



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN**

**“GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA A PARTIR DE PANELES SOLARES, PARA SU USO DOMÉSTICO EN ZONAS RURALES”**

**T E S I S**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO

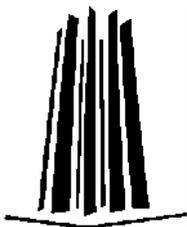
PRESENTA:

RICARDO CORNEJO ROSAS

ASESOR:

M. EN I. HUMBERTO MANCILLA ALONSO

NEZAHUALCOYÓTL, ESTADO DE MÉXICO 2015.





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## *Agradecimientos.*

*A la Facultad de Estudios Superiores Aragón por darme la oportunidad para completar mi formación profesional.*

*Al Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Oriente, por abrirme la puertas de la gloriosa Universidad Nacional Autónoma de México.*

*A mis padres, Cecilia Clara Rosas Saldaña y Ricardo Cornejo Valverde por haberme proporcionado la mejor educación, demostrándome su cariño, amor, confianza y apoyo durante toda la vida, así como inculcarme los valores de la honestidad, sinceridad y respeto, a nunca darme por vencido y luchar por mis sueños.*

*A mis hermanos, Raymundo Cornejo Rosas y Esteban Cristoff Cornejo Rosas por estar siempre ahí cuando los necesito, por todos esos momentos agradables a su lado y por apoyarme durante todo este tiempo.*

*A mi asesor y amigo, el M. en I. Humberto Mancilla Alonso, que gracias a su confianza, apoyo y enseñanza, he alcanzado esta meta.*

*A mis amigos de la generación de IMC 2010, Alejandro (QEPD), Luis Samuel, Rogelio, Samuel, que me han apoyado y brindado su amistad.*

*A mis amigos del Club de Mecatrónica por su apoyo, amistad y por aprender diferentes cosas de cada uno de sus integrantes.*

*A todos los que confiaron en mí.*

*Gracias.*

# ÍNDICE

## Capítulo 1

<b>Introducción.....</b>	<b>4</b>
1.1 Necesidad de implementación.....	5
1.2 Objetivo.....	6

## Capítulo 2

<b>Estado del Arte.....</b>	<b>7</b>
2.1 Energía Eólica.....	8
2.2 Legislación de energías renovables.....	11
2.3 Usuario.....	14

## Capítulo 3

<b>Diseño Conceptual.....</b>	<b>15</b>
3.1 Composiciones.....	17
3.2 Panel solar fotovoltaico.....	19
3.3 Controlador de carga.....	21
3.3.1 Controlador de carga PWM.....	21
3.3.2 Controlador de carga PPT.....	22
3.4 Batería de ciclo profundo.....	23
3.5 Inversor.....	25
3.6 Transformador amplificador.....	24

## Capítulo 4

<b>Diseño de detalle.....</b>	<b>31</b>
4.1 Dimensionamiento del sistema.....	32
4.2 Transformador amplificador.....	35

<b>Capítulo 5</b>	
<b>Manufactura.....</b>	<b>37</b>
5.1 Transformador.....	38
5.2 Base graduable para panel solar.....	42
5.3 Inversor.....	50
5.4 Pailería.....	55
<b>Capítulo 6</b>	
<b>Pruebas y Validación.....</b>	<b>59</b>
<b>Capítulo 7</b>	
<b>Conclusiones.....</b>	<b>66</b>
7.1 ¿Por qué comprar este sistema?.....	68
<b>Bibliografía.....</b>	<b>69</b>
<b>Anexo.....</b>	<b>70</b>

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

*“EL OBJETO DE LA EDUCACIÓN ES FORMAR SERES APTOS PARA GOBERNARSE A SÍ MISMOS, Y NO PARA SER GOBERNADOS POR LOS DEMÁS.”*

*-HERBERT SPENCER-*

En este trabajo se presenta el desarrollo de un sistema solar fotovoltaico para zonas geográficamente aisladas en México, en las cuales el servicio de energía eléctrica es inexistente ya que el acceso a estas zonas es complicado, lo que eleva los costos de implementación o bien la infraestructura es deficiente.

Se describe el principio de funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico y los cálculos necesarios para dimensionar el equipo, de acuerdo al consumo de energía que demanda el usuario.

Se da a conocer los dispositivos que componen un equipo solar fotovoltaico, los tipos de paneles que existen, controladores de carga, inversores y baterías, y se explica el funcionamiento de cada uno de sus componentes, especialmente el del inversor, que fue de manufactura propia, dicho inversor lleva un transformador amplificador de características específicas el cual fue calculado y ensamblado.

Existe además, un apartado donde se describe el tipo de configuración o tipos de instalación del mismo, para esto se diseñó y manufacturó una base para el panel solar, la cual permite diferentes grados de inclinación y se anexan las pruebas realizadas para validar dicho sistema.

## **1.1 Necesidad de implementación**

Actualmente la energía eléctrica se hace presente en todas las actividades del ser humano y su disponibilidad es imprescindible para el desarrollo de comunidades rurales en el territorio mexicano, ya que la energía eléctrica provee servicios que hoy en día son esenciales para el desarrollo humano, social y económico, ya sea en la iluminación, calefacción, refrigeración, alimentación, transporte, etc. Todos estos servicios hoy en día son necesarios para tener acceso a la educación, salud, comunicación, transporte, generación de empleo y productividad. La energía eléctrica es un servicio primordial para erradicar la pobreza, ya que es una de las condiciones necesarias para avanzar en el desarrollo; en la actualidad, según las estadísticas, hay cerca de 1,600 millones de personas en todo el mundo que no cuentan con un servicio eléctrico y curiosamente el 80% de estas personas, residen en zonas rurales, muchas de estas se ubican en territorios de difícil acceso o por razones económicas, se hace muy difícil su conexión a las redes de distribución, por ello, han quedado excluidas del proceso de electrificación convencional. Debido a esto es necesario proveer de un suministro alternativo de energía eléctrica a comunidades en estas condiciones.

## **I.2 Objetivo**

Desarrollar un sistema solar fotovoltaico de bajo costo que sea adecuado a las necesidades de consumo del usuario de comunidades de zonas rurales aisladas en México.

**Problema:** Debido a que muchas comunidades rurales en México se ubican en zonas aisladas y de difícil acceso, la mayoría de ellas no cuentan con un suministro de energía eléctrica.

### **Consecuencias del problema**

Comunidades rurales y de escasos recursos no progresan, lo que no permite generar un nivel de vida adecuado, propiciando la migración.

### **Posibles causas del problema**

La falta de infraestructura y la localización geográfica de estas zonas.

# CAPÍTULO 2

## ESTADO DEL ARTE

*“A PARTIR DE CIERTO PUNTO EN ADELANTE NO HAY REGRESO.  
ES EL PUNTO QUE HAY QUE ALCANZAR.”* -FRANZ KAFKA-

A parte de la energía Solar, existen diversas formas de energías alternas renovables, las cuales podrían ser aplicadas en zonas rurales, algunas de ellas son: la energía eólica, la energía hidroeléctrica, la biomasa, la geotérmica, la oceánica, entre otras, las cuales se utilizan en México, unas a mayor escala que otras.

De entre todas esas energías, la energía eólica y la energía solar son las que se pueden aprovechar en pequeños sistemas, compuestos de diversos dispositivos, para la obtención de energía eléctrica en viviendas rurales.

## **2.1 Energía eólica**

La obtención de electricidad por medio de centrales eólicas es otra alternativa para obtener energía eléctrica en zonas rurales. Esta evita daños ambientales y al compararla con otras formas de producción de energía, resulta la más cercana a la sustentabilidad, ya que las plantas eolo-eléctricas no necesitan de algún combustible para que puedan operar, tampoco emiten contaminantes al aire, ni provocan efecto invernadero o consumen algún recurso natural.

### **Funcionamiento de las turbinas eólicas**

El viento se genera mediante un calentamiento irregular de la superficie de la tierra por parte del sol. Lo que realiza la turbina eólica es convertir la energía cinética del viento en energía mecánica, la cual acciona un generador produciendo así energía eléctrica. En la actualidad las turbinas eólicas son fuentes muy volubles de electricidad, debido a que el diseño de sus palas es un diseño aerodinámico el cual les permite capturar la mayor cantidad de energía proveniente del viento, pues éste las hace rotar, accionando una flecha acoplada al generador, obteniendo así electricidad de manera limpia.

La generación de energía eléctrica en México por medio de la energía del viento, representa actualmente alrededor del 2% de la producción total, según diversas investigaciones en energías renovables, este recurso tiene un potencial de generación eléctrica de entre 3000 y 5000 MW, la cual representa el 14% de la capacidad total de generación eléctrica instalada actualmente en México.

Las zonas donde existe el mayor potencial para el uso de esta tecnología son: en el istmo de Tehuantepec, en Oaxaca, así como en Baja California Sur, Coahuila, Hidalgo, Quintana Roo y Zacatecas.



*Figura 2.1 La Venta, Oaxaca.*

A pesar de que existe en México un gran potencial para la energía eólica, este aún carece de infraestructura. Existen equipos de menor tamaño para la producción de energía eléctrica mediante aerogeneradores, pero solo funcionarían si:

- Donde se pretende instalar existe suficiente viento.
- En la región se permite la instalación de torres altas.
- Cuenta con suficiente espacio.
- Puede determinar cuánta energía necesita.
- Es económicamente viable.

El costo de los equipos aún suele ser elevado, por encima de los equipos fotovoltaicos.



*Figura 2.2 Aerogenerador instalado en zonas rurales, generación 1KW.*

**Empresas dedicadas a la generación de energía eléctrica a partir del viento en México.**

Las siguientes empresas se dedican a ofrecer aerogeneradores de diversas capacidades de generación eléctrica, así como kits para uso doméstico, de acuerdo a las necesidades del cliente.

Enalmex, Aerosolarméxico, LBA industrial, Conermex, Iluméxico.

Las cuales se ubican en distintas regiones de México, con diferentes sucursales distribuidas a lo largo del país.

## **2.2 Legislación de energías renovables**

### **Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento en la transición energética.**

Esta ley tiene por objeto regular el aprovechamiento de fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias para generar electricidad con fines distintos a la prestación del servicio público de energía eléctrica, así como de establecer la estrategia nacional y los instrumentos para el financiamiento de la transacción energética.

El aprovechamiento de las fuentes de energía renovable y el uso de tecnologías limpias es de utilidad pública y se realizará en el marco de la estrategia nacional para la transición energética, mediante el cual el estado mexicano promoverá la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de los hidrocarburos como fuente primaria de energía.

Esta ley establece criterios específicos de la utilización de diferentes fuentes de energías renovables, así como la promoción para la investigación y desarrollo de tecnologías limpias para su aprovechamiento.

Para nuestros efectos de esta ley se entenderá como:

- Una comisión reguladora de energía.
- Fuentes de energías renovables, las cuales estarán reguladas por esta ley, cuya procedencia reside en fenómenos naturales, procesos o materiales transformados en energía aprovechable por la humanidad, que se generan naturalmente, y se encuentran disponibles de forma continua o periódica:
  1. El viento;
  2. La radiación solar;
  3. El movimiento del agua en cauces naturales o artificiales;
  4. La energía oceánica en sus distintas formas;
  5. El calor de los yacimientos geotérmicos;
- Externalidad. Esto ocurre cuando el costo pagado por un bien o servicio es diferente al costo total de los daños y beneficios en términos económicos, sociales, ambientales ya la salud, que involucran su producción y consumo;
- Estrategia.
- Persona física de nacionalidad mexicana o persona moral constituida conforme a las leyes mexicanas y con domicilio en el territorio nacional, que genere electricidad a partir de energías renovables;
- Ley
- Programa
- Secretaria
- Suministrador
-

## **Planeación y regulación de esta ley**

La secretaria de energía promoverá la participación social durante la planeación, aplicación y evaluación del programa, establecerá objetivos y metas específicas para el aprovechamiento de energías renovables, así como estrategias y acciones necesarias para alcanzarlas.

También establecerá metas de participación de las energías renovables en la generación de electricidad, las cuales deberán aumentar gradualmente sobre bases de viabilidad económica y potencial técnico existente. Estas metas deben ser actualizadas y reportadas semestralmente.

Así como definir estrategias para fomentar proyectos a partir de fuentes renovables de energía que provean de la misma, a comunidades rurales que no cuenten con este servicio estén o no aislados de las redes eléctricas.

## **La estrategia nacional para la transición energética el aprovechamiento sustentable de la energía.**

Se establece la estrategia como mecanismo mediante el cual el estado mexicano impulsará las políticas, programas, acciones y proyectos encaminados a conseguir mayor utilización y aprovechamiento de las fuentes de energía renovables y las tecnologías limpias, promover la eficiencia y sustentabilidad energética, así como la reducción de la dependencia de México de los hidrocarburos como fuente primaria de energía.

Dicha estrategia tendrá como objetivo promover la utilización, desarrollo y la inversión en las energías renovables a que se refiere esta ley en eficiencia energética. Esta estrategia, en términos de las disposiciones aplicables, consolidará en el presupuesto de egresos de la federación, las provisiones de recursos del sector público tendientes a:

- Promover e incentivar el uso y la aplicación de tecnologías para el aprovechamiento de las energías renovables, la eficiencia y el ahorro de energía.
- Proponer la creación de fondos y fideicomisos que tengan por objeto apoyar la investigación, promoción y aprovechamiento de investigación científica y tecnológica en materia de energía renovable.

El Programa es la base para dirigir las acciones enfocadas al crecimiento y desarrollo de las energías solar, eólica, mini hidráulica, geotérmica y de la biomasa en México.

Para impulsar el desarrollo sustentable con este tipo de tecnologías, se permitió la producción de electricidad por particulares en las modalidades de autoabastecimiento, cogeneración, pequeño productor, productor independiente de energía, exportación e importación para uso propio, etc.

Si la instalación de generación de energía eléctrica se encuentra interconectada a la red de suministro, el uso de un medidor bidireccional registrará la cantidad de energía entregada por el suministrador y la entregada por el generador, si el generador entrega más energía eléctrica que la que consumió esta será guardada como un crédito hasta por 12 meses.

En cuanto al financiamiento en desarrollo de proyectos, actualmente no se cuenta con ningún apoyo, pero se sabe que se está analizando diversos esquemas que en cierto momento podrían entrar en vigor; mientras que la SENER cuenta con el fondo sectorial “CONACYT-SECRETARÍA DE ENERGÍA-SUSTENTABILIDAD ENERGETICA”, el cual es un fideicomiso creado para atender las principales problemáticas y oportunidades en materia de Sustentabilidad energética del país. Su objetivo es impulsar la investigación científica y tecnología aplicada, así como la innovación, asimilación y desarrollo tecnológico en materia de:

- Fuentes renovables de energía;
- Eficiencia energética;
- Uso de tecnologías limpias y diversificación de fuentes primarias de energía.

Estímulos y apoyos para el fomento del uso de fuentes renovables de energía:

- Arancel cero a equipos que prevengan la contaminación y para la investigación de desarrollo tecnológico.
- Depreciación acelerada para proyectos de infraestructura que utilicen fuentes renovables de energía.
- Contratos de interconexión para fuentes renovables de energía eléctrica.
- Mecanismo para un desarrollo limpio para la obtención de certificados de reducción de emisiones.
- Ley para el aprovechamiento de energías renovables y el financiamiento de la transición energética.

## **2.3 Usuario**

En este estudio será definido como aquellas comunidades rurales carentes de infraestructura para obtener un suministro de energía eléctrica convencional.

### **Requerimientos del usuario en cuanto al sistema solar fotovoltaico:**

- Fácil de instalar.
- Mantenimiento mínimo.
- Eficiente.
- Uso continuo.
- Sistema ajustable en cuanto a la movilidad e inclinación del panel solar.
- Sistema seguro sin poner en riesgo al usuario y al equipo.
- Equipo fácil de utilizar.

# CAPÍTULO 3

## DISEÑO CONCEPTUAL

*“LA CONFIANZA EN UNO MISMO ES EL PRIMER PELDAÑO PARA  
ASCENDER POR LA ESCALERA DEL ÉXITO.”*

*—RALPH WALDO EMERSON—*

En esta parte del diseño se propone la solución de los requerimientos del usuario y las funciones de cada uno de nuestros componentes dentro de un equipo solar fotovoltaico, estableciendo una configuración de instalación final del equipo.

### Descomposición de funciones

Se sabe que los equipos fotovoltaicos se componen de 4 sistemas, el sistema de captación de la energía solar, el sistema de regulación de energía, el sistema de almacenamiento de la energía y el sistema de conversión de la energía, en la figura III.3 se explican la relación que existen entre estos sistemas para dar lugar al funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico.

La entrada del sistema es la “energía solar”, esta se refiere a los fotones que irradia el sol sobre la superficie terrestre de nuestro planeta, los cuales son aprovechados por el “sistema de captación de energía”, que en este caso es el panel fotovoltaico, el panel transforma la energía proveniente del sol en energía eléctrica, y es normalizada por el “sistema de regulación de energía” mediante un controlador de carga, una vez que la energía es regulada se retiene en el “sistema de almacenamiento de energía” que es un banco de baterías de 12 o más volts. En el “sistema de conversión de energía” es un inversor de corriente; ya que transforma la corriente directa proveniente de las baterías en corriente alterna obteniendo así la salida de un sistema solar fotovoltaico.

