca con la combinación Ar1/Ar2 para las arandelas.

## Proteccion



En el figura se muestra en el bloque generador una toma a tierra, la que debe ser conectada al marco metálico del panel FV. De haber más paneles, conecte los marcos metálicos entre sí utilizando alambre de tierra. El propósito de esta conexión es conducir cualquier carga eléctrica inducida en la superficie del panel a tierra, cuando se producen tormentas eléctricas. La misión de esta tierra no es actuar como pararrayo, sino

conseguir que las cargas inducidas sobre la superficie del panel FV se redistribuyan en una mayor superficie (tierra).

5.3 Transformador Soldador.

5.4 Tipo de electrodo.

5.5 Equipo de protección personal.

Capítulo 6. Sistema mecánico.

6.1 Cargas máximas que puede soportar la estructura panel.

6.2 Características Técnicas del Sistema Fotovoltaico.

Capítulo 7. Mantenimiento preventivo y correctivo.

7.1 Diagnóstico del sistema eléctrico y mecánico mediante inspección y prueba.

La mejor manera de justificar un plan de mantenimiento es recordar el refrán que dice: “mejor es prevenir que curar”. ¿Cuándo debe ser iniciado? Mi contestación es: desde el primer día de uso. Esto no significa que Ud. deba empezar a medir diariamente voltajes y corrientes. Nada de eso. La primera etapa es la de familiarización con el sistema.

Más adelante, cuando se alcanza las temperaturas extremas del primer verano o invierno, al menos durante un mes, es aconsejable tomar datos más específicos una vez por semana. Comparando estos valores con los de sucesivos veranos e inviernos, Ud. podrá apreciar cambios y, basados en ellos, observar con más detalle los componentes sospechosos.

Este capítulo describe los aparatos y metodología para generar un registro del sistema, su mejor herramienta de servicio y guía para un uso correcto de la energía a consumir.

## **Registro**

Asigne letras a las baterías si tiene más de una y números a las celdas de cada batería. Por ejemplo la más cercana al negativo puede ser la No 1. De esta manera la combinación C2 corresponderá a la celda 2 de la batería C. Un sistema análogo puede ser usado para los paneles. Esto le facilitará la entrada de los valores. Elija un título para los valores del registro, como "voltajes de baterías" y luego agregue fecha, hora del día, temperatura ambiente (aunque sea aproximada). Repita esta organización, de manera que las mediciones puedan compararse sabiendo que fueron tomadas en circunstancias similares.

## **Procedimiento**

La inspección visual, combinada con una acción manual, es una manera efectiva de llevar a cabo una tarea de mantenimiento. Conexiones flojas, cables afectados por la acción de los rayos UV, contactos de batería sulfatados, electrolito sobre la batería, nivel de agua bajo dentro de las celdas, panel FV dañado después de una granizada, nueva área sombreada (los árboles crecen), contactos oxidados, pueden ser detectados por este método.

Los otros procedimientos requieren el uso de un aparato de medición, como en el caso de los voltajes y amperajes, o la densidad del electrolito en una batería.

## **Paneles FVs**

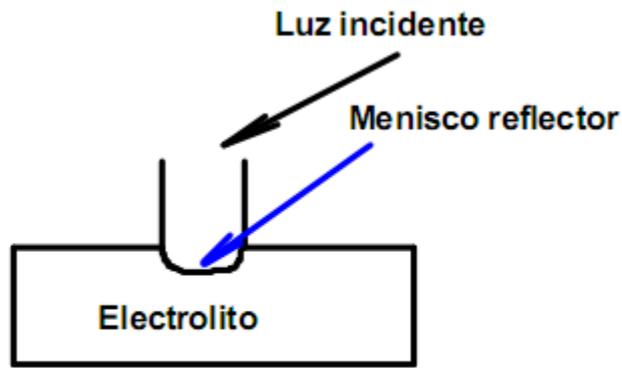
Como todos los semiconductores, no tienen estado intermedio; o funcionan o dejan de funcionar. Durante el pico del verano verifique el voltaje de salida cuando la temperatura ambiente alcanza su mayor valor. Haga esta medición sin desconectar la carga. El polvo, a no ser que sea excesivo, no tiene mayor influencia en el voltaje de salida. No eche agua fría sobre un panel caliente.

## **Baterías**

Cuando la inspección visual revele que los contactos de baterías están sulfatados, desconéctelos y, usando un cepillo con cerdas metálicas finas, limpie con cuidado la superficie de los bornes y la de los terminales afectados. Cuide de no respirar las partículas cepillando con movimientos que las expulsen lejos de Ud.

## **Nivel del electrolito**

La cavidad en donde se inserta el tapón de una celda de batería está diseñada para que se cree un menisco (superficie cóncava), el que actúa como un lente reflector de la luz incidente. La ilustración dada a continuación muestra como se forma el menisco reflector debido a la fuerza de capilaridad en los bordes de la cavidad. Su aparición es fácilmente detectada, e indica que no se debe agregar más agua destilada.