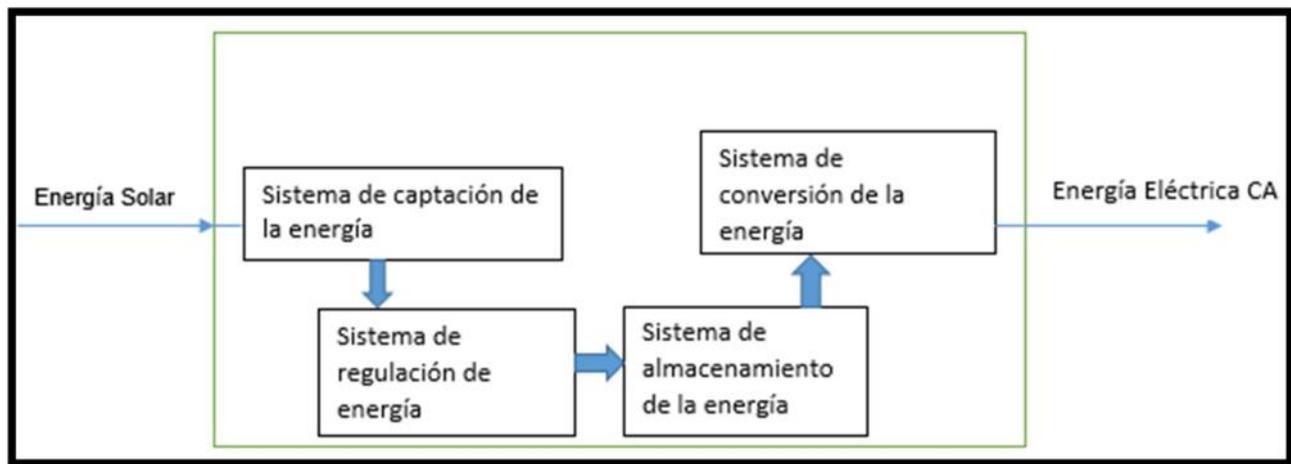


Figura 3.1 Descomposición de funciones de un equipo solar fotovoltaico.

### 3.1 Composiciones

Composición es un proceso en el diseño donde se determinan los elementos con los que se lleva a cabo cada una de las funciones del sistema, lo que nos permitirá formarse una idea sobre qué componentes se necesitan.

- Captar la energía solar en un panel solar fotovoltaico, donde los rayos captados del sol se transformen en corriente directa.
- Regular la corriente proveniente del panel solar a las baterías, para su almacenamiento mediante el uso de un controlador de carga.
- Transformar la corriente directa a corriente alterna mediante el uso de un Inversor DC/AC.
- Suministrar energía eléctrica para uso doméstico.

Todas las composiciones poseen los mismos componentes de un sistema solar fotovoltaico todos ellos interconectados en el siguiente orden y su lugar ya sea en el exterior o dentro de la casa:

- Panel solar (exterior)
- Controlador de carga (interior)
- Sistema de acumulación (baterías) (interior)
- Inversor de corriente DC/AC (interior)

#### Composición I

En nuestra primera composición, el panel está ubicado al nivel del piso, lo que da una configuración poco eficiente ya que para que el módulo alcance su máxima eficiencia, en esta configuración el panel debe de estar ubicado lejos de árboles, casas o estructuras, las cuales podrían crear sombras reduciendo la eficiencia del módulo, propiciando una carga deficiente en la batería, por lo tanto el suministro de corriente alterna sería nula o interrumpida.



Figura 3.2 Primer posible configuración del sistema.



Figura 3.3 Segunda posible configuración del sistema.

## Composición 2

En esta composición, el panel está ubicado sobre un poste lo cual nos da una mejor eficiencia en cuanto a la captación de la energía del sol pero reduce movilidad y orientación otra de las dificultades radica en el tendido del cable y el espacio entre los componentes del sistema, ya que deben de estar interconectados entre ellos lo más cerca posible, con la finalidad de reducir la resistencia de los cables.

## Composición 3

La última composición es la más conveniente en cuanto a eficiencia, costo y seguridad; ya que el panel está situado en la solana de la edificación, permitiendo acceder de forma más sencilla para su instalación, los componentes están interconectados lo más cerca posible lo cual reduce la resistencia en los cables, obteniendo una mejor eficiencia del sistema en cuanto al suministro de corriente alterna.



Figura 3.4 Tercer posible configuración del sistema.

Si se tiene una solana con o sin inclinación no influirá en las configuraciones, ya que el sistema posee diversos ángulos de inclinación adaptándose al tipo de loza o tejado. El peso del panel solar es de 10 Kg. lo que hace posible su instalación en cualquier techo.

En la carta morfológica se representan el tipo de posibles composiciones para el sistema, evaluándolas y comparándolas conforme a diferentes cualidades, teniendo como resultante la configuración más conveniente en cuanto a rendimiento, costo, eficiencia, movilidad y seguridad.

### Carta Morfológica

Composiciones	Instalación	Costo	Eficiencia	Captación de energía solar	Movilidad	Seguridad
Composición I						
Composición 2						
Composición 3						



Fácil, Aceptable, cumple con el objetivo.



Deficiente. No cumple o carece del objetivo.

Con el uso de la carta morfológica se determinó cuál de las tres configuraciones es la mejor y cumple con el objetivo que se requiere para que sea una configuración buena acorde a su instalación, el costo, eficiencia de la misma, así como la captación de la energía solar, movilidad y seguridad.

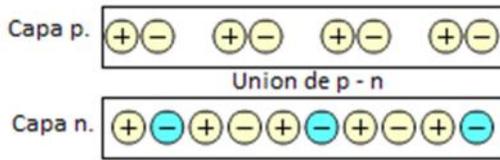
### 3.2 Panel solar fotovoltaico

Es un dispositivo utilizado para aprovechar la energía de la radiación del sol, para después transformarla en energía eléctrica, está compuesto de celdas que convierten la luz en electricidad, las cuales dependen del efecto fotovoltaico ya que la energía del sol produce cargas positivas en dos semiconductores de diferente tipo, el cual produce un campo eléctrico capaz de generar una corriente eléctrica.

Las células de silicio se dividen en tres categorías:

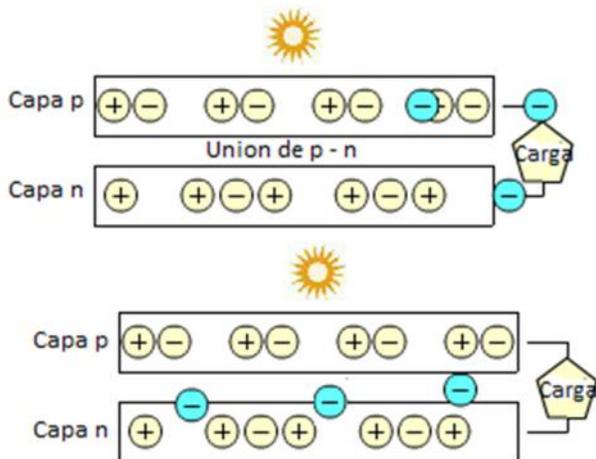
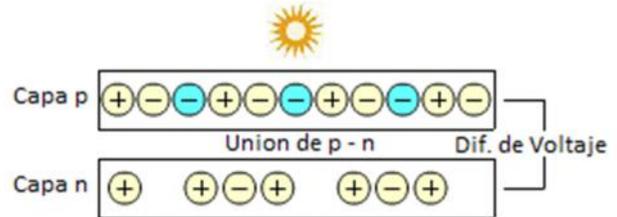
-  **Monocristalinas** las cuales están constituidas únicamente de cristal de silicio.
-  **Policristalinas** las cuales se constituyen de conjuntos de cristales de silicio, las cuales hacen que su rendimiento esté por debajo de las monocristalinas.
-  **Amorfas** son las menos eficientes para su uso en paneles solares lo cual ocasiona que su costo sea más bajo, su principal uso es en relojes y calculadoras.

## Funcionamiento del panel solar



Las celdas solares consisten en 2 capas hechas de un material semiconductor (positiva y negativa). La capa negativa contiene electrones que permanecen libres.

Cuando la celda es expuesta a la luz solar, los fotones provenientes de la luz son absorbidos por la capa negativa liberando electrones los cuales se mueven a la capa positiva creando un diferencial de voltaje.



Si aplicamos una carga a través de las capas, la corriente eléctrica comienza a producirse.

Las celdas fotovoltaicas se componen de al menos dos capas de semiconductores. Una capa contiene una carga positiva y la otra una carga negativa.

La luz del sol se compone de pequeñas partículas de energía llamados fotones, como la celda está expuesta a la luz del sol, muchos de los fotones se reflejan, pasan a través del panel y son absorbidos por la celda solar.

Cuando suficientes fotones son absorbidos por la capa negativa de la celda solar, los electrones son liberados del material semiconductor.

Debido al proceso de fabricación de la capa positiva, estos electrones liberados migran naturalmente a la capa positiva creando un diferencial de potencial parecido a una batería.

Cuando las dos capas están conectadas a una carga externa los electrones fluyen a través del circuito creando una corriente eléctrica. Cada celda solar por si sola produce de uno a dos watts.

Para incrementar la producción de energía, las celdas se combinan para formar un panel solar fotovoltaico. Estos módulos son conectados en serie o en paralelo el uno con el otro, dando como resultado un arreglo solar, para obtener el voltaje y amperaje deseado a la salida la cual es requerida por el proyecto.

Debido a la abundancia de Silicio (Si) en nuestro planeta, el material semiconductor con el cual están hechas las celdas fotovoltaicas y el recurso prácticamente inagotable del sol, hacen que los paneles solares fotovoltaicos sean muy amigables con el medio ambiente, ya que no requieren de combustible para funcionar, no son móviles y hace que sean libres de mantenimiento, obteniendo una tecnología limpia y silenciosa.



*Figura 3.5 Arreglo solar fotovoltaico.*

### **3.3 Controlador de carga**

Es un dispositivo el cual mantiene la tensión adecuada de carga en las baterías. Sus funciones son evitar que las baterías del sistema se descarguen sobre los paneles fotovoltaicos durante la noche; y la otra, es evitar que las baterías se sobrecarguen o descarguen más de lo necesario, lo que podría reducir el ciclo de trabajo de las mismas.

#### **3.3.1 Controlador de carga PWM (Pulse Width Modulation) o modulación por ancho de pulsos.**

Son reguladores sencillos, que actúan como interruptores entre los paneles solares y las baterías. Estos controladores fuerzan a los paneles solares a trabajar a la tensión de las baterías, sin ningún tipo de instalación extra. Por ejemplo, si tenemos una batería de 12 volts, los paneles solares cargarán la batería con una tensión de 12 volts.

Cuando se llega a la etapa de absorción en la carga de absorción de carga de las baterías, el controlador de carga, modifica la intensidad de los pulsos, corta varias veces por segundo el contacto entre los paneles y las baterías, evitando que estas últimas se sobrecarguen.

Algunas ventajas de estos reguladores de carga PWM son su sencillez, reducido peso y su bajo costo. Estos tipos de reguladores están dimensionados hasta 60 Amperes y tienen una vida útil bastante larga.

El inconveniente que presenta este tipo de reguladores es que el voltaje nominal proveniente del panel solar debe de ser el mismo que el de las baterías que utiliza el sistema.

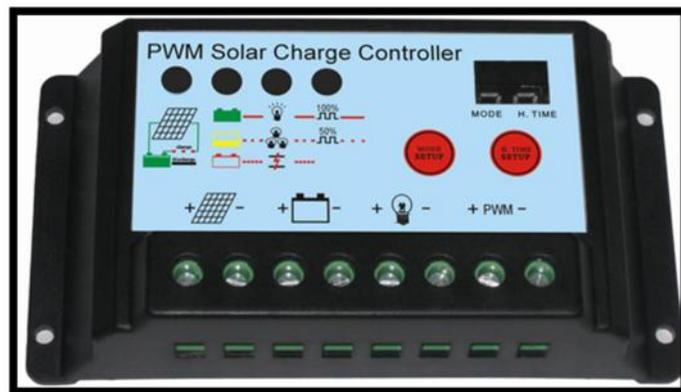


Figura 3.6 Controlador de carga PWM.

### 3.3.2 Controlador de carga MPPT (Máximo Power Point Tracking) Pico máximo de corriente.

Estos reguladores incorporan un seguidor del punto de máxima potencia y un convertidor CC-CC el cual transforma la corriente continua de alta tensión en corriente continua de baja tensión, la cual cargará la batería del sistema. A diferencia de los reguladores **PWM** los cuales trabajan a la tensión de la batería, los reguladores **MPPT** lo hacen a la tensión más conveniente.

Por ejemplo, en algunos momentos el MPPT trabajará a la máxima potencia, para sacar la mayor cantidad de energía de los paneles solares, o bien limitar la potencia en las fases de absorción y flotación durante la carga de la batería, evitando sobrecargas de la misma.

Con estos tipos de reguladores se obtiene más rendimiento a los paneles solares fotovoltaicos, algunos de los cuales no podemos utilizar con los reguladores PWM debido a la compatibilidad entre la tensión del panel y la batería, otra de las ventajas es que se pueden añadir paneles en serie con un voltaje superior al de las baterías, en el mercado existen diversos tipos de controladores MPPT hasta de 80 A.

Como desventaja de estos controladores MPPT encontramos que son más caros, aproximadamente más del doble y son de mayor tamaño, en comparación de los controladores PWM.



*Figura 3.7 Controlador de carga MPPT*

### **3.4 Batería de ciclo profundo.**

Estas baterías, almacenan la energía de modo que las fuentes de la corriente eléctrica las recarguen mediante el uso de paneles solares, alternadores, aerogeneradores, etc...

La principal diferencia de estas baterías de ciclo profundo con las convencionales de ciclo corto, radica en el uso que se les da.

Las de ciclo corto por ejemplo la de un automóvil, consume entre 300 y 500 amperes en un lapso de (2 a 5 segundos). Después la batería se recarga rápidamente, si partimos de esa misma batería cargada al 100% el consumo no supera el 5%, en este tipo de baterías se puede tomar varias veces la capacidad de la batería en poco tiempo, ejemplo una batería de 65 amperes se toma 300 a 600 amperes en un lapso de 3 a 5 segundos.

En sistemas de iluminación, las cargas aplicadas a las baterías guardan cierta relación con su capacidad y además suelen ser muy pequeñas al respecto de la capacidad de la batería. Se toma energía por debajo de la capacidad de la misma. Ejemplo, si a una batería de 65Ah, se toma 6 amperes a lo largo de 10 horas, lo que es equivalente a 60 amperes de uso durante ese ciclo de carga por lo que estas baterías son denominadas de ciclo profundo ya que admiten ser descargadas casi en su totalidad.

## Funcionamiento

Las baterías tienen un determinado número de celdas, unidas por medio de barras metálicas, cada celda acumula un voltaje, cada una de estas celdas consta de dos juegos de electrodos inmersos en agua con ácido sulfúrico (electrolito). Un juego de placas esta hecho de peróxido de plomo y el otro de plomo poroso.

Al funcionar la celda, el ácido sulfúrico reacciona y convierte la energía química en energía eléctrica.

En las placas de peróxido de plomo se generan las cargas positivas (+) y en las placas de plomo poroso se generan las cargas negativas (-). La corriente eléctrica que se genera circula por el sistema eléctrico desde una terminal de la batería hasta la otra, activando así el electrolito.

Conforme continúa la reacción química, se forma sulfato de plomo en la superficie de ambas placas y el ácido sulfúrico se diluye gradualmente.

Cuando la superficie de las placas está completamente cubierta de sulfato de plomo, la batería se descarga. Al recargarlo con una corriente eléctrica que en este caso proviene de los paneles solares, las placas vuelven a su estado original y el ácido sulfúrico se regenera.

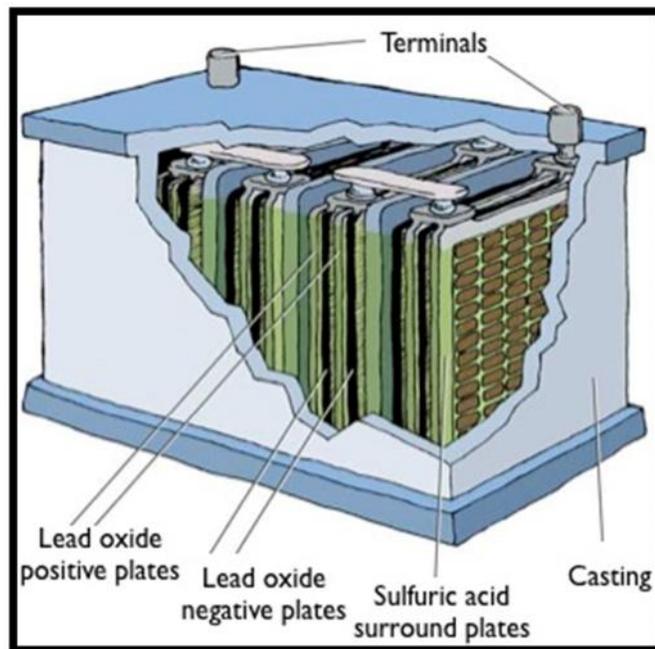


Figura 3.8 Batería y sus partes.

### 3.5 Inversor

Es un dispositivo electrónico el cual convierte una tensión de corriente directa que en este caso proviene de una batería de 12V en un voltaje simétrico en corriente alterna (120V). La frecuencia de este inversor se modulará de acuerdo a las frecuencias requeridas de los aparatos en los cuales se va a utilizar, comúnmente en México la frecuencia es de 60Hz.

Los inversores se utilizan en infinidad de aplicaciones, desde pequeños sistemas de alimentación ininterrumpidos para computadoras, hasta aplicaciones industriales de alta potencia. En este caso la aplicación de este inversor es convertir corriente directa generada por un **panel solar**, en corriente alterna para ser su uso común.

Este inversor consta de diferentes componentes electrónicos, que en conjunto con un transformador, invertirá la corriente directa en corriente alterna.

El inversor contiene un oscilador que controla una serie de transistores los cuales conmutan la corriente proveniente de la batería de 12v, la cual genera una onda cuadrada, esta onda alimenta un transformador que eleva el voltaje y rectifica la forma de onda para que parezca una onda sinodal.



*Figura 3.9 Inversor de corriente.*

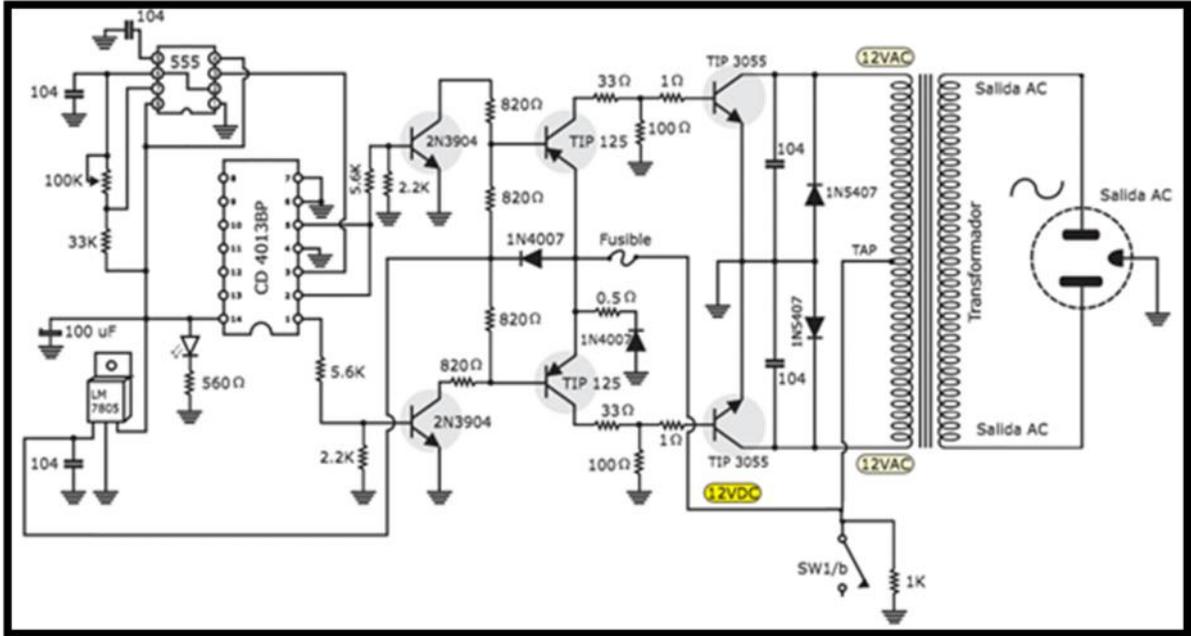
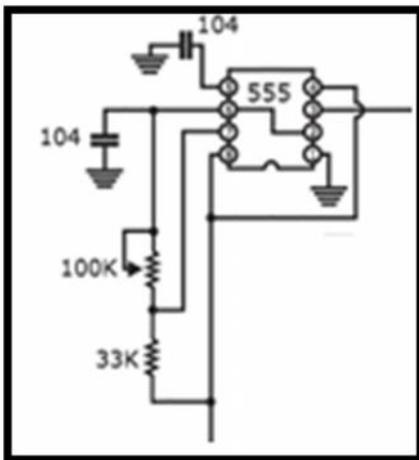


Figura 3.10 Diagrama de conexión de inversor imagen tomada del sitio construya su videorockola.com: [http://construyasuvideorockola.com/proyecto\\_inversor\\_01.php](http://construyasuvideorockola.com/proyecto_inversor_01.php)

## Funcionamiento

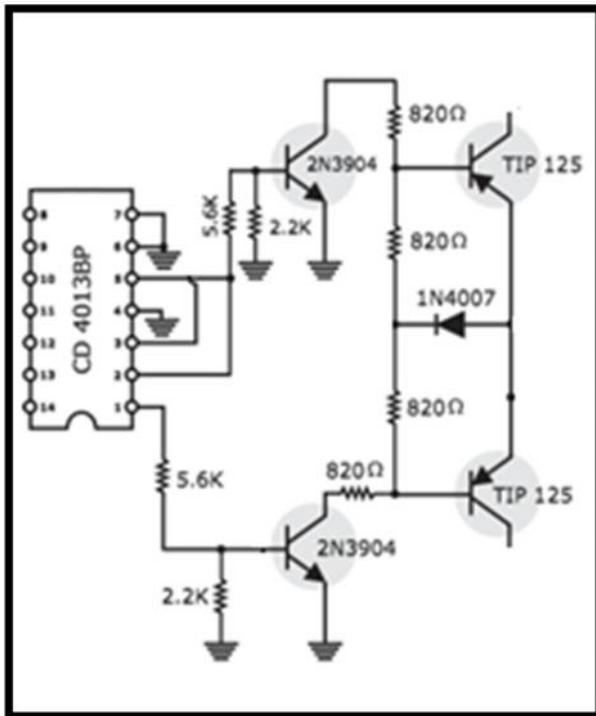
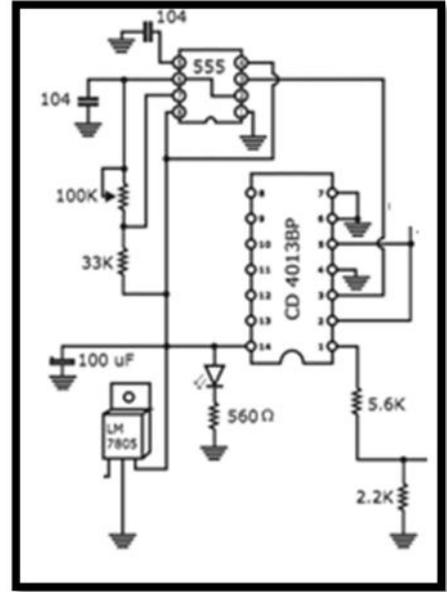


El **Timer 555** es un circuito integrado el cual es utilizado para generar oscilaciones y retardos de tiempo de precisión, en el inversor, se usa para hacer un oscilador estable, que a la salida del pin 3 nos entrega una onda cuadrada. La frecuencia de trabajo se regula mediante un par de resistencias externas y un capacitor. En este caso se utiliza una resistencia de 33K que va del pin 8 al pin 7, la cual descarga el capacitor externo del contador, y un potenciómetro que va conectado en el pin 7 y el pin 6 del comparador interno del 555, que se utiliza para reducir la salida a un nivel más bajo. El contador 555 entrega a la salida una corriente de 200 mili amperes el cual excita el circuito integrado **CD4013BP**.

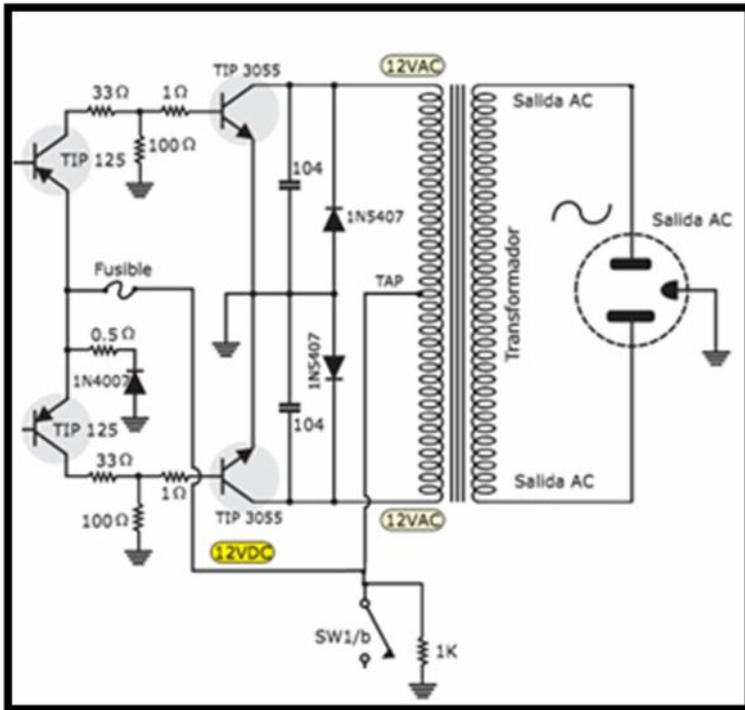
El circuito integrado **CD4013BP** es un flip-flop doble tipo D, el cual se puede configurar con datos, restablecimiento y entradas de reloj independientes. Como el timer 555 presenta inconvenientes al hacer el semiciclo negativo, usaremos solo los semiciclos positivos del 555, para ordenar al 4013 generar una onda cuadrada perfecta.

La señal proveniente del 555, entra al circuito integrado CD4013BP por el pin 3. En los pines 1 y 2 se generan ondas cuadradas inversas. Es decir cuando el pin 1 se encuentra en estado bajo (0), el pin 2 está en estado alto (1) y viceversa.

Estos dos circuitos integrados, son alimentados mediante un regulador **LM7805** que entrega 5 volts.



Las ondas que entrega el CD4013 en sus pines 1 y 2, son aprovechadas por dos transistores **2N3904**. Que son transistores de polaridad NPN, que al recibir la señal, solo conducen al momento del semi-ciclo positivo o en el estado (1). El emisor de estos transistores se conecta a tierra, por lo tanto al momento de conducir, el colector se polariza negativamente, excitando la base de los **TIP125**, que son PNP los cuales conducen al recibir la señal negativa o en estado bajo (0). Estos transistores son de silicio (Si) epitaxial. Son transistores de potencia con configuración Darlington, su principal aplicación es en alimentaciones lineales y de conmutación, ya que su base es negativa, conducen cuando los **2N3904** entran en conducción a tierra, estos **TIP** se mantienen cerrados hasta que reciban la orden de los **2N3904**.



Al mismo tiempo estos **TIP125**, son los que activan los transistores de salida, que son los **TIP3055** de polaridad **NPN**. La corriente positiva que va del emisor al colector de los **TIP125**, excita la base de los **TIP3055**, haciendo oscilar los extremos del devanado primario del transformador, debido a que están conectados a los colectores de los transistores de salida y los emisores están a tierra. Como la derivación central del transformador se conecta a la batería, ahí es cuando la corriente directa se convierte en corriente alterna para que el transformador pueda elevarla y entregarnos el voltaje deseado en el devanado secundario del mismo.

Se sabe que diversos aparatos electrodomésticos trabajan a una cierta frecuencia, los cuales están predeterminados de acuerdo a cada país, por eso es necesario calibrar la frecuencia del inversor en base a nuestras necesidades y requerimientos. El potenciómetro del inversor fijara la frecuencia de timer 555. La cual es de 60 Hz la cual calibraremos con la ayuda de un frecuencímetro.

### 3.6 Transformador.

Es un dispositivo eléctrico que por inducción electromagnética transfiere energía eléctrica de uno o más circuitos, a otros más a la misma frecuencia, usualmente aumentando o disminuyendo los valores de tensión y corriente eléctrica. Un transformador puede recibir energía y devolverla a una tensión más elevada, en cuyo caso se le denomina **transformador amplificador**, o puede devolverla a una tensión más baja, el cual es un **transformador reductor**.

El transformador basa su operación en la acción mutua entre fenómenos eléctricos y magnéticos. La transferencia de la energía por inducción electromagnética de un devanado a otro, dispuestos en el mismo circuito magnético, se realiza con excelente rendimiento.

Las **fuerzas electromotrices (f.e.m)** se inducen por la variación del flujo magnético. Las espiras y el circuito magnético están en reposo uno con respecto al otro, y las fuerzas electromotrices se inducen por la variación de la magnitud del flujo con el tiempo.

## Componentes.

- **Núcleo:** este elemento está constituido por chapas metálicas de silicio (Si) aisladas entre ellas. El núcleo se utiliza para conducir el flujo magnético de un devanado a otro, ya que es un gran conductor magnético.
- **Devanados:** Son bobinas de alambre generalmente de cobre enrollado en las piernas del núcleo. Según el número de espiras (vueltas) alrededor de una pierna inducirá un voltaje mayor. Se juega entonces con el número de vueltas en el primario contra las del secundario. En un transformador trifásico el número de vueltas del primario y secundario debería ser igual para todas las fases.

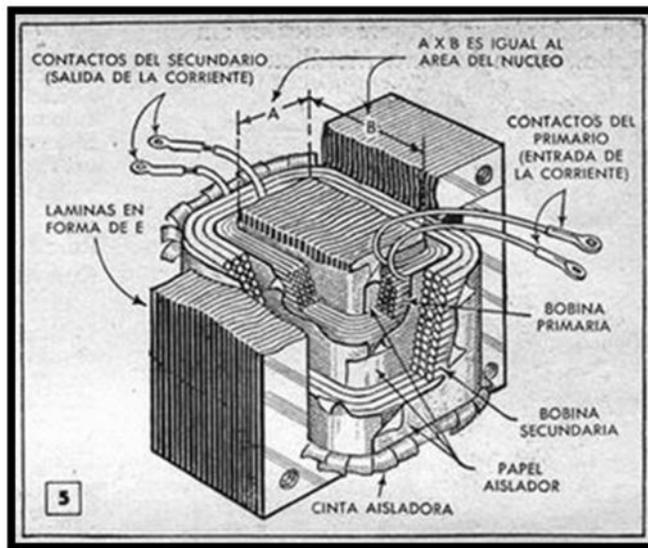


Figura 3.11 Transformador y sus partes

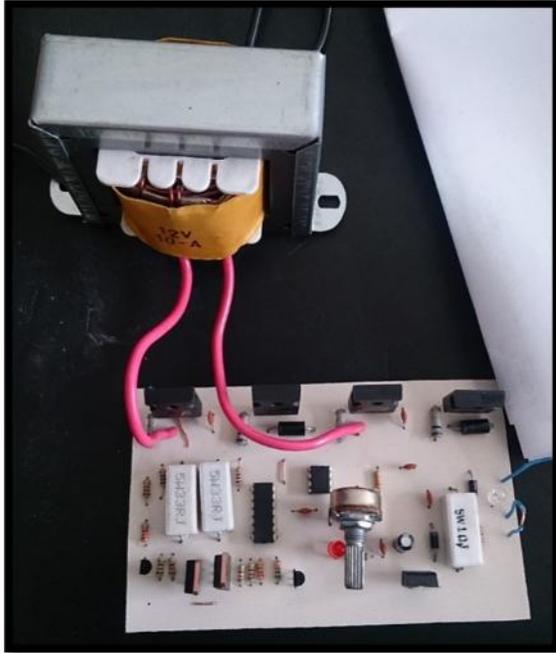


Figura 3.12 Inversor ensamblado

Inicialmente se ensambló el inversor con un transformador reductor de 12v a 10 Amperes, solo que se conectó de manera invertida, ya que se pensaba que el transformador conectado al revés se convertiría en un transformador amplificador de voltaje.

Durante las pruebas con una fuente de 12 volts, el voltaje de salida del inversor alcanzaba los 115 volts, pero al momento de conectar una carga, el inversor tenía una caída de voltaje hasta los 0 volts, se pensó que el transformador era muy pequeño así que se cambió por uno más grande obteniendo los mismos resultados.