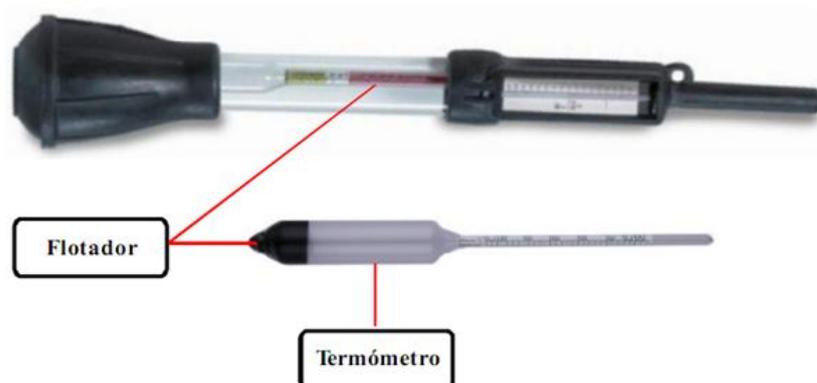


**Menisco reflector**

No exceda este nivel. Use únicamente agua destilada. Nunca agregue ácido o sustancias restauradoras.

### **Densidad del electrolito**

En el Capítulo 5 se explica porqué cambia el valor de la densidad del electrolito en una batería de Pb-ácido y cómo este valor está directamente relacionado con el porcentaje de carga de la batería. Para evaluar su valor se utiliza el densímetro (hydrometer, en inglés). La Figura 13.1 ilustra un densímetro que tiene incorporado, dentro del tubo de medida, un termómetro.



**Densímetro con termómetro y flotador interno**

Figura 13.1- Densímetro con termómetro y flotador interno

Este tipo de densímetro es el mejor, y consecuentemente, el más caro. Puede asimismo usar modelos menos refinados y estimar la temperatura del electrolito conociendo la temperatura del ambiente donde están las baterías. La Figura 13.3 muestra un modelo sin termómetro, usado para evaluar baterías para automotores. Hoy día se ofrece un modelo digital.



**Densímetro sin termómetro**

Figura 13.2- Densímetro sin termómetro

### **Observaciones**

- La densidad del electrolito sigue creciendo después que una batería ha sido desconectada de su circuito de carga, y sigue bajando después que se desconecta su carga.
- La medición de la densidad es afectada por la temperatura del electrolito, la que puede diferir de la ambiente si la batería ha permanecido activa (cargando o descargando).

### **Medición**

- Nunca agregue agua destilada antes de medir la densidad del electrolito.
- Antes de efectuar una medición de la densidad, mueva suavemente la batería para homogeneizar el electrolito. Este procedimiento puede formar parte de la rutina de la inspección manual, evitando la estratificación del electrolito. En baterías de auto no se necesita esta precaución porque no permanecen estáticas por largo tiempo.

- Haga descansar la batería durante una hora, de ser posible, para homogenizar la temperatura del electrolito.
- Antes de sumergir la punta flexible de goma dentro de la celda, oprima la perilla para que salga el aire. Esta precaución evitará que salte electrolito al oprimir la perilla. Llene el densímetro y vacíelo lentamente unas tres a cuatro veces para que el cuerpo del densímetro alcance la temperatura del electrolito. Esta precaución es más importante con climas fríos.
- Restituya el electrolito del densímetro a la celda de donde lo extrajo cuando termine con una medición. No mezcle electrolitos de diferentes celdas.

Los dos densímetros ilustrados trabajan basados en el desplazamiento de un indicador. En el de la Figura 13.1 el flotador tiene la escala de medición. Un balastro calibrado ubicado en su parte inferior, tiende a mantenerlo sumergido. Cuando la densidad es mayor que la del agua (1,000), el flotador sube dentro del tubo que contiene el electrolito. Para obtener una buena lectura incorpore suficiente líquido para no restringir la flotación de la escala y, usando un dedo, golpee suavemente las paredes exteriores para que no se “pegue” contra ellas. Evite que entre excesivo líquido forzando la parte superior del flotador dentro de la perilla.

Al observar la escala del flotador, lea la parte central evitando los extremos del menisco (Figura 13.3). Observe la temperatura del electrolito. La Tabla I da los valores de la densidad para una temperatura de 27°C. La Tabla II le permitirá corregir el valor medido si la temperatura del electrolito es mayor o menor que la de referencia.