Para ello se tuvo que construir el transformador de acuerdo a nuestras necesidades, que era elevar el voltaje y no reducirlo como lo hacen los transformadores convencionales. Para esto primero debemos hacer el devanado secundario el cual ahora será nuestro devanado primario, para esto se tuvo que calcular el transformador en base a tablas y los diversos calibres de alambres

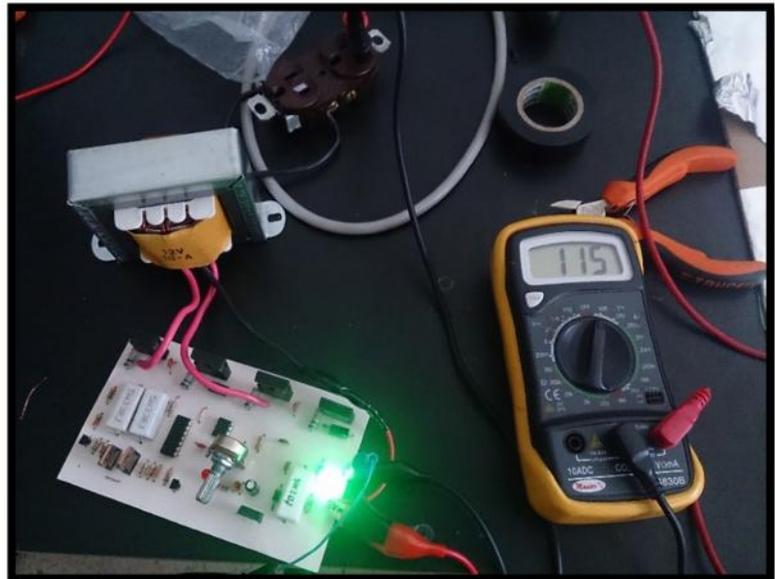


Figura 3.13 Prueba I del Inversor.

# CAPÍTULO 4

## DISEÑO DE DETALLE

*“PARA QUE PUEDA SURGIR LO POSIBLE ES PRECISO INTENTAR  
UNA Y OTRA VEZ LO IMPOSIBLE.”*

*-HERMANN HESSE-*

## 4.1 Dimensionamiento del sistema

### Requerimientos:

Proveer de corriente alterna durante 8 horas continuas con un consumo mínimo diario de 50 watts

### Demanda de consumo por día:

Lámpara domótica\* consumo (10 watts)

Numero de lámparas: 5 ubicadas en el segundo piso del Laboratorio L-3 de la Facultad de Estudios Superiores Aragón.

Eficiencia de la batería 0.90

Eficiencia del inversor 0.90

### Consumo medio diario:

$$\text{Consumo medio diario} = (10w)(5) = 50 w(8 \text{ horas}) = 400 \text{ Wh} \text{ --- (1)}$$

Rendimiento de carga y descarga = 0.9

Días de autonomía 1

Tensión nominal = 12V

\*Lámpara domótica es un prototipo de la UNAM de una lámpara de leds, su consumo es de 10W y provee de una iluminación mayor que la de un foco convencional de, la cual es controlada vía bluetooth desde un dispositivo móvil.

Max profundidad de descarga 70%

$$L = \frac{400}{.9(0.9)} = 493.827 \text{ --- (2)}$$

**L= Energía real necesaria**

$$CB^* = \frac{493.827}{0.7(0.9)} = 783.8523 \text{ --- (3)}$$

**CB\* = Capacidad de la batería en Wh**

$$CB = \frac{783.852}{12V} = 65.321 \text{ --- (4)}$$

**CB= Tamaño del sistema de acumulación**

## **Radiación solar**

**Para obtener los datos de irradiación solar es necesario conocer la latitud y longitud del lugar en donde colocaremos nuestro sistema solar fotovoltaico, para poder dimensionarlo adecuadamente.**

**Teniendo los datos de longitud y latitud del lugar, obtendremos la siguiente tabla de radiaciones diarias en el link**

**<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/>**

	Unit	Climate data location						
Latitude	°N	19.474						
Longitude	°E	-99.043						
Elevation	m	1928						
Heating design temperature	°C	6.57						
Cooling design temperature	°C	25.48						
Earth temperature amplitude	°C	16.74						
Frost days at site	day	0						

Month	Air temperature	Relative humidity	Daily solar radiation - horizontal	Atmospheric pressure	Wind speed	Earth temperature	Heating degree-days	Cooling degree-days
	°C	%	kWh/m <sup>2</sup> /d	kPa	m/s	°C	°C-d	°C-d
January	12.8	59.7%	4.78	81.2	3.1	14.9	149	100
February	14.4	53.2%	5.73	81.1	3.2	17.4	95	131
March	16.7	45.7%	6.55	81.0	3.5	20.8	47	209
April	18.9	46.9%	6.50	81.0	3.4	23.5	13	263
May	19.5	55.2%	6.24	81.0	3.1	23.6	5	297
June	18.6	70.3%	5.60	81.0	2.9	21.0	4	264
July	18.0	69.0%	5.51	81.2	2.8	20.2	9	255
August	18.1	68.6%	5.42	81.1	2.6	20.2	5	259
September	17.3	74.1%	4.95	81.0	2.4	19.1	19	229
October	15.9	72.0%	4.92	81.1	2.6	17.7	55	194
November	14.4	67.6%	4.81	81.2	2.9	16.1	94	145
December	13.0	64.0%	4.49	81.2	2.9	14.7	139	110
<b>Annual</b>	16.5	62.2%	5.46	81.1	3.0	19.1	634	2456
Measured at (m)					10.0	0.0		

Figura 4.1 tabla de radiación en la Fes Aragón

Radiación solar diaria  $4.49 \frac{kWh}{m^2} / d$  del peor mes de radiación solar que es en Diciembre.

Panel solar de 135 W

$$\frac{493.827}{135(4.49)(0.75)} = 1.08 = 1 \text{ panel} \text{ ----- (5)}$$

Batería LTH 12 V 115 Ah

$$115(12) = 1380 \text{ ----- (6)}$$

## 4.2 Transformador amplificador

Área del núcleo

$$A = \sqrt{\text{Potencia}} \text{.....(7)}$$

A' = Área

\*= 0.8 si el núcleo es fino, 1.2 si es de baja calidad, en este caso tomaremos como valor 1

Entonces

$$A = 1\sqrt{\text{Potencia}}$$

$$A = 1\sqrt{160} = 12.65 \text{ cm}^2$$

Calculo del número de espiras

$$\text{Numero de espiras} = \frac{42}{A} = \frac{42}{12.65} = 3.32 \text{ vueltas de alambre por voltio.....(8)}$$

Entonces el número de vueltas en los devanados será:

Numero de vueltas del devanado primario

$$24V(3.32) = 79.68 \text{ vueltas .....(9)}$$

Numero de vueltas del devanado secundario

$$120V(3.32) = 398.4 \text{ vueltas ..... (10)}$$

La corriente que circulara por los devanados esta dada por:

$$I = \frac{W}{V} \text{..... (11)}$$

La corriente del devanado primario es:

$$I = \frac{160}{24} = 6.666 \text{ Amperes}$$

La corriente del devanado secundario es

$$I = \frac{160}{120} = 1.4545 \text{ Amperes}$$

Tabla de conductores eléctricos AWG (American Wire Gauge) calibres, amperaje y pies por libra.

CALIBRE AWG	AMPERIOS	PIES POR LIBRA
6	53.16	
7	42.04	16.00
8	33.38	20.00
9	26.56	25.20
10	21.20	31.80
11	16.60	40.10
12	13.30	50.60
13	10.50	63.80
14	8.30	80.40
15	6.60	101.40
16	5.20	125.00
17	4.10	155.00
18	3.20	203.00
19	2.60	248.00
20	2.00	323.00
21	1.62	408.00
22	1.28	489.00
23	1.00	615.00
24	0.80	775.00
25	0.64	970.00
26	0.50	1,300.00
27	0.40	1,639.00
28	0.32	2,067.00
29	0.25	2,607.00
30	0.20	3,287.00
31	0.18	4,145.00
32	0.12	5,257.00
33	0.10	6,592.00
34	0.08	8,310.00
35	0.06	13,210.00

1Tabla AWG de conductores eléctricos.

De acuerdo a nuestros resultados escogemos el calibre adecuado para los devanados de nuestro transformador que en este caso para el **devanado primario** seria **calibre 14** y el **devanado secundario** seria **calibre 21**.

# CAPÍTULO 5

## MANUFACTURA

*“LA PERFECCIÓN ES UNA PULIDA CORRECCIÓN DE ERRORES.”*

**-MARIO BENEDETTI-**

## 5.1 Transformador amplificador

### Materiales:

Alambre magneto calibre 21.

Alambre magneto calibre 14.

Papel parafinado.

Formaleta.

Láminas de hierro forma E, I.



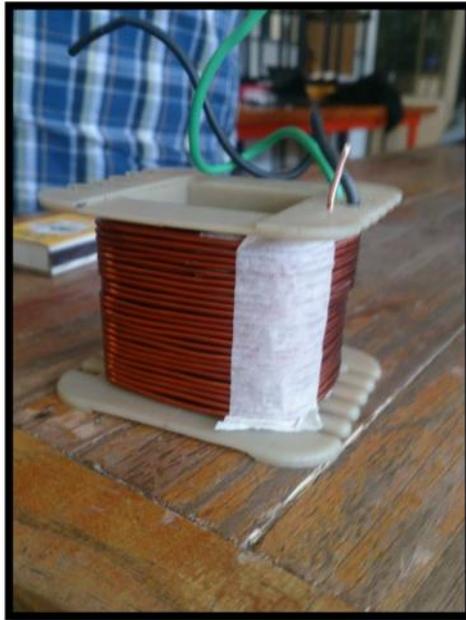
*Figura 5.1 Alambre magneto, formaleta, papel parafinado.*



*Figura 5.2 Láminas de silicio para el núcleo del transformador.*

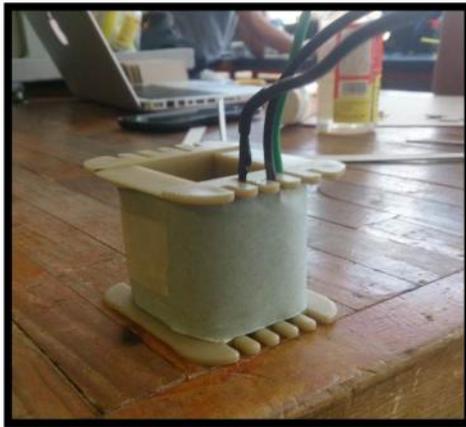
Con base en el número de vueltas resultante en los cálculos, se ira bobinando el alambre magneto en la formaleta, de forma ordenada sin que las vueltas se encimen o quede espacio entre ellas.

Primero, daremos 40 vueltas y justo a la mitad se soldará un cable el cual será la derivación central y así continuar con las otras 40 vueltas de nuestro primer devanado.



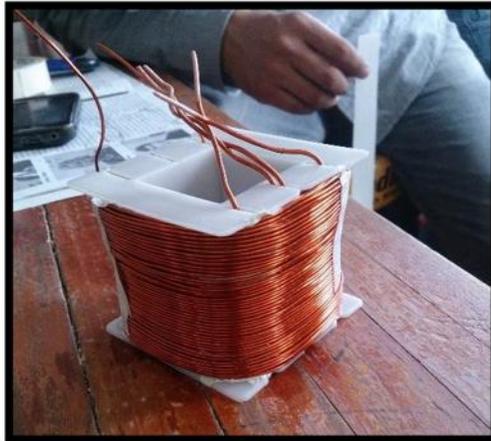
*Figura 5.3 Devanado primario de calibre 14.*

Después recubriremos el primer devanado con el papel parafinado para prevenir cortos circuitos o pérdidas en el transformador.



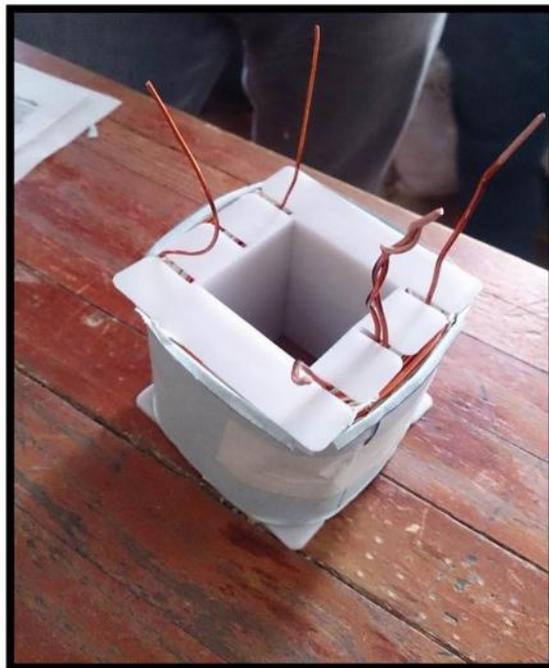
*Figura 5.4 Primer devanado aislado con papel parafinado.*

Posteriormente comenzaremos el devanado secundario con el alambre magneto, siguiendo el mismo procedimiento que en el devanado primario, cuidando que las espiras no sobresalgan de la formaleta, ya que al meter las láminas de silicio estas podrían quitar el recubrimiento de barniz dieléctrico del alambre magneto provocando un corto circuito en el transformador.



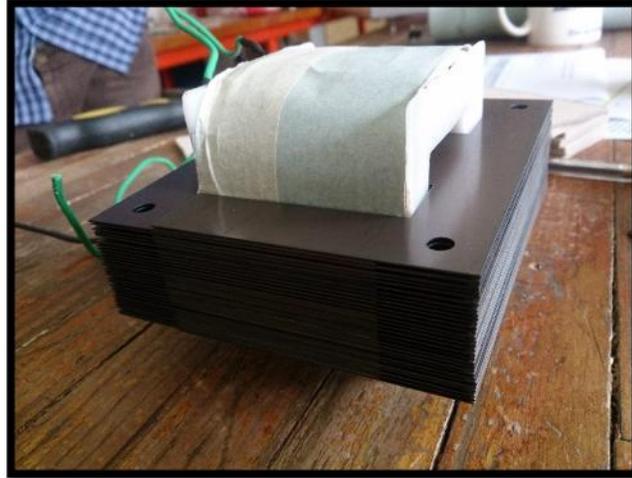
*Figura 5.5 Devanado secundario.*

Después se aísla el devanado secundario nuevamente con papel parafinado, para comenzar a colocar las láminas de silicio las cuales formaran el núcleo del transformador.



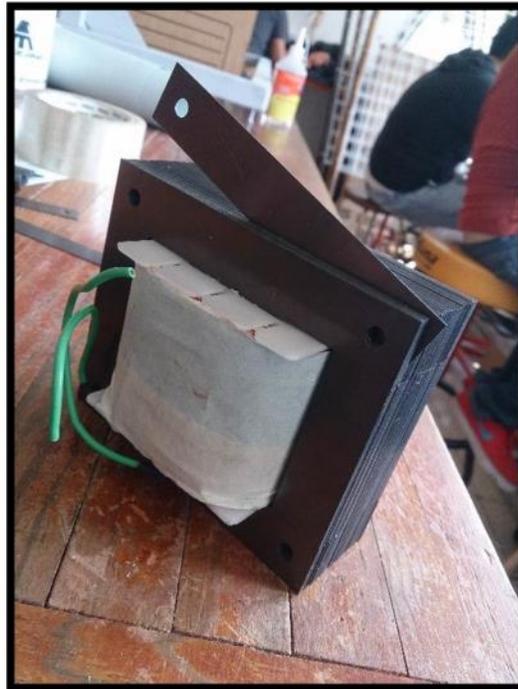
*Figura 5.6 Devanado secundario cubierto con papel parafinado.*

Las láminas de silicio deben de ir de forma encontrada se comenzara, metiendo primero las láminas en forma de 'E', hasta saturar el espacio y ya no quepa ninguna lamina más.



*Figura 5.7 Colocación de formaletas en forma de 'E'*

Posteriormente colocaremos las láminas en forma de 'I' entre las láminas en forma de 'E', conforme se vayan llenando los espacios será más difícil colocar las láminas, por ello las últimas laminas entrarán a presión, cuidando que no queden encimadas.



*Figura 5.8 Colocación de láminas de silicio en forma de 'I'.*

Para concluir, fijaremos las láminas del transformador con ayuda de unos tornillos, para que se mantengan unidas.

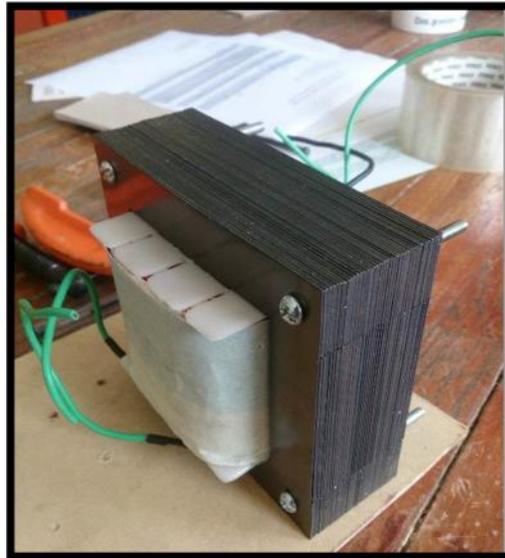


Figura 5.9 Transformador finalizado de 160 Watts.

### **Base para panel solar.**

#### **Requerimientos de la base para el panel solar:**

- Graduable con diferentes ángulos de inclinación.
- Resistente.
- Estable.
- Desarmable.

### **5.2 Base graduable para panel solar.**

Dimensiones del panel solar de 135 Watts Yingli solar.