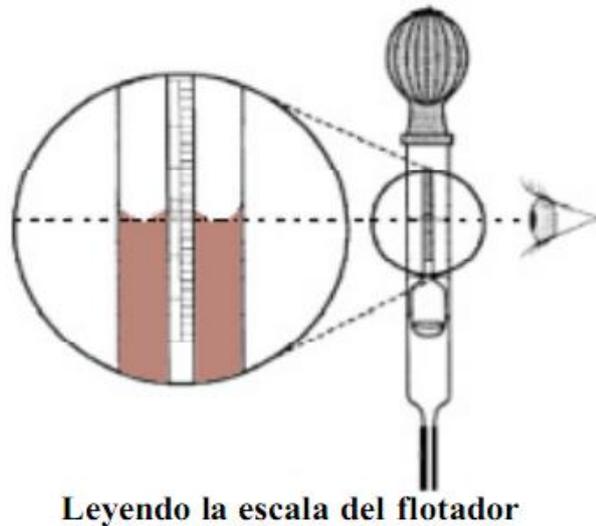


Figura 13.3- Leyendo la escala del flotador

El otro densímetro es de lectura directa, pero su graduación sólo es válida para una temperatura de 27°C.

Se venden unos densímetros con bolitas de colores flotantes. Su calidad es extremadamente pobre. Ud necesita uno que le dé un número para la densidad.

Para simplificar la medida con un densímetro sin termómetro, sólo recurra a la medida de temperatura cuando ésta es muy baja o muy alta.

Si no puede costear un termómetro, asuma que el electrolito está a la temperatura ambiente, la que en general está dada por la radio.

### **Densidad vs. estado de carga**

La Tabla I muestra esta relación para una temperatura del electrolito de 27°C. Para valores de voltajes de batería que son un múltiplo o submúltiplo de 12V, multiplique o divida el voltaje por el valor correspondiente (para un banco de 6V divida por 2; para uno de 24V multiplique por 2).

Tabla I

Porcentaje de Carga (%)	Densidad del Electrolito	Voltaje (V)
100	1,277	12,73
90	1,258	12,62
80	1,238	12,50
70*	1,217	12,37
60	1,195	12,24
50	1,172	12,10
40	1,148	11,96
30	1,124	11,81
20	1,098	11,66

\* Peligro de sulfatación

(Cortesía de Trojan Batteries)

### Corrección por temperatura

La Tabla II muestra esta correlación. Observe que la corrección tiene signos opuestos, dependiendo de la temperatura del electrolito. Los valores muestran que cada 11°C la densidad cambia 0008 unidades.

Tabla II

Temperatura	Corrección	Temperatura	Corrección
°C	Fracción decimal	°C	Fracción decimal
54	+ 0020	16	- 0008
49	+ 0016	10	- 0012
43	+ 0012	4,5	- 0016

38	+ 0008	-1,1	- 0020
32	+ 0004	-7	- 0024
21	- 0004	-12	- 0028

Referencia: 27°C Corrección: 0000

### **Batería defectuosa**

Cuando el valor de la densidad de una celda difiere 0050 con respecto a cualquiera de las restantes, la celda tiene problemas de sulfatación. Si tiene problemas con la alimentación de la carga, reemplace la batería tan pronto como pueda. Este es un ejemplo práctico de como el registro puede ayudarlo a determinar si se está desarrollando un problema.

### **Mediciones eléctricas**

Hay dos de ellas: la medición del voltaje y la del amperaje. El voltímetro y el amperímetro para CC o CA son los instrumentos que se utilizan en cada caso. Sin embargo lo más práctico es otro instrumento, llamado en inglés Multi-meter (medidor multi-función) que ofrece estas dos funciones moviendo una llave selectora. Ud. sólo debe seleccionar el parámetro a medir y el rango de la medición.

La versatilidad del multi-meter permite, asimismo, medir resistencias y, por ende, la continuidad eléctrica de un circuito. Si una sección está “abierta” la resistencia tiene un valor infinito. Si hay un cortocircuito, el valor de la resistencia es cero. Otra ventaja es su portabilidad. Existen hoy día dos modelos: el analógico y el digital, los que paso a describir a continuación.

### **Instrumento analógico**

La Figura 13.4 muestra un modelo analógico, del que se dan las especificaciones

#### **Especificaciones**

Mide valores de resistencia hasta 2MW

Consumo máximo de 200mA

Ganancia (hFE) en transistores: 0 a 1.000

Movimiento de aguja: sobre pivotes de diamante

Longitud de la escala: 3 1/2" (8.89cm)

Fuentes de poder: 2 baterías de 1,5V; 1 de 9V

Protección: Fusible cerámico de 250V

Temperatura de trabajo: Entre 0 y +40°C

Puntas de prueba: 1 roja; 1 negra

Puntas de prueba para transistores

Peso: 308gr

Prueba de batería interna

Manual de uso

Sensibilidad: 20K $\Omega$ /V

Precisión: +/- 3% del máx. de escala

CC

Escalas de Voltajes:

0.3V, 3V, 12V, 30V, 120V, 300V, 1.200V

Escalas de Amperajes (CC):

50mA, 3mA, 300mA, 12A

CA

Escalas de Voltajes:

12V, 120V, 300V, 1.200V

Resistencia

Escalas de resistencias:

R X 1, R X 10, R X 1.000, R X 10.000



**Figura 13.4- Multi-meter analógico (B&K Modelo 114B)**

## Capitulo 8. Conclusión y recomendación.

### 8.1 Conclusión

### 8.2 Recomendaciones.