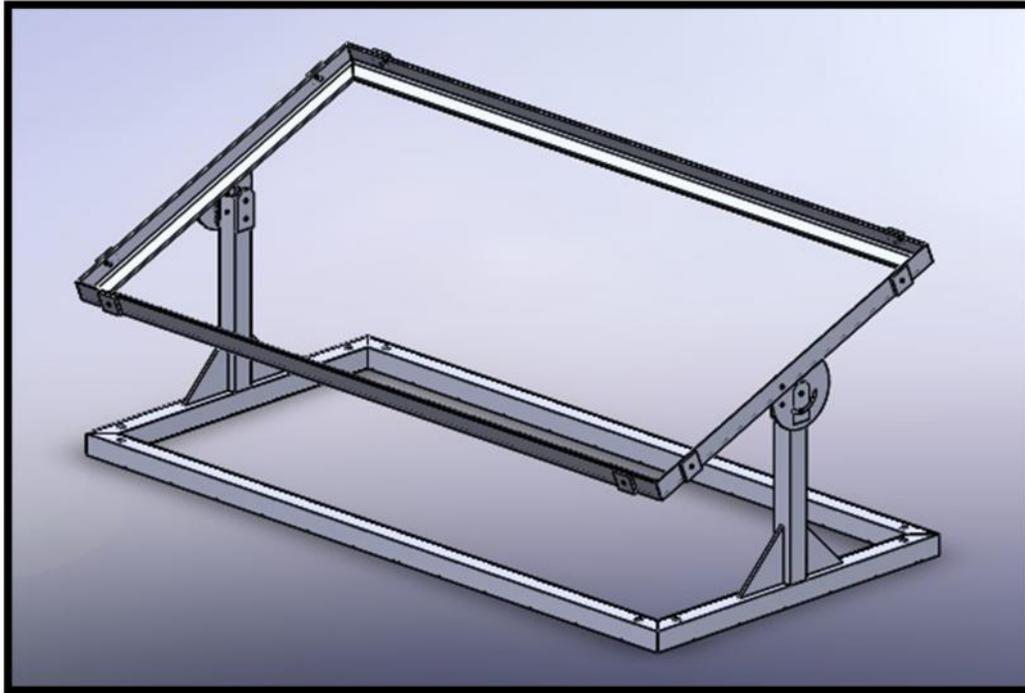
Largo: 132 cm

Ancho: 67 cm

Espesor: 3.5 cm

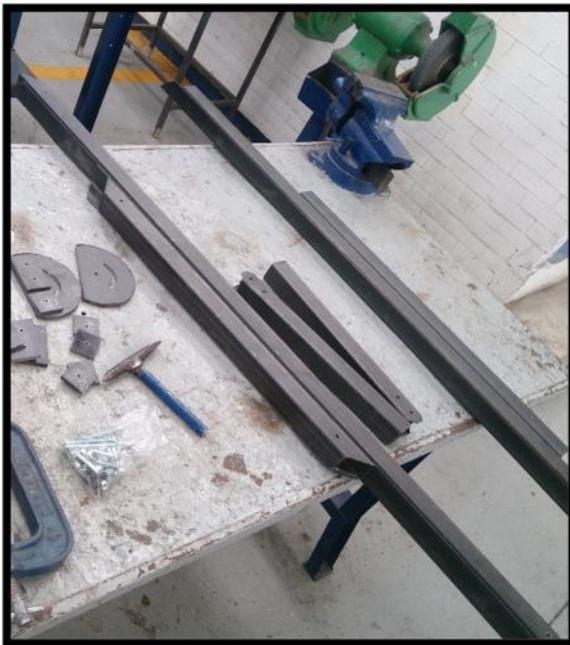
Materiales:

- PTR calibre 14
- Angulo calibre 14
- Placa de acero de  $\frac{1}{4}$



*Figura 5.10 Diseño de la base para el panel solar en Solidworks.*

**Fabricación:**



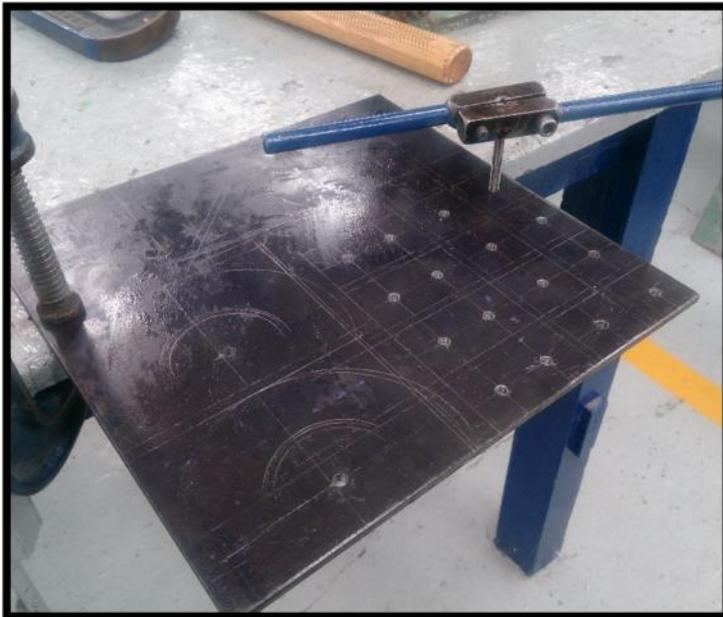
De acuerdo con las especificaciones de los planos de fabricación, se cortaron los perfiles a  $45^\circ$  con la cortadora de disco, tomando en cuenta el espesor del disco de la cortadora, para dejar cierta tolerancia en los perfiles al momento de cortarlos.

En la placa de 1/4", se marcan los cartabones, transportadores y demás piezas, como primer paso se recubrió la placa con tinta, después se marcaron las piezas utilizando un compás, escuadras y rayador, por último se marcaron los centros donde van los barrenos con un punto de golpe, para que la broca no se patine al momento de barrenar.



Posteriormente se barrena la placa utilizando un taladro de banco, para los barrenos roscados de 1/4", utiliza una broca de 7/32" y para los barrenos pasados, una broca de 1/4".

Se utilizó aceite de corte para disipar el calor, evitar la rotura o desafilado de la broca así como también reducir la energía para efectuar el corte.



En los barrenos de  $7/32''$  los cuales llevan cuerda de  $1/4''$  se utiliza un machuelo de la misma medida, cuidando que entre a un ángulo de  $90^\circ$  con respecto a la placa para que la cuerda no quede defectuosa.



Figura 5.11 Barrenos roscados de 1/4".



Utilizando la cortadora de disco y el arco con segueta se seccionaron las piezas de la placa de 1/4". Para un mejor acabado de las caras laterales se utilizó la fresadora y por último se mataron los filos con un esmeril.

## Ensamble de la base.

Una vez teniendo todas las piezas con base en los planos, el ensamble se realiza mediante soldadura eléctrica, primero se punteo la parte baja de la base para manipular las uniones, utilizando la escuadra y que todas queden a  $90^\circ$ , una vez que están corregidas las uniones se suelda el cordón completo en las mismas.



Posteriormente se sueldan los elementos que sostendrán el marco de ángulo en el punto medio de la base de ptr, para reforzar la estructura se colocan unos cartabones y se sueldan las placas que regularan la inclinación del panel procurando que los barrenos roscados de las mismas queden concéntricos con los del ptr.

La estructura de ángulo se puntea de la misma manera que la de ptr, utilizando la escuadra y las uniones queden a  $90^\circ$  para unir bien los elementos con cordones de soldadura



Se sueldan las plaquitas de barreno roscado al ángulo, procurando que estos queden concéntricos con los barrenos pasados de la estructura del ángulo.

La estructura de ángulo incluye unos tornillos los cuales ajustan el panel, ya que las dimensiones del panel difieren mínimamente con respecto a otros paneles de 135watts.



*Figura 5.12 Ensamble final de la base para el panel solar.*

Después se rebajan los cordones de soldadura, imperfecciones y se matan los filos a las aristas de la base con un esmeril, para un acabado mejor, posteriormente se recubre con una capa de primer.





*Figura 5.13 Base graduable para el panel solar.*

## **5.3 Inversor**

### **Inversor**

#### **Componentes**

#### **Circuitos integrados**

- Timer 555
- CD 4013BP

#### **Transistores**

- TIP3055
- TIP125
- 2N3904

#### **Resistencias**

- 820 ohms de 1/4W
- 1 ohm de 1 W

- 33 ohms de 5W
- 0.75 ohms de 5W
- 33 K de 1/4W
- 2.2 K de 1/4W
- 100 ohms de 1/2W
- 5.6 K a 1/4W
- 560 ohms de 1/4W
- 1K de 1/4W

### **Capacitores**

- 0.1 uF (104)
- 100 uF de 16 V

### **Diodos**

- **1N5407**
- **1N4007**

### **Otros**

- **Porta fusible con fusible para 10 Amperes**
- **Regulador LM7805**
- **Potenciómetro de 100K**
- **LED**
- **Cable**
- **Interruptor**
- **Transformador amplificador de voltaje 12V DC entrada y salida de 120V AC.**

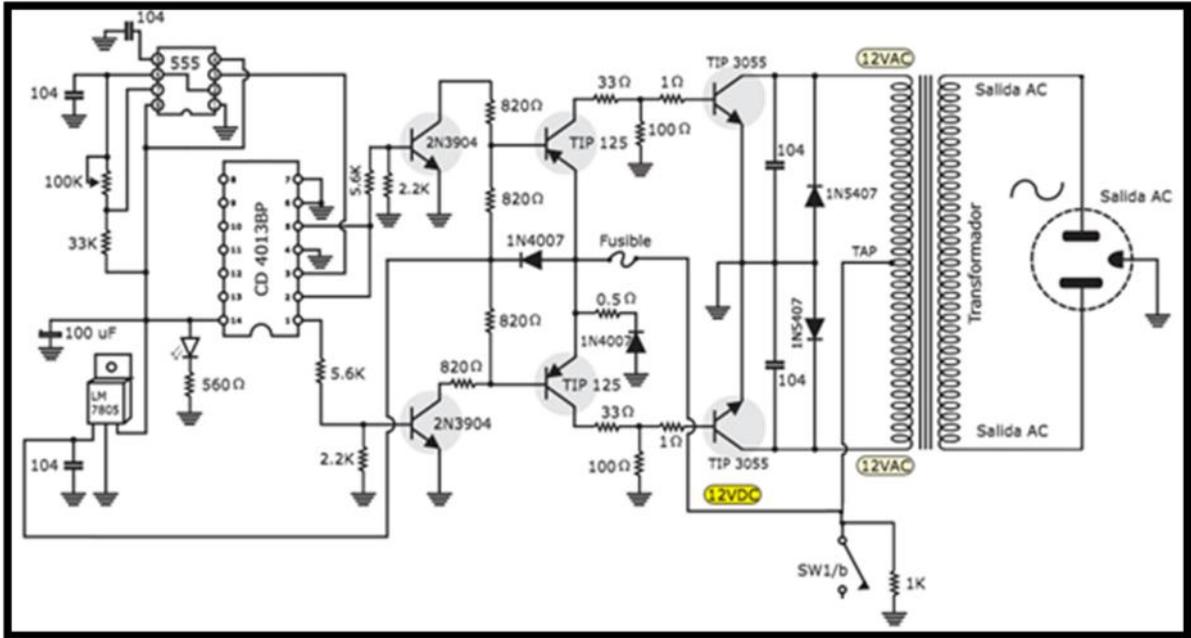


Figura 5.14 Diagrama de conexión inversor.

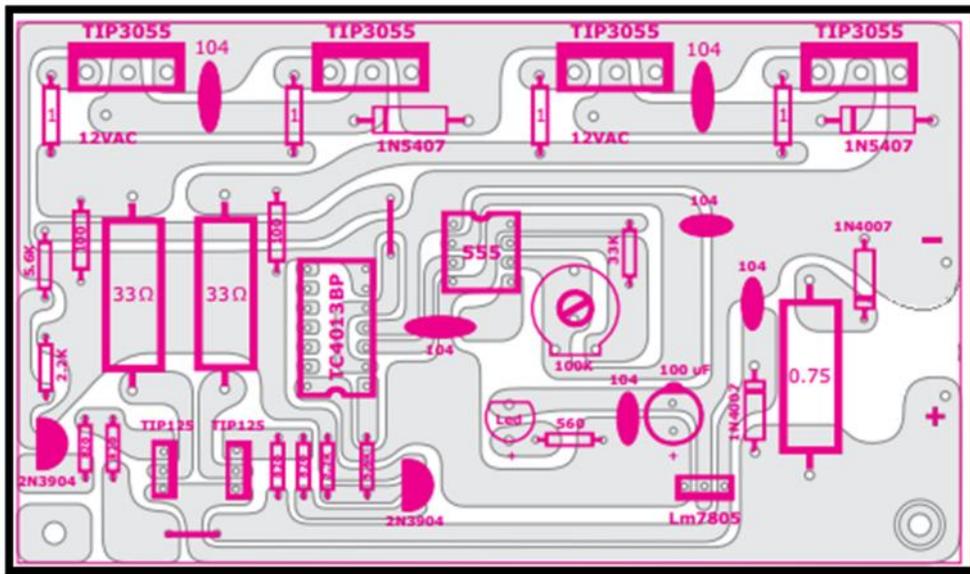
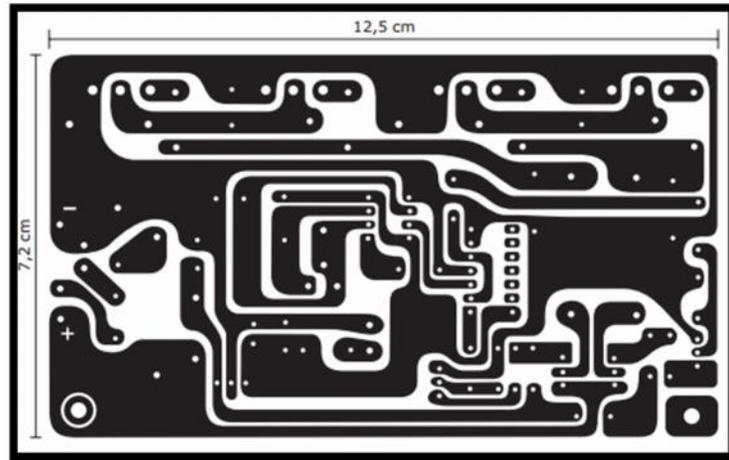


Figura 5.15 Posición de los componentes.



*Figura 5.16 Circuito impreso PCB*

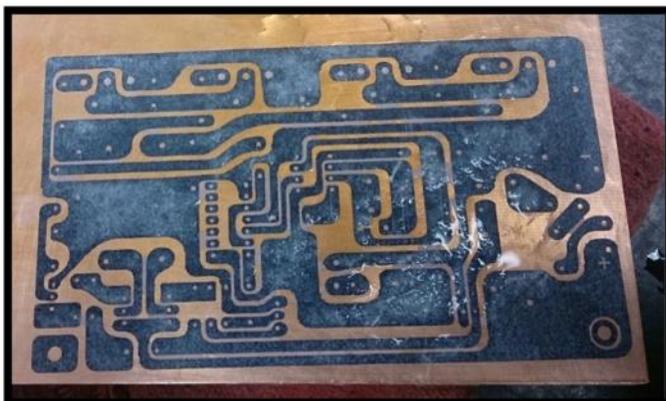
Este tipo de diagramas y circuitos eléctricos son diseñados mediante software, por mencionar algunos: proteus, Eagle o Pspice. Posteriormente se fabrica el circuito impreso PCB (Printed Circuit Board).

El material más utilizado para la elaboración de circuitos impresos es la baquelita, la cual es un fenol-plástico resistente al calor y a los solventes, la baquelita lleva un recubrimiento de cobre ya sea en una o en ambas caras. La función principal del cobre es conducir la electricidad. Al momento de hacer un circuito impreso, la placa; tendrá pistas o caminos, los cuales interconectarán los componentes electrónicos en la baquelita.

Para la elaboración de este circuito utilizaremos papel couche, el cual es un papel con diversas propiedades, una de ellas es la reducción a la absorberencia de la tinta, permitiendo la transferencia de la impresión en el papel a la placa fenólica.

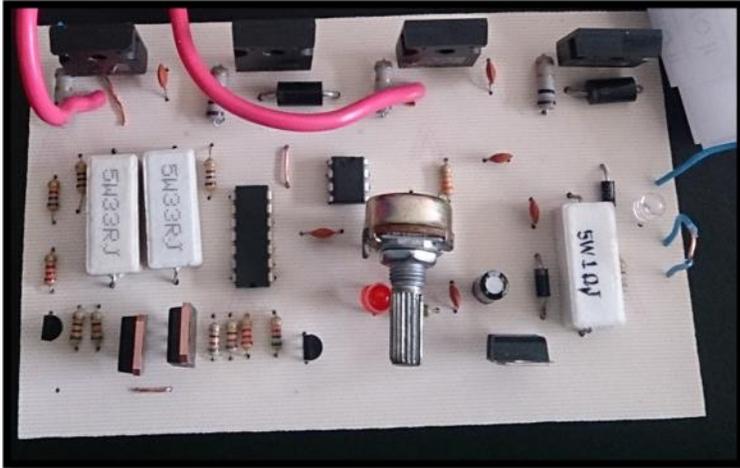
Una vez impreso el circuito en el papel couche, se coloca sobre la baquelita y con la temperatura adecuada se plancha el circuito, hasta que el papel quede adherido a la baquelita.

Posteriormente se sumerge el circuito en agua y hasta que el papel este completamente humedecido, se comienza a retirar el papel de la placa fenólica



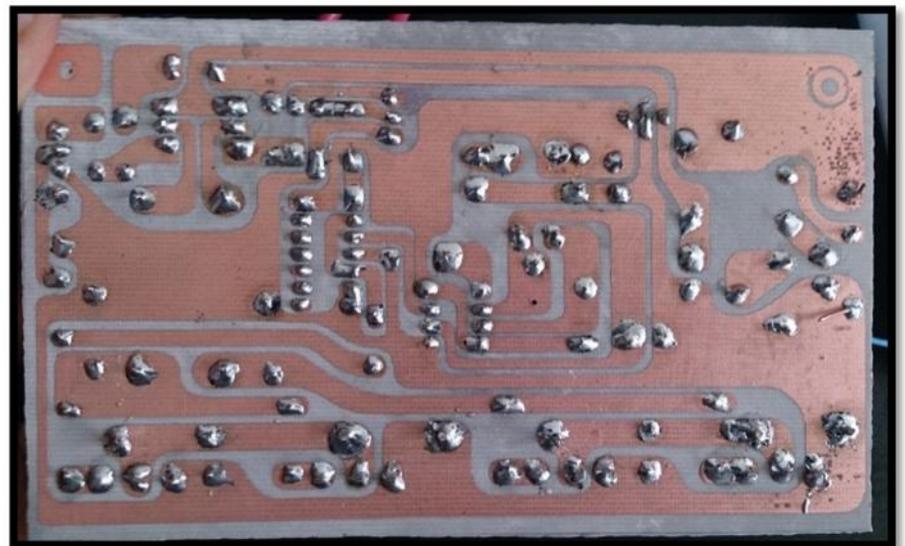
*Figura 5.17 Circuito impreso en la placa fenólica.*

Una vez que el circuito esta completamente libre de papel, se ataca quimicamente la baquelita con cloruro ferrico, posteriormente se utiliza el dremel para hacer los barrenos donde iran los componentes electrónicos.



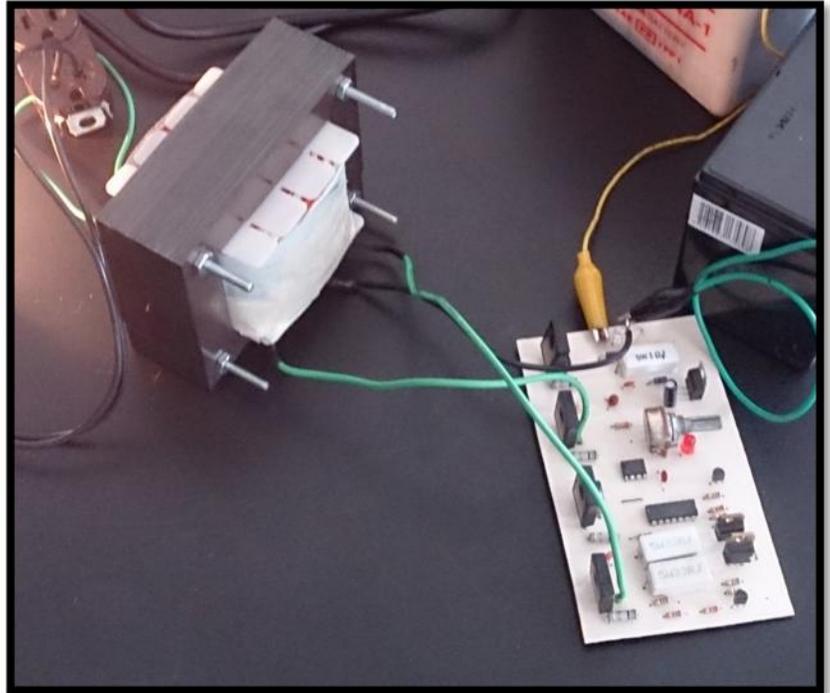
Una vez barrenada la placa, se colocan los componentes verificando que esté todo en su lugar, posteriormente ninguna de las pistas debe de estar rota o unida a otra, para evitar corto circuitos.

Para soldar los componentes electrónicos utilizamos un cautín y soldadura de estaño y plomo, primeramente se calienta la pista donde va a ir ubicado el componente, colocando la punta de soldadura para fundirla y suelde el componente en la placa, para saber si la soldadura de buena calidad debe de quedar el punto brillante y no opaco.



*Figura 5.18 Componentes soldados en la placa fenólica.*

Una vez que se tiene el inversor ensamblado y probado su funcionamiento este deberá de ser aislado en una carcasa para evitar corto circuitos o un accidente, ya que es un circuito de corriente alterna a 120 volts.



## 5.4 Paileria



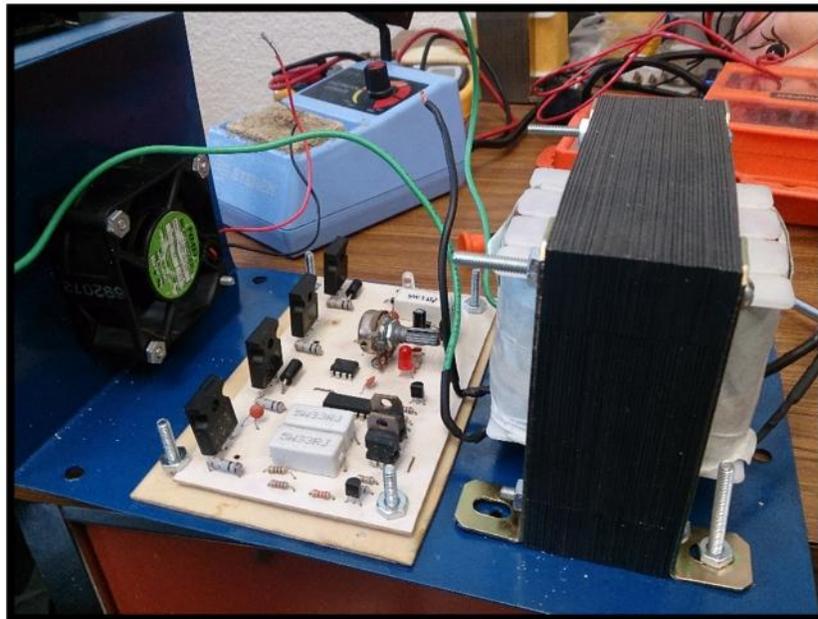
Sobre una lámina de acero, se trazaron las dos partes que formarían la carcasa, también se trazaron las partes donde irán los tornillos, botones y salidas de inversor.

Se cortan las piezas con la cizalla mecánica, para barrenar los espacios de los componentes exteriores del inversor utilizando una broca para lámina, después se utiliza la dobladora mecánica, marcando los dobleces a 90°



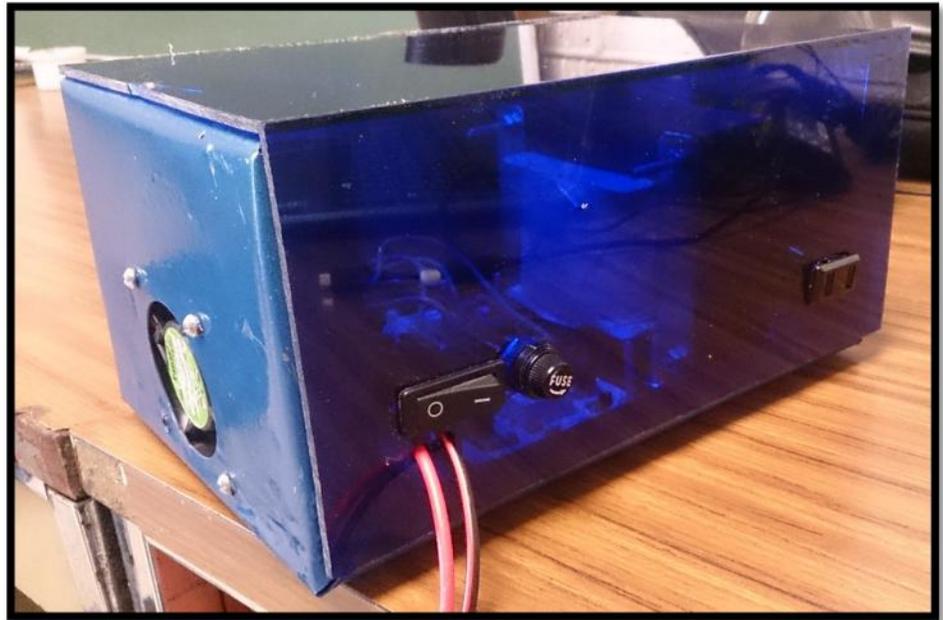
Para hacer el barreno del ventilador, primeramente se utilizó la broca para lámina de 1/4, después la de 1/2 , para hacer el diámetro más grande, se utilizaron unos ponchadores, los cuales estrangulan la lámina hasta cortarla

Primeramente se había hecho la tapa del inversor de lámina, pero durante las pruebas la lámina producía ruido en el transformador provocando un mal funcionamiento del transformador.



*Figura 5.19 Vista previa del inversor ensamblado en la carcasa.*

La lámina de la tapa del inversor fue remplazada por una tapa de acrílico, obteniendo un mejor funcionamiento del inversor.



*Figura 5.20 Inversor.*

# CAPÍTULO 6

## PRUEBAS Y VALIDACIÓN

*“ES MEJOR EQUIVOCARSE SIGUIENDO TU PROPIO CAMINO QUE  
TENER RAZÓN SIGUIENDO EL CAMINO DE OTRO.”*

*—FIODOR DOSTOIEVSKI—.*

## Instalación del equipo

La instalación del equipo fue realizada en el laboratorio de automatización del L-3 de la Facultad de Estudios superiores Aragón, para ello el panel solar se situó en la azotea del mismo.



*Figura 6.1 Asesor e integrantes del club de mecatrónica.*

Para ampliar el rendimiento del panel solar, este debe estar correctamente orientado e inclinado, con un ángulo óptimo para captar los rayos provenientes del sol de manera perpendicular, ya que una orientación e inclinación incorrecta podría causar una pérdida significativa en todo el equipo.

Encontrar el ángulo adecuado para el panel no es tan sencillo, debido a que la energía solar en nuestro planeta no es constante. Esta varía conforme a la latitud del lugar donde se pretende hacer la instalación y la época del año; es decir si es invierno o verano.

Si orientamos el panel solar hacia el sur, recibirá más radiación solar durante todo el día y todo el año ya que nuestra ubicación está en el hemisferio norte y debido al ángulo de la inclinación de la tierra con respecto al sol, el máximo de radiación solar es hacia la línea ecuatorial, en este caso hacia el sur y viceversa, si nos encontramos en el hemisferio sur los paneles irán orientados al norte.

### **Angulo de inclinación del panel solar**

La gente tiende a utilizar la latitud del lugar de la instalación como ángulo de inclinación del panel solar, haciendo esto se pretende obtener un promedio simple del ángulo de inclinación, ya que se tiene un rendimiento promedio durante todo el año.

Pero hacer esto no siempre es lo mejor, ya que la inclinación del sol con respecto a la tierra varía de acuerdo a la estación del año en la que nos encontremos, y por regla se establecen mínimo dos ángulos distintos uno con respecto al verano y el otro con respecto al invierno.

Comúnmente se tiene como regla sumar alrededor de  $10^\circ$  a  $15^\circ$  a la latitud en donde nos encontremos para un ángulo óptimo del panel en invierno. Y restarle los mismos ángulos a la latitud en verano.

De todas las fuentes donde se explicaba el grado de inclinación del panel, todas me dejaron con la incertidumbre, así que incline el panel solar a diferentes ángulos para obtener el ángulo óptimo en el cual se obtenía más voltaje de salida del mismo.

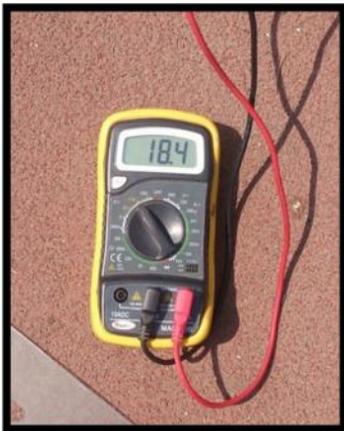
Angulo de inclinación del panel solar. Día 4 de Marzo del 2015. Hora 2:00 pm



Día parcialmente nublado

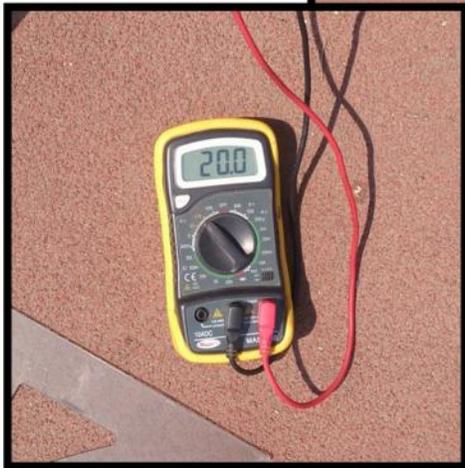
Angulo  $25^\circ$

Voltaje de salida 18.4 Volts



Angulo de inclinación 30°

Voltaje de salida 19.6  
Volts

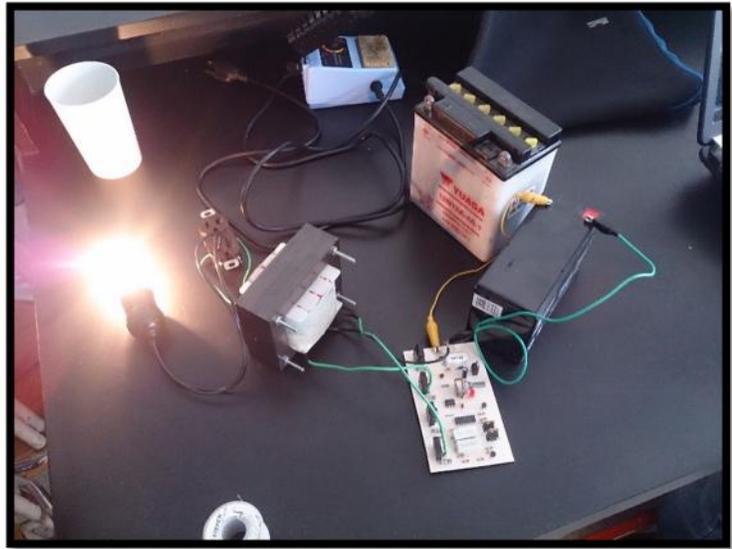


Angulo de  
inclinación 35°

Voltaje de salida  
20 volts.

## Inversor

La caída de voltaje del inversor era ocasionada por el transformador ya que era un transformador convencional y necesitábamos un transformador elevador de voltaje, por lo cual el devanado primario de los transformadores reductores (el de calibre menor), en nuestro transformador elevador sería el devanado secundario por lo tanto el de calibre mayor será el del devanado primario. Ya solucionado ese problema se realizaron pruebas obteniendo un óptimo funcionamiento del inversor.



*Figura 6.2 Inversor funcionando.*

Las pruebas siguientes se realizaron con una televisión y un despertador, la primera prueba fue con el despertador conectado al inversor, el cual permaneció conectado hasta que la pila se descargó, ya que la batería no es de ciclado profundo, el tiempo de uso de la misma esta limitado por su tamaño y amperaje, en este caso es de 12V y de 7Ah. La siguiente prueba fue con el televisor conectado al inversor y en la última prueba fueron los dos aparatos interconectados al inversor, los resultados que arrojaron las pruebas fueron los siguientes:

- Trabajo del inversor ininterrumpidamente hasta que la batería se descargó.
- El uso del radio fue durante dos horas continuas, ya que el voltaje de la batería al final de ese lapso de trabajo fue de 6 volts.
- El uso de la televisión fue durante mas de una hora, ya que la batería comenzó a descargarse, ya que no es una batería apta para este tipo de sistemas.
- La parte del inversor donde se ubican los TIP3055 es donde se presenta sobrecalentamiento de los componentes, ya que estos necesitan un disipador de calor.
- El inversor funciona sin problemas durante lapsos largos de tiempo, siempre y cuando la batería esté cargada al 100% y sea una batería adecuada a nuestras necesidades, ya que el tiempo de uso del inversor estara limitado de acuerdo a las características de la batería.

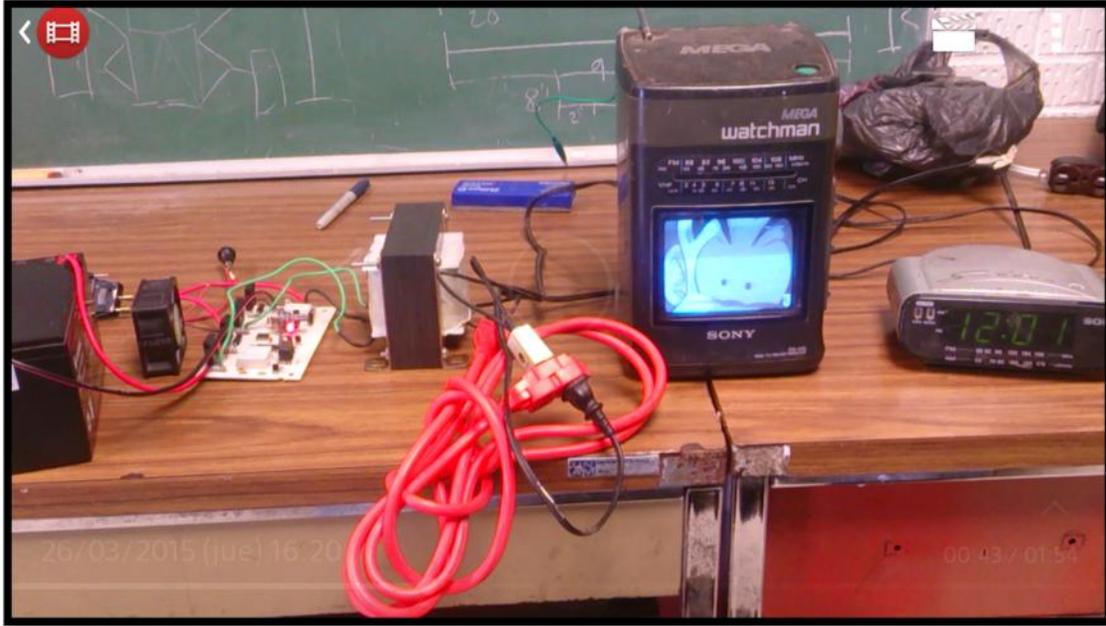


Figura 6.3 Prueba de inversor con una televisión y un radio despertador.

## Pruebas de voltaje en diferentes tipos de clima.

**4 de marzo del  
2014**

**Parcialmente  
nublado. Hora 2  
pm**

**Voltaje 20 volts.**



**Dia 9 de marzo del 2014**

**Soleado**

**Hora 12 pm**

**Voltaje 21.4 volts**



# CAPÍTULO 7

## CONCLUSIONES

*“NO BASTA SABER, SE DEBE TAMBIÉN APLICAR. NO ES  
SUFICIENTE QUERER, SE DEBE TAMBIÉN HACER.”*

*—JOHANN WOLFGANG VON GOETHE—.*

El objetivo de esta tesis fue desarrollar un sistema de generación de energía eléctrica mediante el uso de paneles solares más accesible en cuanto al costo, el cual está pensado para comunidades rurales que no cuentan con la infraestructura adecuada para un servicio convencional de energía eléctrica, basándonos en los requerimientos mínimos del usuario; por lo tanto se dimensionó un equipo con el cual se realizaron pruebas en el Laboratorio L-3 de la Facultad de estudios superiores Aragón.

Con este prototipo obtuvimos:

- Un sistema escalable.
- Un sistema adecuado a las necesidades del usuario.
- Buen rendimiento y eficiencia del equipo.
- Sistema libre de ruido.
- Sistema adaptable a cualquier tipo de economía de estas comunidades.

Con base en los resultados obtenidos, el equipo puede ser costeable y utilizado en comunidades rurales, ya que el mantenimiento del equipo es mínimo y su instalación es sencilla.

Cabe resaltar que muchos de los componentes del sistema son importados, por lo cual el desarrollo de este tipo de tecnologías en México es deficiente o nulo, la tecnología empleada en el inversor no es nuestra, pero es la punta del iceberg para desarrollar un inversor más potente y al mismo tiempo de menor tamaño, llegando a ser escalable.

Debido al crecimiento de este tipo de tecnologías, en la actualidad todavía se cree que su costo es alto, lo cual es completamente falso ya que los paneles fotovoltaicos son tan baratos que resulta una tecnología para la generación de energía eléctrica totalmente competitiva contra la convencional, los resultados obtenidos, son los que demuestran que el futuro incluirá a la energía solar, conforme se vayan agotando los recursos naturales (petróleo, gas y carbón) este tipo de tecnología ira aumentando su eficiencia con la creación de nuevos equipos, sistemas, la implementación de nuevos materiales y a su vez reduciendo costos lo que la convierte en una tecnología completamente del futuro.

Está claro que la inversión inicial en este tipo de tecnologías es fuerte, pero los beneficios son muchos, aparte de obtener electricidad a través de una tecnología inagotable, limpia y renovable, se reducen los costos de los recibos de la luz, amortizando el costo del equipo en un tiempo estimado de 5 años, cabe mencionar que el excedente de energía solar en el equipo puede ser comercializado a las empresas de energía eléctrica generando una entrada extra para el usuario.

También se sabe que el mantenimiento de los paneles solares es nulo, los cuales tienen una vida útil de 25 a 30 años aproximadamente.

La construcción de este sistema incluyendo los costos del material electrónico, dispositivos (panel solar, batería, controlador de carga) y manufactura tuvo un costo de 4500 (no incluye la herrería)

## **7.1 ¿Porque comprar este sistema?**

Por qué Impulsa el desarrollo de tecnologías mexicanas así como el bienestar social, brinda soluciones a un precio más económico adaptable a cualquier necesidad y requerimiento, a cambio el cliente obtiene un valor agregado: orientación sobre el funcionamiento del equipo, instalación, mantenimiento y garantía después de adquirirlo ofreciendo una amplia comodidad y conveniencia al usuario.

Este proyecto busca innovar este tipo de tecnologías atendiendo segmentos específicos y reducidos y en la prospección, investigación y desarrollo de nuevas tecnologías y productos de este tipo.

## **BIBLIOGRAFIA**

**Bayod Rujula Ángel, (2009) *Sistemas fotovoltaicos: energías renovables*, Zaragoza: Prensas Universitaria de Zaragoza**

**Vigil Galán Osvaldo, (2011) *Fotovoltaicos: fundamentos y aplicaciones*, México: Instituto Politécnico Nacional**

**Prat Viñas Lluís, (2012) *Dimensionado de sistemas fotovoltaicos*, Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya**

**RLAERFTE, (2009) *Reglamento de la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*, (consulta: 15/02/2015).**

**[http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5107871&fecha=02/09/2009](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5107871&fecha=02/09/2009)**

## **PÁGINAS DE INTERNET**

**[www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf](http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171691.pdf)**

**[www.energiaverde.pe/wp-content/uploads/2010/06/Manual\\_ES\\_Fotovoltaica.pdf](http://www.energiaverde.pe/wp-content/uploads/2010/06/Manual_ES_Fotovoltaica.pdf)**

**[www.construyasuvideorockola.com](http://www.construyasuvideorockola.com)**

**[www.google.com.mx/maps](http://www.google.com.mx/maps)**

**[www.eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/](http://www.eosweb.larc.nasa.gov/sse/RETScreen/)**

**[www.refacsol.com](http://www.refacsol.com)**

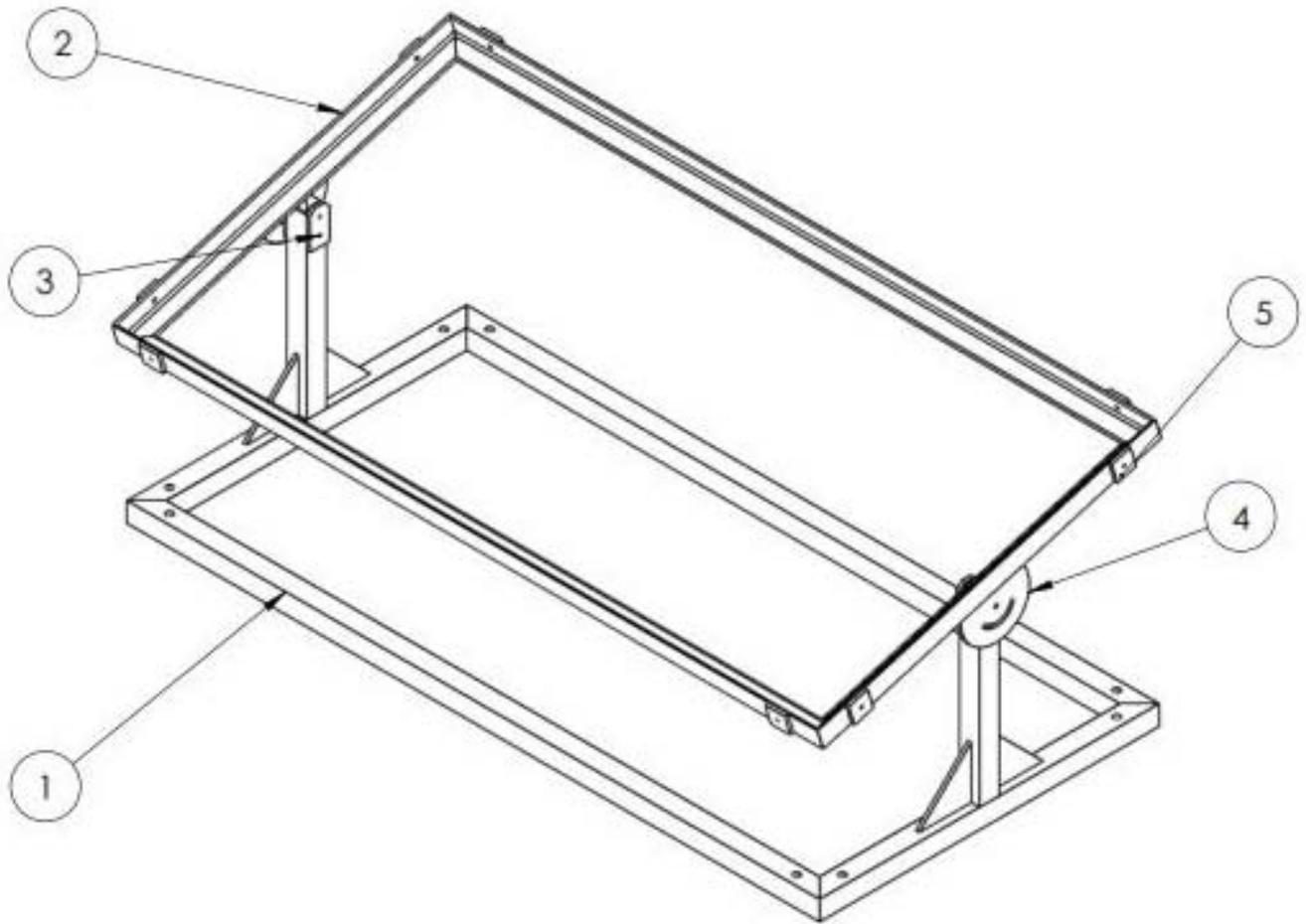
**[www.solar.nmsu.edu/wp\\_guide/energia.html](http://www.solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html)**

**[www.inegi.org.mx/](http://www.inegi.org.mx/)**

# ANEXO

*“EL FUTURO MOSTRARÁ LOS RESULTADOS Y JUZGARÁ A CADA UNO DE ACUERDO A SUS LOGROS.” –NIKOLA TESLA–*

5	Solera para marco	8	Plano No.4
4	Transportador	2	Plano No.4
3	Solera de 0.25"	4	Plano No.4
	Ángulo 27"	2	Plano No.3
	Ángulo 54"	2	Plano No.3
2	Marco de angulo	1	Plano No.3
	Cartabón	4	Plano No.2
	PTR 14"	2	Plano No.2
	PTR 26"	2	Plano No.2
	PTR 53"	2	Plano No.2
1	Base para ángulo	1	Plano No.2
N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	CANTIDAD	N.º DE PLANO



Plano No.1 Base  
para panel solar

Universidad Nacional  
Autónoma de México

Facultad De Estudios  
Superiores Aragón

Dibujó: RCR

Revisó: HMA

Aprobó:

Cota: In

Escala: 1:10



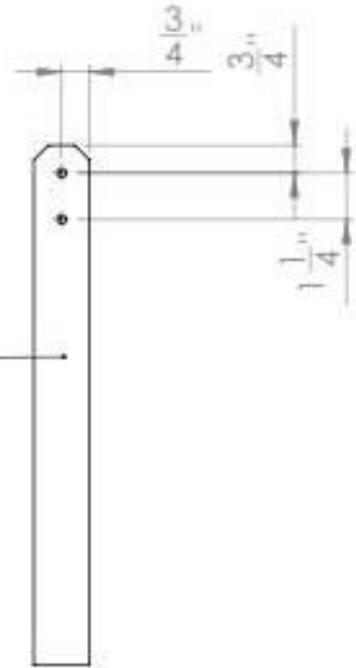
9

4	4	
3	2	26"
2	2	53"
1	2	14"
N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD	LONGITUD

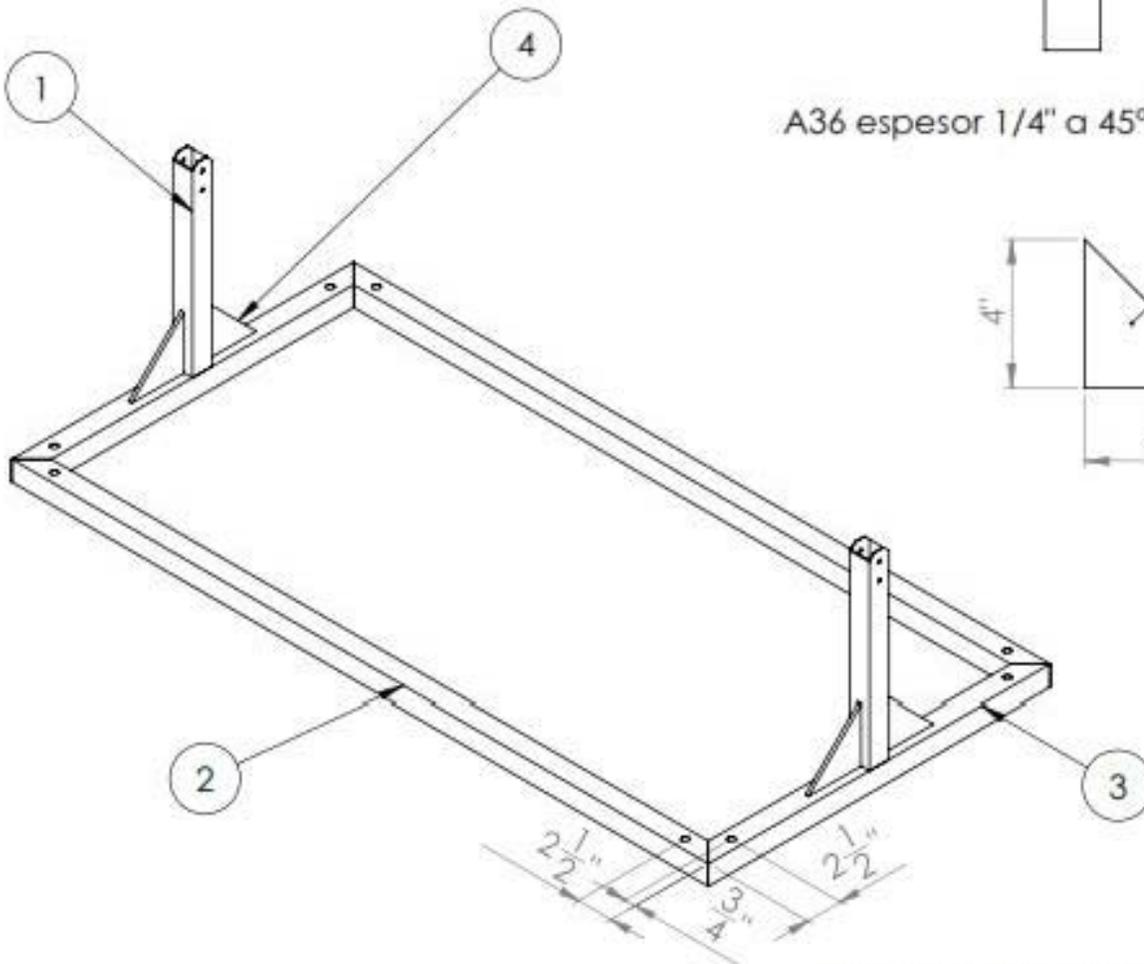
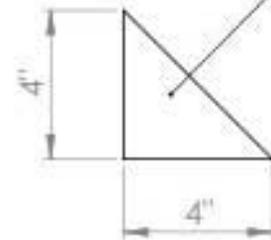
PTR 1.5X1.5X0.65  
Cortes a 45°

2 Barrenos pasados para tornillo de 1/4"

2 Chafilanes de .40" a 45°



A36 espesor 1/4" a 45°



8 Barrenos pasados de 1/2"



Plano No.2 Base para panel solar

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad De Estudios Superiores Aragón

Dibujó: RCR

Revisó: HMA

Aprobó:

Cota: In

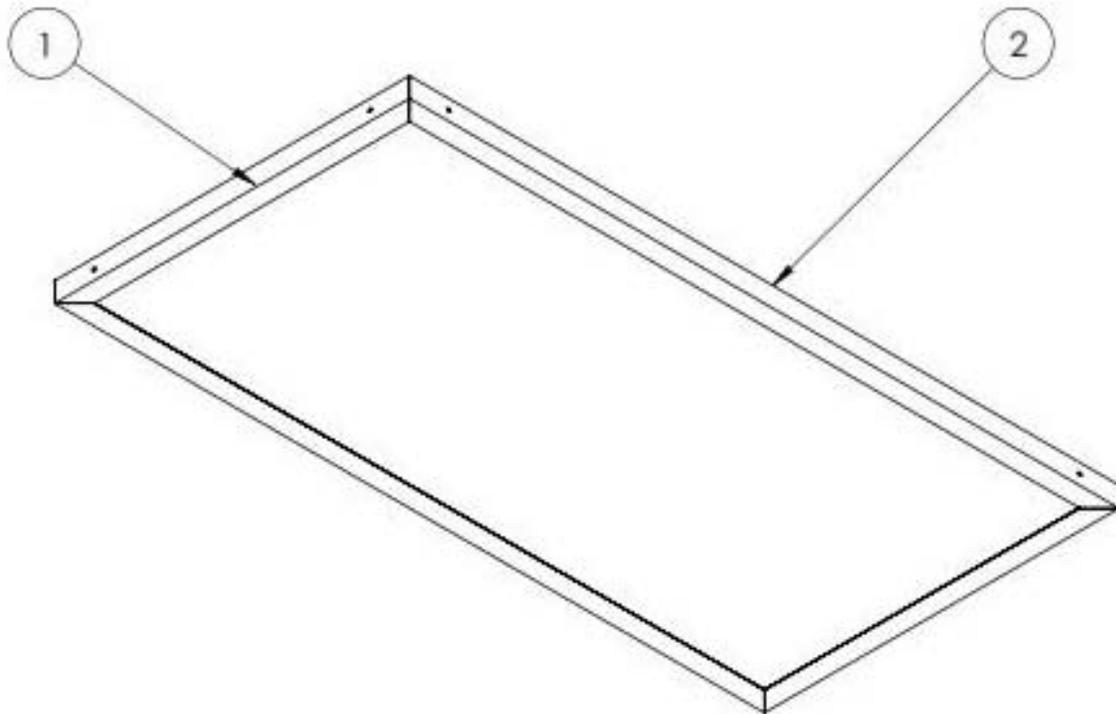
Escala:

72

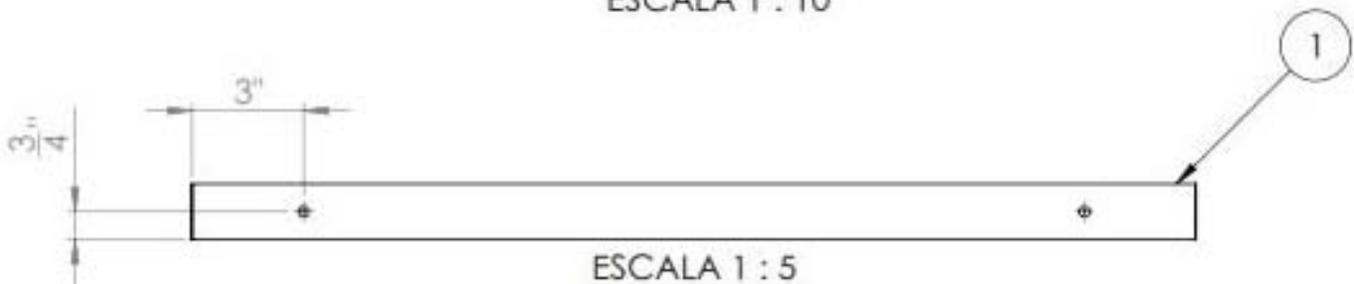


2	2	54"
1	2	27"
N.º DE ELEMENTO	CANTIDAD	LONGITUD

Material: Angulo de lados iguales 1.5X0.25"  
Cortes a 45°



ESCALA 1 : 10



Barrenos pasados para tornillo de 1/4"



Plano No.3 Base para panel solar

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad De Estudios Superiores Aragón

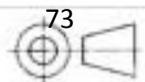
Dibujó: RCR

Revisó: HMA

Aprobó:

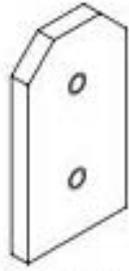
Cota: In

Escala:

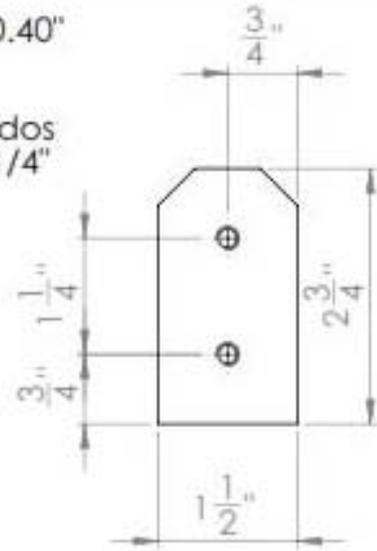


2 Chafilanes de 0.40"  
a 45°

2 Barrenos roscados  
para tornillo de 1/4"



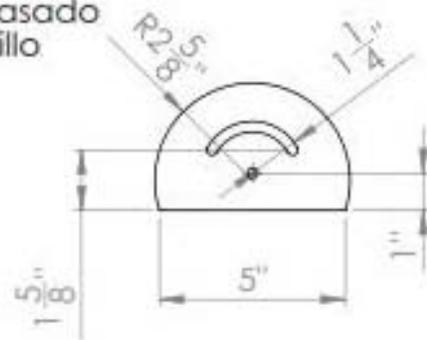
ESCALA 1 : 2  
Solera 4 piezas  
A36, espesor 1/4"



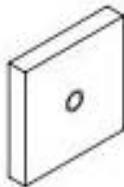
Ranura pasado  
para tornillo  
de 1/4"



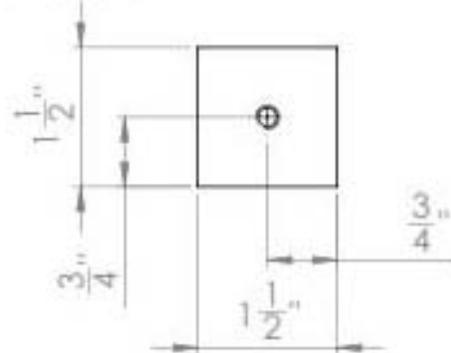
ESCALA 1 : 5  
Transportador 2 piezas  
A36, espesor 1/4"



Barreno roscado  
para tornillo de  
1/4"



ESCALA 1 : 2  
Solera para marco de ángulo  
8 piezas A36, espesor 1/4"



Plano No.4 Base  
para panel solar

Universidad Nacional  
Autónoma de México

Facultad De Estudios  
Superiores Aragón

Dibujó: RCR

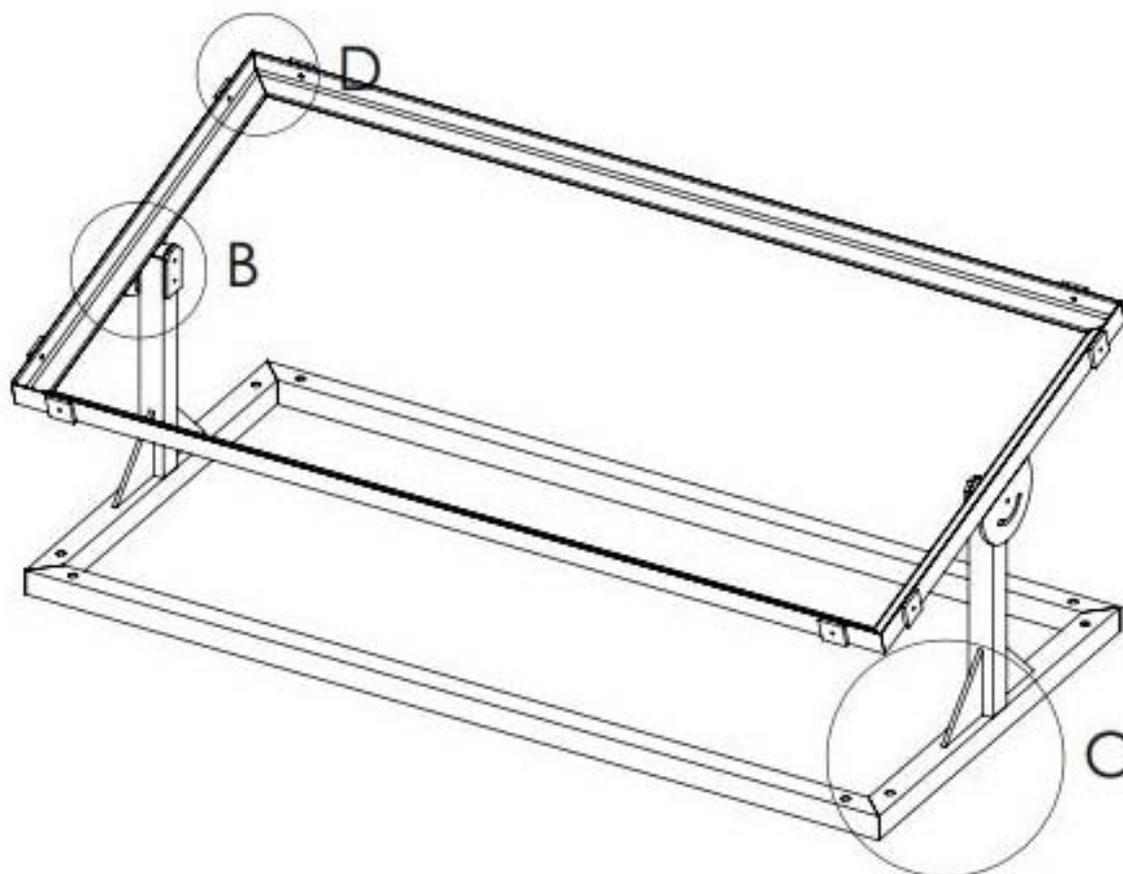
Revisó: HMA

Aprobó:

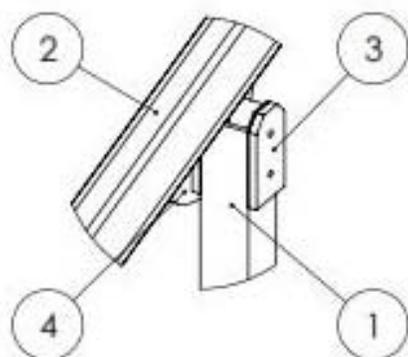
Cota: In

Escala:





ESCALA 1 : 10



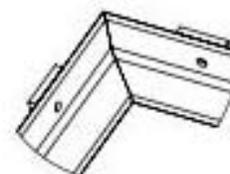
DETALLE B

ESCALA 1 : 5



DETALLE C

ESCALA 1 : 10



DETALLE D

ESCALA 1 : 5



Plano No.5 Base  
para panel solar

Universidad Nacional  
Autónoma de México

Facultad De Estudios  
Superiores Aragón

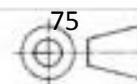
Dibujó: RCR

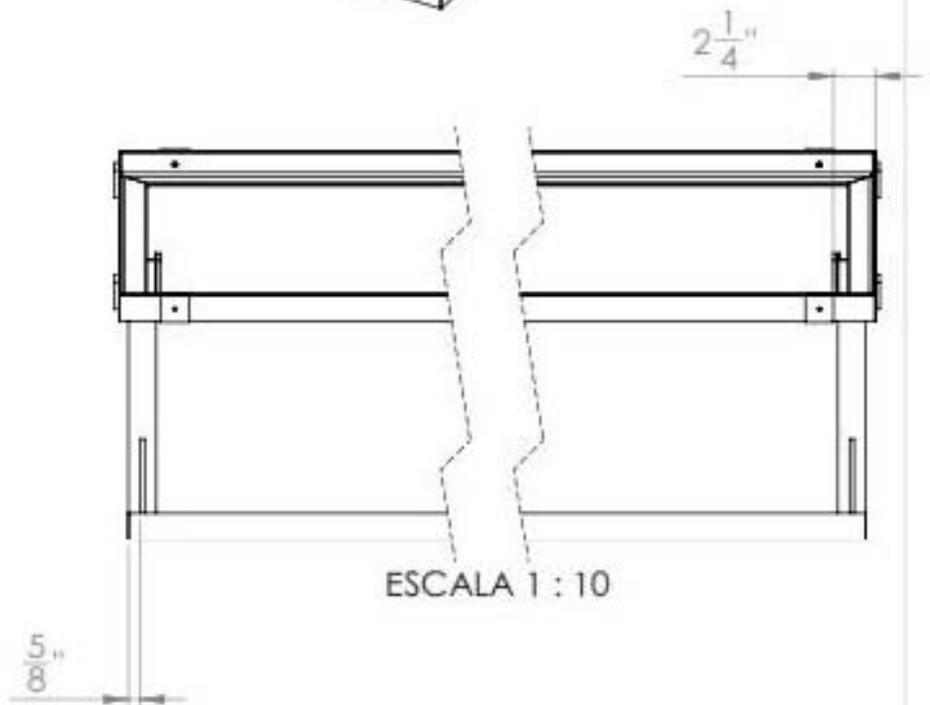
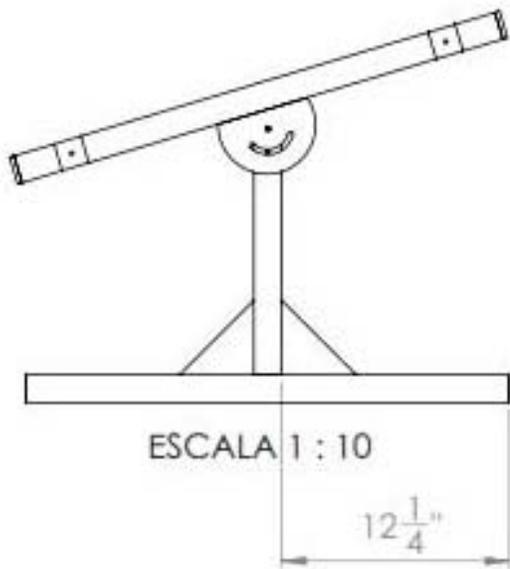
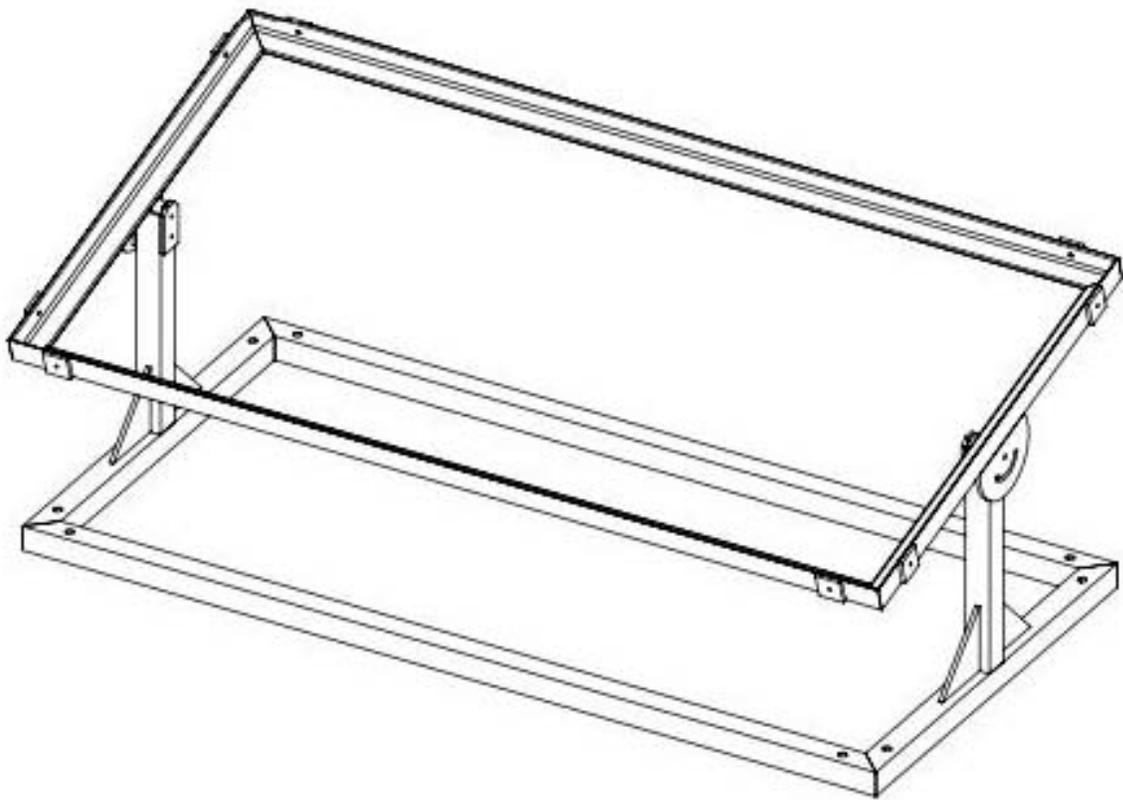
Revisó: HMA

Aprobó:

Cota: In

Escala:





Plano No.6 Base  
para panel solar

Universidad Nacional  
Autónoma de México

Facultad De Estudios  
Superiores Aragón

Dibujó: RCR

Revisó: HMA

Aprobó:

Cota: In

Escala:

