

# Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

## “Estudio Técnico de la Terminal de Almacenamiento y Reparto Tuxtla Gutiérrez”

ASESOR

Dr. Héctor Ricardo Hernández de León

REVISORES

ALUMNO

Daniel De Jesús Zenteno Fernández

**INGENIERIA ELECTRONICA  
RESIDENCIA PROFESIONAL**

---

# Contenido

CAPITULO 1. GENERALIDADES .....	2
<b>1.1 Introducción</b> .....	2
<b>1.2 Información de la institución donde se desarrolló el proyecto</b> .....	3
<b>1.2.1 Historia del PEMEX</b> .....	3
<b>1.2.2 Misión</b> .....	4
<b>1.2.3 Visión</b> .....	5
<b>1.2.4 Localización</b> .....	5
<b>1.2.5 Área específica relacionada directamente con el proyecto</b> .....	5
<b>1.3 Antecedentes</b> .....	6
<b>1.3.1 Energía Eólica</b> .....	6
<b>1.3.2 Energía Mareomotriz</b> .....	7
<b>1.3.3 Energía Solar</b> .....	8
<b>1.4 Planteamiento del problema</b> .....	9
<b>1.5 Nombre del proyecto</b> .....	10
<b>1.6 Objetivos</b> .....	10
<b>1.6.1 Objetivo general</b> .....	10
<b>1.6.2 Objetivos específicos</b> .....	10
<b>1.7 Justificación del proyecto.</b> .....	10
<b>1.8.- Delimitación del tema</b> .....	11
<b>1.9.- Metodología para el desarrollo del proyecto.</b> .....	12
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO .....	13
<b>2.1 Paneles Solares</b> .....	13
<b>2.1.1 Panel Solar Fotovoltaico</b> .....	13
<b>2.1.2 Estructura</b> .....	14
<b>2.1.3 TOP 10 Ventas de paneles solares</b> .....	15
<b>2.2 Inversor</b> .....	15
<b>2.2.1 Inversor</b> .....	15
<b>2.2.2 Funcionamiento</b> .....	16
<b>2.2.3 C.I. 555</b> .....	17
<b>2.2.4 C.I. CD4013B</b> .....	18
<b>2.3 Batería</b> .....	19
<b>2.3.1 Funcionamiento</b> .....	20
<b>2.3.2 Batería de Plomo-Ácido</b> .....	20
<b>2.3.3 Batería de Níquel-Hierro</b> .....	21

<b>2.3.4 Batería de Níquel-Cadmio</b> .....	23
<b>2.3.5 Batería de Níquel-Hidruro Metálico</b> .....	23
<b>2.3.6 Batería de Iones de Litio</b> .....	24
<b>2.3.7 Batería Polímero de Litio</b> .....	25
<b>2.3.8 Tabla comparativa de los tipos de baterías</b> .....	26
<b>2.4 Regulador de Carga</b> .....	27
<b>2.4.1 Función</b> .....	27
<b>2.4.2 ¿Cómo Trabajan?</b> .....	27
<b>2.4.3 Indicadores</b> .....	28
<b>2.4.4 Parámetros Importantes</b> .....	29
<b>2.5 Microsoft Excel</b> .....	30
<b>2.5.1 Aplicaciones</b> .....	31
<b>2.5.2 Especificaciones y Límites</b> .....	31
<b>CAPITULO 3. DESARROLLO E IMPLEMENTACION DEL PROYECTO</b> .....	32
<b>3.1 Construcción del inversor</b> .....	32
<b>3.1.1 Inversor</b> .....	32
<b>3.2 Diagrama de Conexionado</b> .....	39
<b>3.3 Placa para PCB y Máscara de Componentes</b> .....	39
<b>3.4 Circuito Final del Inversor</b> .....	40
<b>3.5 Estudio de Consumo de Luz por Parte de PEMEX</b> .....	41
<b>3.6 Baterías, Paneles y controladores proporcionado por PEMEX</b> .....	44
<b>CAPITULO 4. PRUEBAS Y RESULTADOS</b> .....	47
<b>4.1 Pruebas realizadas</b> .....	47
<b>4.2 Centro de trabajo PEMEX</b> .....	47
<b>4.3 Instalación de Paneles Solares en PEMEX</b> .....	49
<b>4.4 Comparación de Resultados</b> .....	50
<b>Conclusiones</b> .....	51
<b>Referencias</b> .....	51
<b>Anexos</b> .....	52
<b>A1. DataSheet, 555</b> .....	52
<b>A2. Tabla de radiación solar del hemisferio norte a 10° latitud</b> .....	54





# CAPITULO 1. GENERALIDADES

## ***1.1 Introducción***

En la actualidad el consumo de energía eléctrica en nuestro país ha ido aumentando de manera exponencial debido a los múltiples usos que se le pueden dar, ya que como conocemos, la energía eléctrica es uno de los principales recursos usados para nuestra vida cotidiana.

Según datos del INEGI, el consumo de energía eléctrica per cápita es de 2,091.69 kWh (2011) y conforme pasa el tiempo el consumo per cápita va en aumento.

Las grandes empresas tales como PEMEX no se excluyen de la lista de consumidores potenciales de energía eléctrica en México. Debido a esto se han creado alternativas para disminuir el consumo de electricidad utilizando diversos aparatos para aprovechar otras fuentes de energía y convertirlas en energía eléctrica, tal es el caso de los paneles solares.

Los paneles solares suelen convertir la energía luminosa del sol en energía eléctrica para el uso de aparatos que se requieren para realizar diversas tareas. Un panel solar está compuesto por una célula solar la cual se encarga, como ya vimos, de convertir la energía solar en eléctrica, un inversor el cual convierte la corriente directa en corriente alterna y un banco de baterías para proporcionarnos la energía suficiente a usar.

El presente trabajo muestra los estudios que se necesitan hacer para poder implementar un panel solar en un lugar determinado, los cuales van desde que cantidad de energía se consume en el sitio, la cantidad de radiación solar que hay en el lugar, hasta el tipo de baterías y de paneles que se van a utilizar para hacer más eficiente el trabajo ahí. Esperamos que el trabajo sea de su grado.

## ***1.2 Información de la institución donde se desarrolló el proyecto***

### ***1.2.1 Historia del PEMEX***

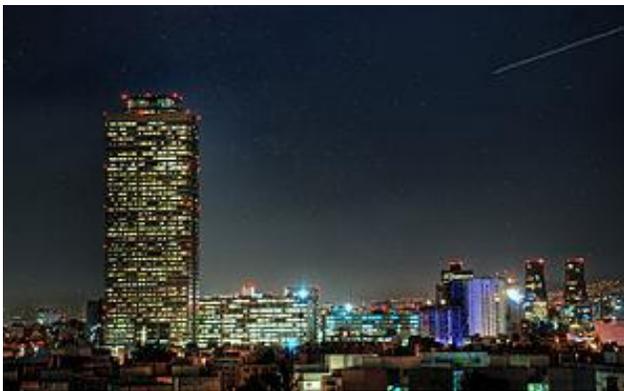
Petróleos Mexicanos (Pemex) es una empresa estatal productora de petróleo creada el 18 de marzo de 1938, que cuenta con un régimen constitucional para la explotación de los recursos energéticos (principalmente petróleo y gas natural) en territorio mexicano, aunque también cuenta con diversas operaciones en el extranjero. Esta empresa actúa bajo la supervisión de un consejo de administración, cuyo presidente es el Secretario de Energía, actualmente Pedro Joaquín Coldwell. El Director General de Pemex (el cual es el encargado de las operaciones diarias) es José Antonio González Anaya.

### **Exploración y Producción**

- Producción de crudo: 2,429 Mbd.
- Producción de gas natural: 5,758 MMpcd.
- 75% de la producción de crudo es marina.

### **Internacional**

- 8º mayor productor de crudo a nivel mundial.
- Exportaciones de crudo: 1,142 Mbd.
- 3º mayor exportador de crudo a Estados Unidos.
- Relación de largo plazo con refinerías en la costa norteamericana del Golfo de México.
- Proyecto conjunto (JV) con Shell en Deer Park, Texas.



Su sede de administración está ubicada en la Avenida Marina Nacional #329, Colonia Petróleos Mexicanos, Delegación Miguel Hidalgo en la Ciudad de México donde concentra todas sus áreas administrativas en la llamada Torre Ejecutiva Pemex y en edificios contiguos alberga sus sistemas informáticos.

**Fig. 1.1- Torre Latina PEMEX de noche.**

## Organización



**Fig. 1.2.- Torre Latina PEMEX de día**

Petróleos Mexicanos opera por conducto de un corporativo y empresas y filiales productivas subsidiarias:

- Pemex Exploración y Producción
- Pemex Transformación Industrial
- Pemex Etileno
- Pemex Fertilizantes
- Pemex Logística
- Pemex Perforación y Servicios
- Pemex Cogeneración y Servicios
- PMI Comercio Internacional SA de CV (Compañía filial) y una serie de otras filiales relacionadas con PMI

### ***1.2.2 Misión***

Proporcionar servicios integrales de salud con oportunidad, calidad, seguridad y respeto a los principios éticos, que permitan satisfacer las necesidades de salud y las expectativas de los trabajadores petroleros, jubilados, derechohabientes y socios estratégicos, con enfoque prioritario en la prevención y salud en el trabajo; con base en una administración eficiente de los recursos y generando valor, para ser competitivos y rentables.

### 1.2.3 Visión

Proporcionar servicios de salud de clase mundial, privilegiando los niveles de prevención médica y la seguridad del paciente, bajo los estándares internacionales de salud, con personal altamente capacitado, competitivo e innovador en la gestión de sus procesos, que conduzca a ser un socio estratégico rentable y sustentable, mediante la utilización de la más alta tecnología y alianzas estratégicas, y al cumplimiento de las expectativas de los clientes internos y externos a la organización.

### 1.2.4 Localización

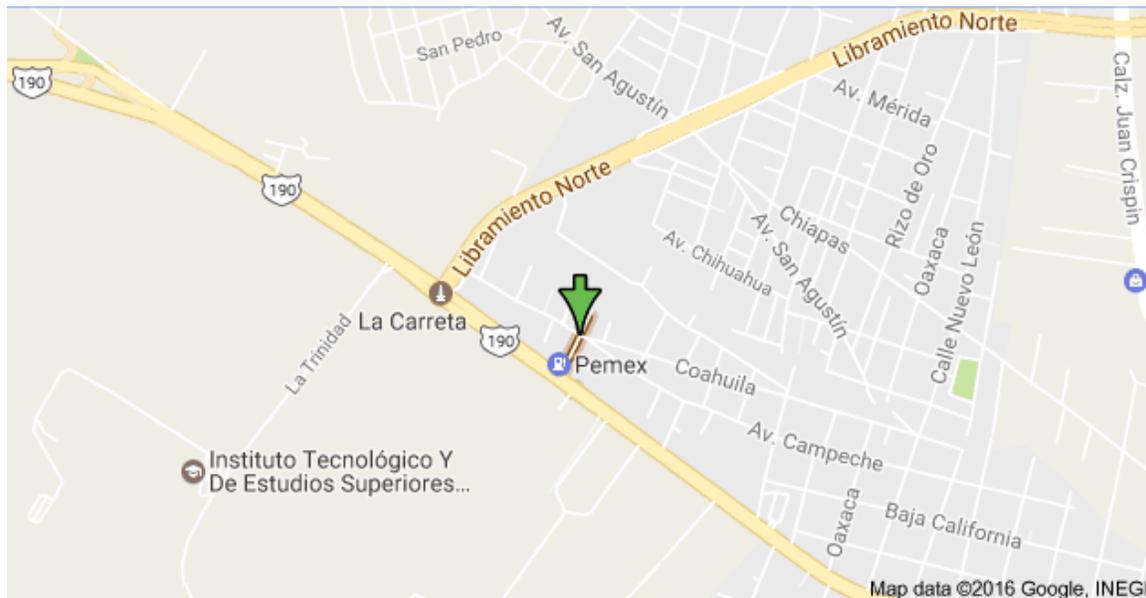


Fig. 1.3.- Carretera Panamericana Km 1080. Tuxtla Gutiérrez Chiapas, C.P. 29100.

### 1.2.5 Área específica relacionada directamente con el proyecto

La Terminal de Almacenamiento y Reparto Tuxtla Gutiérrez cuenta con diversas áreas en las que todo el trabajo se divide: El área de mantenimiento donde se lleva a cabo todo lo relacionado con mejoras en la Terminal, El área de Operación donde se programan los viajes locales y foráneos a atender, Oficinas generales donde se lleva a cabo toda la situación administrativa, torre de control la cual se encarga de verificar el producto que entra y sale, Laboratorio de control de calidad que realiza pruebas del combustible para poder verificar su calidad y por último El patio donde se lleva a cabo la carga y descarga del combustible.

El proyecto de Estudio Técnico está vinculado con diversas áreas, pero la mayor parte del trabajo se desarrolla en 3: El área de mantenimiento, el área de Operación y el Patio.

Estamos bajo el mando directo del área de Operación y apoyamos en diversas áreas en donde se nos requiera.

### ***1.3 Antecedentes***

Desde la antigüedad, el hombre ha buscado diversas formas de convertir la energía que le rodea su uso y beneficio. Los primeros pasos fueron utilizar la energía eólica que se producían en las grandes praderas para poder moler maíz entre otras cosas. Después se comenzaron a investigar otras fuentes de energía tales como la energía que producen las olas del mar, la energía nuclear, la energía potencial de las presas, y así sucesivamente hasta que se llegó a encontrar un tipo de energía limpio y que la naturaleza provee casi todo el tiempo, la energía calorífica.

#### ***1.3.1 Energía Eólica***

Conforme pasaba el tiempo, la necesidad del hombre de obtener energía para su uso aumentaba. Se dieron cuenta que la naturaleza podía brindar energía para su uso en forma de elementos naturales como era el caso del viento y así surgió la energía eólica.

La energía eólica es la energía obtenida a partir del viento, es decir, la energía cinética generada por efecto de las corrientes de aire, y que es convertida en otras formas útiles de energía para las actividades humanas.

En la actualidad, la energía eólica es utilizada principalmente para producir electricidad mediante aerogeneradores conectados a las grandes redes de distribución de energía eléctrica. Los parques eólicos construidos en tierra suponen una fuente de energía cada vez más barata y competitiva, e incluso más barata en muchas regiones que otras fuentes de energía convencionales.

La energía del viento está relacionada con el movimiento de las masas de aire que se desplazan desde zonas de alta presión atmosférica hacia zonas adyacentes de menor presión, con velocidades proporcionales al gradiente de presión.

Los vientos se generan a causa del calentamiento no uniforme de la superficie terrestre debido a la radiación solar; entre el 1 y el 2 % de la energía proveniente del Sol se convierte en viento. Durante el día, los continentes

transfieren una mayor cantidad de energía solar al aire que las masas de agua, haciendo que este se caliente y se expanda, por lo que se vuelve menos denso y se eleva. El aire más frío y pesado que proviene de los mares, océanos y grandes lagos se pone en movimiento para ocupar el lugar dejado por el aire caliente

### **1.3.2 Energía Mareomotriz**

La energía mareomotriz es la que se obtiene aprovechando las mareas: mediante el uso de un alternador se puede utilizar el sistema para la generación de electricidad, transformando así la energía mareomotriz en energía eléctrica, una forma energética más segura y aprovechable. Es un tipo de energía renovable, en tanto que la fuente de energía primaria no se agota por su explotación, y es limpia ya que en la transformación energética no se producen subproductos contaminantes gaseosos, líquidos o sólidos. Sin embargo, la relación entre la cantidad de energía que se puede obtener con los medios actuales y el coste económico y ambiental de instalar los dispositivos para su proceso han impedido una penetración notable de este tipo de energía

El funcionamiento de una planta mareomotriz, es sencillo, cuando se eleva la marea se abren las compuertas del dique la cual ingresa en el embalse. Después cuando llega a su nivel máximo el embalse, se cierran las compuertas. Luego, cuando la marea desciende por debajo del nivel del embalse alcanzando su amplitud máxima entre este y el mar, se abren las compuertas dejando pasar el agua por las turbinas a través de los estrechos conductos.

Los métodos de generación mediante energía de marea pueden clasificarse en tres distintas formas:

#### Generador de la corriente de marea

Los generadores de corriente de marea tidalstreamgenerators (o TSG por sus iniciales inglés) hacen uso de la energía cinética del agua en movimiento a las turbinas de la energía, de manera similar al viento (aire en movimiento) que utilizan las turbinas eólicas. Este método está ganando popularidad debido a costos más bajos y a un menor impacto ecológico en comparación con las presas de marea, ya que esto ocasiona que el agua suba 10 metros a nivel del mar sobre lo normal.

#### Presa de marea

Las presas de marea hacen uso de la energía potencial que existe en la diferencia de altura (o pérdida de carga) entre las mareas altas y bajas. Las presas son esencialmente los diques en todo el ancho de un estuario, y sufren los altos costes de la infraestructura civil, la escasez mundial de sitios viables y las cuestiones ambientales.

Energía mareomotriz dinámica:

La energía mareomotriz dinámica (dynamic tidal power o DTP) es una tecnología de generación teórica que explota la interacción entre las energías cinética y potencial en las corrientes de marea. Se propone que las presas muy largas (por ejemplo: 30 a 50 km de longitud) se construyan desde las costas hacia afuera en el mar o el océano, sin encerrar un área. Se introducen por la presa diferencias de fase de mareas, lo que lleva a un diferencial de nivel de agua importante (por lo menos 2.3 metros) en aguas marinas ribereñas poco profundas con corrientes de mareas que oscilan paralelas a la costa, como las que encontramos en el Reino Unido, China y Corea del Sur. Cada represa genera energía en una escala de 6 a 17 GW.

### ***1.3.3 Energía Solar***

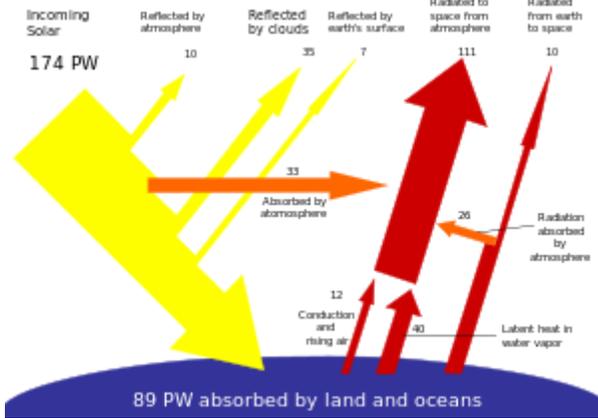
La energía solar es una energía renovable, obtenida a partir del aprovechamiento de la radiación electromagnética procedente del Sol. La radiación solar que alcanza la Tierra ha sido aprovechada por el ser humano desde la Antigüedad, mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando. En la actualidad, el calor y la luz del Sol puede aprovecharse por medio de diversos captadores como células fotovoltaicas, helióstatos o colectores térmicos, pudiendo transformarse en energía eléctrica o térmica. Es una de las llamadas energías renovables o energías limpias, que podrían ayudar a resolver algunos de los problemas más urgentes que afronta la humanidad.

Las diferentes tecnologías solares se pueden clasificar en pasivas o activas según cómo capturan, convierten y distribuyen la energía solar. Las tecnologías activas incluyen el uso de paneles fotovoltaicos y colectores solares térmicos para recolectar la energía. Entre las técnicas pasivas, se encuentran diferentes técnicas enmarcadas en la arquitectura bioclimática: la orientación de los edificios al Sol, la selección de materiales con una masa térmica favorable o que tengan propiedades para la dispersión de luz, así como el diseño de espacios mediante ventilación natural.

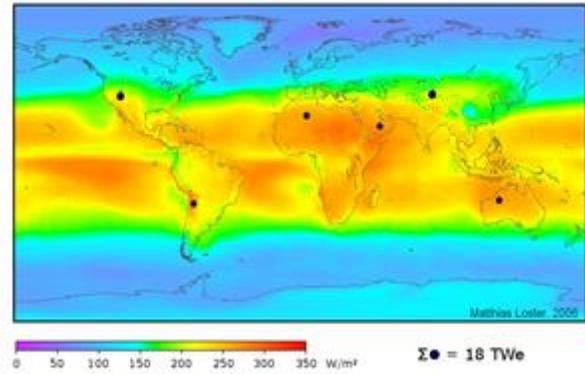
La Tierra recibe 174 petavatios de radiación solar entrante (insolación) desde la capa más alta de la atmósfera.<sup>8</sup> Aproximadamente el 30 % regresa al espacio, mientras que las nubes, los océanos y las masas terrestres absorben la restante. El espectro electromagnético de la luz solar en la superficie terrestre lo ocupa principalmente la luz visible y los rangos de infrarrojos con una pequeña parte de radiación ultravioleta.

La potencia de la radiación varía según el momento del día, las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud. En condiciones de radiación aceptables, la potencia equivale aproximadamente a 1000 W/m<sup>2</sup> en la superficie terrestre. Esta potencia se denomina irradiancia.

La irradiancia directa normal (o perpendicular a los rayos solares) fuera de la atmósfera, recibe el nombre de constante solar y tiene un valor medio de 1366 W/m<sup>2</sup>



**Fig. 1.4.- Radiación del sol que entra a la Tierra**



**Fig. 1.5.- Zonas con mayor radiación en la Tierra**

### 1.4 Planteamiento del problema

Cuando se habla de energía eléctrica, en especial del consumo de energía eléctrica en grandes empresas tales como PEMEX, Coca-Cola, TELMEX, etc. Se refiere a un consumo muy grande, por lo que el gasto que se realiza es inmenso llegando a veces a puntos excesivos.

Algunas empresas de las antes mencionadas, en específico hablando de PEMEX aparte de consumir, también generan energía eléctrica en algunas de sus terminales. Debido a esto se ha hecho un convenio con CFE para que la energía generada sea descontada del consumo eléctrico de sus TADs. A pesar de eso, el consumo sigue siendo demasiado grande y los costos no son nada viables.

En el caso de la Terminal de Almacenamiento y Reparto PEMEX Tuxtla Gutiérrez, se ha hecho un estudio del consumo eléctrico proveniente de del sistema interno de PEMEX. El periodo evaluado consta de 3 años para tener datos muchos más precisos. Esos datos nos muestran que el gasto que PEMEX realiza es demasiado grande por lo que se está optando por usar fuentes de energía renovable.

Es inevitable pensar que se puede sustituir el consumo de energía generado por otras empresas, ya que se depende mucho de ella para poder usar los diversos aparatos, pero si se puede buscar una alternativa para poder reducir lo máximo posible ese consumo y usar energía renovable.

### ***1.5 Nombre del proyecto***

## **“Estudio Técnico de la Terminal de Almacenamiento y Despacho PEMEX Tuxtla Gutiérrez”**

### ***1.6Objetivos***

#### ***1.6.1 Objetivo general***

Realizar un estudio completo de la Terminal de Almacenamiento y Reparto Tuxtla Gutiérrez, para obtener datos útiles que llevaran a cabo la optimización de dicho centro de trabajo y así poder hacerlo más eficiente.

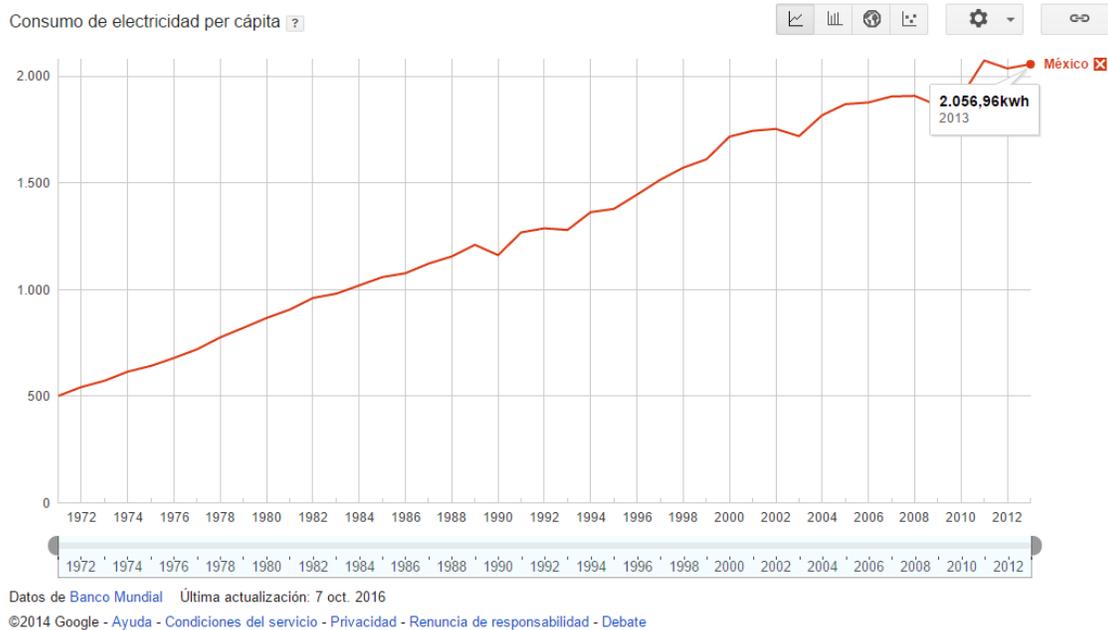
#### ***1.6.2 Objetivos específicos***

1. Realizar un estudio técnico de la TAR PEMEX Tuxtla Gutiérrez concentrándose en los datos de consumo eléctrico, la cantidad de energía solar que incide en ese punto y hacer más eficiente la Planta.
2. Realizar pruebas de la eficiencia sobre la luz solar que incide en el centro de trabajo basándose en los datos obtenidos sobre el consumo de energía eléctrica.
3. Instalar una red de paneles solares en la TAR Tuxtla Gutiérrez para disminuir el consumo eléctrico de la planta.
4. Verificar el consumo de la TAR Tuxtla Gutiérrez después de haber instalado la red de paneles solares y comparar resultados.

### ***1.7Justificación del proyecto.***

Ante la evidencia de las altas cifras que se paga debido al alto consumo de energía eléctrica, ha surgido la necesidad de recurrir a fuente alternas de energía tales como las energías renovables.

Según estudios del Banco Mundial, México tiene un consumo de energía eléctrica per cápita de 2,056.96 kWh. Y como se puede ver en la fig. 6, con forme pasa el tiempo va en aumento de manera exponencial.



**Fig. 1.6.- Consumo de energía eléctrica per Cápita.**

A pesar que existen diversas energías renovables, debido a anteriores estudios que se han realizado en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez, se ha optado por utilizar la energía solar debido a su alta tasa de conversión, así como la gran cantidad de radiación solar que se presenta en nuestra ciudad.

Con este proyecto se pretende reducir las altas tarifas que se pagan en las empresas que consumen demasiada energía eléctrica. Por eso se hará uso de fuentes alternas tales como las energías renovables y sus variantes para poder incrementar la eficiencia de las Plantas y reducir costos.

### **1.8.- Delimitación del tema**

Este proyecto está pensado en la reducción de costos de empresas, así como en el uso de energías alternas o energías renovables para el consumo de aparatos eléctricos de gran potencia. También se planea que este proyecto sirva para demostrar que las energías renovables sirven no solo para aparatos pequeños tales como los cotidianos, sino para utilizar aparatos muy grandes.

Por medio del uso de paneles solares y bancos de baterías generaremos una tensión de 120-220V para poder utilizar las UCL de los PLC's, así como los

demás aparatos eléctricos como son las computadoras, los instrumentos del laboratorio para realizar mediciones, etc.

### ***1.9.- Metodología para el desarrollo del proyecto.***

La implementación de este proyecto busca resolver el problema de los altos pagos de luz debido al alto consumo eléctrico, utilizando las energías renovables y convirtiendo la energía solar en energía eléctrica, luego de la conversión, la energía eléctrica es corriente directa y esa se almacenara en un banco de baterías que nos dará como resultado 120-220V. Después de eso pasaremos a utilizar un inversor que hará la función de convertir la corriente directa en corriente alterna que es con la que trabajan nuestros aparatos eléctricos.

# CAPÍTULO 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

## *2.1 Paneles Solares*

### *2.1.1 Panel Solar Fotovoltaico*

Los paneles fotovoltaicos: están formados por numerosas celdas que convierten la luz en electricidad. Las celdas a veces son llamadas células fotovoltaicas. Estas celdas dependen del efecto fotovoltaico por el que la energía lumínica produce cargas positiva y negativa en dos semiconductores próximos de diferente tipo, produciendo así un campo eléctrico capaz de generar una corriente.

Los materiales para celdas solares suelen ser silicio cristalino o arseniuro de galio. Los cristales de arseniuro de galio se fabrican especialmente para uso fotovoltaico, mientras que los cristales de silicio están disponibles en lingotes normalizados, más baratos, producidos principalmente para el consumo de la industria microelectrónica. El silicio policristalino tiene una menor eficacia de conversión, pero también menor coste.

Cuando se expone a luz solar directa, una celda de silicio de 6 cm de diámetro puede producir una corriente de alrededor 0,5 A a 0,5 V (equivalente a un promedio de 90 W/m<sup>2</sup>, en un campo de normalmente 50-150 W/m<sup>2</sup>, dependiendo del brillo solar y la eficiencia de la celda). El arseniuro de galio es más eficaz que el silicio, pero también más costoso.

Las células de silicio más empleadas en los paneles fotovoltaicos se pueden dividir en tres subcategorías:

- Las células de silicio monocristalino están constituidas por un único cristal de silicio. Este tipo de células presenta un color azul oscuro uniforme.
- Las células de silicio policristalino (también llamado multicristalino) están constituidas por un conjunto de cristales de silicio, lo que explica que su rendimiento sea algo inferior al de las células monocristalinas. Se caracterizan por un color azul más intenso.
- Las células de silicio amorfo. Son menos eficientes que las células de silicio cristalino pero también más barato. Este tipo de células es, por ejemplo, el que se emplea en aplicaciones solares como relojes o calculadoras.

Los lingotes cristalinos se cortan en discos finos como una oblea, pulidos para eliminar posibles daños causados por el corte. Se introducen dopantes — impurezas añadidas para modificar las propiedades conductoras— en las obleas, y se depositan conductores metálicos en cada superficie: una fina rejilla en el lado donde da la luz solar y usualmente una hoja plana en el otro. Los paneles solares se construyen con estas celdas agrupadas en forma apropiada. Para protegerlos de daños, causados por radiación o por el manejo de éstos, en la superficie frontal se los cubre con una cubierta de vidrio y se pegan sobre un sustrato —el cual puede ser un panel rígido o una manta blanda—. Se hacen conexiones eléctricas en serie-paralelo para fijar el voltaje total de salida. El pegamento y el sustrato deben ser conductores térmicos, ya que las celdas se calientan al absorber la energía infrarroja que no se convierte en electricidad. Debido a que el calentamiento de las celdas reduce la eficacia de operación es deseable minimizarlo. Los ensamblajes resultantes se llaman paneles solares.



**Fig 2.1 Paneles Solares en Islas Cies**

### ***2.1.2 Estructura***

Las estructuras para anclar los paneles solares son generalmente de aluminio con tornillería de acero inoxidable para asegurar una máxima ligereza y una mayor durabilidad en el tiempo. Las estructuras tienen medidas estándar para la superficie, orientación e inclinación (tanto en horizontal, como en vertical).

La estructura suele estar compuesta de ángulos de aluminio, carril de fijación, triángulo, tornillos de anclaje (triángulo-ángulo), tornillo allen (generalmente de tuerca cuadrada, para la fijación del módulo) y pinza zeta (para la fijación del módulo y cuyas dimensiones dependen del espesor del módulo)



**Fig. 2.2 Estructura de cristal del panel solar.**

### ***2.1.3 TOP 10 Ventas de paneles solares***

Los diez mayores productores mundiales de paneles fotovoltaicos (por producción en MW) en 2015 fueron:

1. Trina Solar (China)
2. Canadian Solar (Canadá)
3. Jinko Solar (China)
4. JA Solar (China)
5. Hanwha Q-Cells (Corea del Sur)
6. First Solar (EEUU)
7. Yingli (China)
8. SFCE (China)
9. ReneSola (EEUU)
10. Sunpower (EEUU)

## ***2.2 Inversor***

### ***2.2.1 Inversor***

El inversor de voltaje es un sistema que convierte la tensión de corriente continua (en este caso los 12 voltios de una batería), en un voltaje simétrico de corriente alterna, que puede ser de 220V o 120V, dependiendo del país o del uso que se le piense dar a este circuito.

La función de un inversor es cambiar un voltaje de entrada de corriente continua a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna, con la magnitud y frecuencia deseada por el usuario o el diseñador. Los inversores se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, desde pequeñas fuentes de alimentación para computadoras, hasta aplicaciones industriales para controlar alta potencia. Los inversores también se utilizan para convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos, acumuladores o baterías, etc, en corriente alterna y

de esta manera poder ser inyectados en la red eléctrica o usados en instalaciones eléctricas aisladas.

Otra gran aplicación de los inversores, es la de convertir la corriente continua generada por los paneles solares (que es almacenada en baterías), en corriente alterna, para luego ser utilizada en el hogar o la industria rural, reemplazando el servicio de la red pública.



**Fig. 2.3.- Inversor conectado a un panel solar.**

### ***2.2.2 Funcionamiento***

Un inversor simple consta de un oscilador que controla a un transistor, el cual se utiliza para interrumpir la corriente entrante y generar una onda rectangular.

Esta onda rectangular alimenta a un transformador que suaviza su forma, haciéndola parecer un poco más una onda senoidal y produciendo el voltaje de salida necesario. La forma de onda de salida del voltaje de un inversor ideal debería ser sinusoidal. Una buena técnica para lograr esto es utilizar la técnica de PWM logrando que la componente principal senoidal sea mucho más grande que las armónicas superiores.

Los inversores más modernos han comenzado a utilizar formas más avanzadas de transistores o dispositivos similares, como los tiristores, los triac o los IGBT.

Los inversores más eficientes utilizan varios artificios electrónicos para tratar de llegar a una onda que simule razonablemente a una onda senoidal en la entrada del transformador, en vez de depender de éste para suavizar la onda.

Se pueden clasificar en general en dos tipos:

- 1) inversores monofásicos
- 2) inversores trifásicos.

Se pueden utilizar condensadores e inductores para suavizar el flujo de corriente desde y hacia el transformador.

Además, es posible producir una llamada "onda senoidal modificada", la cual se genera a partir de tres puntos: uno positivo, uno negativo y uno de tierra. Una circuitería lógica se encarga de activar los transistores de manera que se alternen adecuadamente. Los inversores de onda senoidal modificada pueden causar que ciertas cargas, como motores, por ejemplo; operen de manera menos eficiente.

Los inversores más avanzados utilizan la modulación por ancho de pulsos con una frecuencia portadora mucho más alta para aproximarse más a la onda seno o modulaciones por vectores de espacio mejorando la distorsión armónica de salida. También se puede predistorsionar la onda para mejorar el factor de potencia ( $\cos \Phi$ ).

Los inversores de alta potencia, en lugar de transistores utilizan un dispositivo de conmutación llamado IGBT (InsulatedGate Bipolar transistor ó Transistor Bipolar de Puerta Aislada).

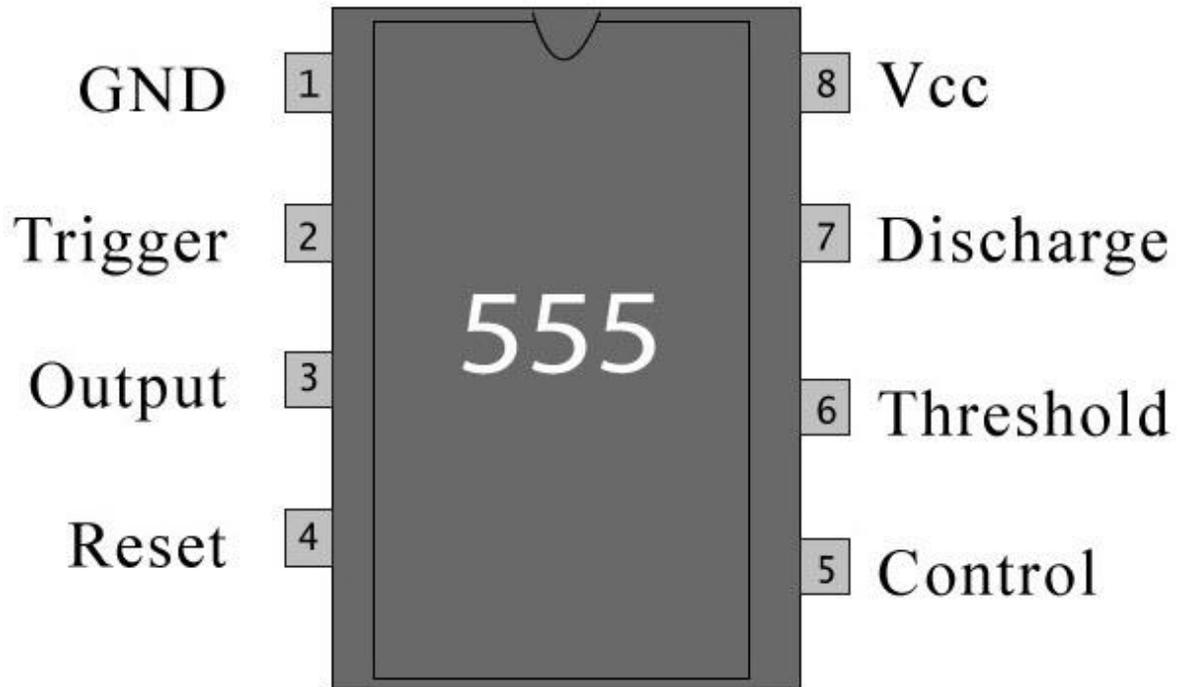


**Fig.2.4.- Red de paneles solares con su respectivo inversor solar.**

### **2.2.3 C.I. 555**

El 555 es un circuito integrado usado para generar oscilaciones y retardos de tiempo de precisión. En este caso lo usaremos para hacer un oscilador astable (flipflop), que entrega en la pata 3 una onda cuadrada. La frecuencia de trabajo se regula mediante dos resistencias externas y un condensador. En este caso usamos una resistencia de 33K que va de la pata 8 (+Vcc) a la pata 7, que descarga el condensador externo del temporizador, y un reóstato de 100K que va conectado entre la pata de descarga (7) y la pata (6) o entrada del comparador interno del 555, que se utiliza para poner la salida a nivel bajo. El 555 entrega a la

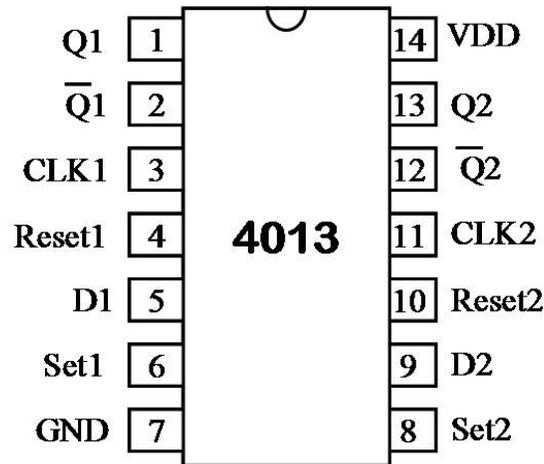
salida una corriente de hasta 200 miliamperios que excita el circuito integrado CD4013BP.



**Fig. 2.5.- Pines del CI 555.**

#### **2.2.4 C.I. CD4013B**

El circuito integrado CD4013B es un flip-flop doble tipo-D, CMOS. Cada flip-flop se puede configurar con datos, restablecimiento y entradas de reloj independientes. Como el 555 tiene problemas al hacer el semiciclo negativo o estado bajo, usamos sólo los semiciclos positivos del 555, para ordenarle al 4013 que genere una onda cuadrada perfecta. La señal proveniente del 555, entra al 4013 por la pata 3 o reloj. En las patas 1 y 2 se generan ondas cuadradas inversas. Es decir: cuando la pata 1 está en (0) o estado bajo, la pata 2 está en (1) o estado alto y viceversa.



**Fig. 2.6.- Pines del CI CD4013B.**

### **2.3 Batería**

Se denomina batería, batería eléctrica, acumulador eléctrico o simplemente acumulador, al dispositivo que consiste en una o más celdas electroquímicas que pueden convertir la energía química almacenada, en electricidad. Cada celda consta de un electrodo positivo, o cátodo y un electrodo negativo, o ánodo y electrolitos que permiten que los iones se muevan entre los electrodos, facilitando que la corriente fluya fuera de la batería para llevar a cabo su función.

Las baterías vienen en muchas formas y tamaños, desde las celdas en miniatura que se utilizan en audífonos y relojes de pulsera, a los bancos de baterías del tamaño de las habitaciones que proporcionan energía de reserva a las centrales telefónicas y ordenadores de centros de datos.



## Fig. 2.7.- Batería de Cadmio

### **2.3.1 Funcionamiento**

El principio de funcionamiento de un acumulador está basado esencialmente en un proceso químico reversible llamado reducción-oxidación (también conocida como redox), un proceso en el cual uno de los componentes se oxida (gana electrones) y el otro se reduce (pierde electrones); es decir, un proceso cuyos componentes no resulten consumidos ni se pierdan, sino que meramente cambian su estado de oxidación y, que a su vez pueden retornar a su estado original en las circunstancias adecuadas. Estas circunstancias son, en el caso de los acumuladores, el cierre del circuito externo, durante el proceso de descarga, y la aplicación de una corriente, igualmente externa, durante la carga.

Resulta que procesos de este tipo son bastante comunes en las relaciones entre los elementos químicos y la electricidad durante el proceso denominado electrólisis, y en los generadores voltaicos o pilas. Los investigadores del siglo XIX dedicaron numerosos esfuerzos a observar y a esclarecer este fenómeno, que recibió el nombre de polarización.

Un acumulador es, así, un dispositivo en el que la polarización se lleva a sus límites alcanzables, y consta, en general, de dos electrodos, del mismo o de distinto material, sumergidos en un electrolito.

### **2.3.2 Batería de Plomo-Ácido**

Está constituida por dos electrodos de plomo, de manera que, cuando el aparato está descargado, se encuentra en forma de sulfato de plomo (II) ( $\text{PbSO}_4$ ) incrustado en una matriz de plomo metálico en el elemento metálico (Pb); el electrolito es una disolución de ácido sulfúrico

#### **Ciclos y vida**

No obstante, este proceso no se puede repetir indefinidamente, porque, cuando el sulfato de plomo (II) forma cristales, ya no responden bien a los procesos indicados, con lo que se pierde la característica esencial de la reversibilidad. Se dice entonces que la batería se ha «sulfatado» y es necesario sustituirla por otra

nueva. Las baterías de este tipo que se venden actualmente utilizan un electrolito en pasta, que no se evapora y hace mucho más segura y cómoda su utilización.

### **Ventajas**

- Bajo costo.
- Fácil fabricación.

### **Desventajas**

- No admiten sobrecargas ni descargas profundas, viendo seriamente disminuida su vida útil.
- Altamente contaminantes.
- Baja densidad de energía: 30 Wh/kg.
- Peso excesivo, al estar compuesta principalmente de plomo; por esta razón su uso en automóviles eléctricos se considera poco lógico por los técnicos electrónicos con experiencia. Su uso se restringe por esta razón.

### **Usos**

Este tipo de acumulador se sigue usando aún en muchas aplicaciones: en los automóviles, para el arranque, sistemas fotovoltaicos y en aplicaciones estacionarias como acumuladores para fuentes de alimentación ininterrumpidas para equipos médicos, informáticos, equipos de seguridad, etc.



**Fig. 2.8.- Batería de Plomo-Ácido**

### **2.3.3Batería de Níquel-Hierro**

La batería de níquel-hierro, también denominada de ferroníquel, fue inventada por WaldemarJungner en 1899, posteriormente desarrollada por Thomas Alva Edison

y patentada en 1903. En el diseño original de Edison el cátodo estaba compuesto por hileras de finos tubos formados por láminas enrolladas de acero niquelado, estos tubos están rellenos de hidróxido de níquel u oxi-hidróxido de níquel (NiOOH). El ánodo se componía de cajas perforadas delgadas de acero niquelado que contienen polvo de óxido ferroso (FeO). El electrolito es alcalino, una disolución de un 20 % de potasa cáustica (KOH) en agua destilada.

### Ventajas

- Bajo costo.
- Fácil fabricación.
- Admite sobrecargas, repetidas descargas totales e incluso cortocircuitos sin pérdida significativa de capacidad.
- No es contaminante, no contiene metales pesados y el electrolito diluido se puede usar en aplicaciones agrícolas.
- Muy larga vida útil, algunos fabricantes hablan de más de 100 años de esperanza de vida en los electrodos y 1000 ciclos de descarga 100 % en el electrolito.6 El electrolito se debe cambiar cada 20 años según instrucciones de uso redactadas por el propio Edison.
- Compuesta de elementos abundantes en la corteza de la tierra (hierro, níquel, potasio)
- Funciona en un mayor rango de temperaturas, entre  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $46\text{ }^{\circ}\text{C}$

### Desventajas

- Solo posee una eficiencia del 65 %.



## Fig. 2.9.- Batería de Níquel-Hierro

### 2.3.4Batería de Níquel-Cadmio

Utilizan un cátodo de hidróxido de níquel y un ánodo de un compuesto de cadmio. El electrolito es de hidróxido de potasio. Esta configuración de materiales permite recargar la batería una vez está agotada, para su reutilización. Sin embargo, su densidad de energía es de tan sólo 50 Wh/kg, lo que hace que tengan poca capacidad.

#### Ventajas

- Admiten un gran rango de temperaturas de funcionamiento.
- Admiten sobrecargas, se pueden seguir cargando cuando ya no admiten más carga, aunque no la almacena.

#### Desventajas

- Efecto memoria muy alto.
- Densidad de energía baja.



Fig. 2.10.- Batería de Níquel-Cadmio

### 2.3.5Batería de Níquel-Hidruro Metálico

Utilizan un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de una aleación de hidruro metálico.

#### Ventajas

- Este tipo de baterías se encuentran menos afectadas por el llamado efecto memoria.

## Desventajas

- No admiten bien el frío extremo, reduciendo drásticamente la potencia eficaz que puede entregar.



**Fig. 2.11.- Batería de Níquel-Hidruro Metálico**

### ***2.3.6Batería de Iones de Litio***

Las baterías de iones de litio (Li-ion) utilizan un ánodo de grafito y un cátodo de óxido de cobalto, trifilina (LiFePO<sub>4</sub>) u óxido de manganeso. Su desarrollo es más reciente, y permite llegar a altas densidades de capacidad. No admiten descargas y sufren mucho cuando éstas suceden; por lo que suelen llevar acoplada circuitería adicional para conocer el estado de la batería, y evitar así tanto la carga excesiva como la descarga completa.

## Ventajas

- Apenas sufren el efecto memoria y pueden cargarse sin necesidad de estar descargadas completamente, sin reducción de su vida útil.
- Altas densidades de capacidad.

## Desventajas

- No admiten bien los cambios de temperatura.
- No admiten descargas completas y sufren mucho cuando éstas suceden.

## Usos

- Móviles, tabletas, libros electrónicos, etc.



**Fig. 2.12.- Batería de Iones de Litio**

### ***2.3.7Batería Polímero de Litio***

Son una variación de las baterías de iones de litio (Li-ion). Sus características son muy similares, pero permiten una mayor densidad de energía, así como una tasa de descarga bastante superior. Estas baterías tienen un tamaño más reducido respecto a las de otros componentes.

Cada celda tiene un voltaje nominal de 3,7 V, voltaje máximo 4,2 V y mínimo 3,0 V. Este último debe respetarse rigurosamente ya que la pila se daña irreparablemente a voltajes menores a 3 voltios. Se suele establecer la siguiente nomenclatura XSYP que significa X celdas en serie, e Y en paralelo. Por ejemplo 3s2p son 2 baterías en paralelo, donde cada una tiene 3 celdas o células. Esta configuración se consigue conectando ambas baterías con un cable paralelo.

#### **Ventajas**

- Mayor densidad de carga, por tanto tamaño reducido.
- Buena tasa de descarga, bastante superior a las de iones de litio.

#### **Desventajas**

- Quedan casi inutilizadas si se descargan por debajo del mínimo de 3 voltios.

#### **Tipos**

Las baterías LiPo se venden generalmente de 1S a 4S lo que significa:

- Li-PO 1S: una celda, 3,7 V.
- Li-PO 2S: dos celdas, 7,4 V.

- Li-PO 3S: tres celdas, 11,1 V.
- Li-PO 4S: cuatro celdas, 14,8 V.

### Usos

- Su tamaño y peso las hace muy útiles para equipos pequeños que requieran potencia y duración, como manos libres bluetooth.



**Fig. 2.13.- Batería de Polímero de Litio.**

### 2.3.8 Tabla comparativa de los tipos de baterías

Tipo	Energía/ peso	Tensión por elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Auto- descarga por mes (% del total)
Plomo	30-40 Wh/kg	2 V	1000	8-16h	5 %
Ni-Fe	30-55 Wh/kg	1,2 V	+ de 10 000	4-8h	10 %
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	1,25 V	500	10-14h *	30 %
Ni-Mh	60-120 Wh/kg	1,25 V	1000	2h-4h *	20 %

Tipo	Energía/ peso	Tensión por elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Auto- descarga por mes (% del total)
Li-ion	110-160 Wh/kg	3,7 V	4000	2h-4h	25 %
Li-Po	100-130 Wh/kg	3,7 V	5000	1h-1,5h	10 %

## ***2.4 Regulador de Carga***

### ***2.4.1 Función***

Dispositivo encargado de proteger a la batería frente a sobrecargas y sobre descargas profundas.

El regulador de tensión controla constantemente el estado de carga de las baterías y regula la intensidad de carga de las mismas para alargar su vida útil. También genera alarmas en función del estado de dicha carga.

Los reguladores actuales introducen microcontroladores para la correcta gestión de un sistema fotovoltaico. Su programación elaborada permite un control capaz de adaptarse a las distintas situaciones de forma automática, permitiendo la modificación manual de sus parámetros de funcionamiento para instalaciones especiales. Incluso los hay que memorizan datos que permiten conocer cuál ha sido la evolución de la instalación durante un tiempo determinado.

Para ello, consideran los valores de tensión, temperatura, intensidad de carga y descarga, y capacidad del acumulador.

Existen dos tipos de reguladores de carga, los lineales y los conmutados

### ***2.4.2 ¿Cómo Trabajan?***

IGUALACIÓN

Esta respuesta del regulador permite la realización automática de cargas de igualación de los acumuladores tras un período de tiempo en el que el estado de carga ha sido bajo, reduciendo al máximo el gaseo en caso contrario.

#### CARGA PROFUNDA

Tras la igualación, el sistema de regulación permite la entrada de corriente de carga a los acumuladores sin interrupción hasta alcanzar el punto de tensión final de carga. Alcanzado dicho punto el sistema de regulación interrumpe la carga y el sistema de control pasa a la segunda fase, la flotación.

Cuando se alcanza la tensión final de carga, la batería ha alcanzado un nivel de carga próximo al 90% de su capacidad, en la siguiente fase se completará la carga.

#### CARGA FINAL Y FLOTACIÓN

La carga final del acumulador se realiza estableciendo una zona de actuación del sistema de regulación dentro de lo que denominamos “Banda de Flotación Dinámica”. La BFD es un rango de tensión cuyos valores máximos y mínimo se fijan entre la tensión final de carga y la tensión nominal + 10% aproximadamente.

Una vez alcanzado el valor de voltaje de plena carga de la batería, el regulador inyecta una corriente pequeña para mantenerla a plena carga, esto es, inyecta la corriente de flotación. Esta corriente se encarga por tanto de mantener la batería a plena carga y cuando no se consume energía se emplea en compensar la Autodescarga de las baterías.

### **2.4.3 Indicadores**

#### DESCONEXIÓN DEL CONSUMO POR BAJA TENSIÓN DE BATERÍA

La desconexión de la salida de consumo por baja tensión de batería indica una situación de descarga del acumulador próxima al 70% de su capacidad nominal.

Si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de tensión de maniobra de desconexión de consumo durante más de un tiempo establecido, se desconecta el consumo. Esto es para evitar que una sobrecarga puntual de corta duración desactive el consumo.

Tensión de desconexión del consumo: tensión de la batería a partir de la cual se desconectan las cargas de consumo.

#### ALARMA POR BAJA TENSIÓN DE BATERÍA

La alarma por baja tensión de batería indica una situación de descarga considerable. A partir de este nivel de descarga las condiciones del acumulador comienzan a ser comprometidas desde el punto de vista de la descarga y del mantenimiento de la tensión de salida frente a intensidades elevadas.

Esta alarma está en función del valor de la tensión de desconexión de consumo (siempre se encontrará 0,05 volt/elem. por encima).

En el regulador DSD, Si la tensión de la batería disminuye por debajo del valor de la alarma durante más de 10segundos aprox. se desconecta el consumo. El regulador entra entonces en la fase de igualación y el consumo no se restaurará hasta que la batería no alcance media carga. Además, incluye una señal acústica para señalar la batería baja

## PROTECCIONES TIPICAS

Contra sobrecarga temporizada en consumo

Contra sobretensiones en paneles, baterías y consumo.

Contra desconexión de batería.

## INDICADORES DE ESTADO/ SEÑALIZADORES HABITUALES

Indicadores de tensión en batería.

Indicadores de fase de carga.

Indicadores de sobrecarga/ cortocircuito.

## PARÁMETROS A CALCULAR, DIMENSIONAMIENTO

Tensión nominal: la del sistema (12, 24, 48)

Intensidad del regulador: la intensidad nominal de un regulador ha de ser mayor que la recibida en total del campo de paneles FV.

### ***2.4.4 Parámetros Importantes***

- Intensidad Máxima de Carga o de generación: Máxima intensidad de corriente procedente del campo de paneles que el regulador es capaz de admitir.
- Intensidad máxima de consumo: Máxima corriente que puede pasar del sistema de regulación y control al consumo.
- Voltaje final de carga: Voltaje de la batería por encima del cual se interrumpe la conexión entre el generador fotovoltaico y la batería, o reduce gradualmente la corriente media entregada por el generador fotovoltaico (I flotación). Vale aproximadamente 14.1 para una batería de plomo ácido de tensión nominal 12V.



**Fig. 2.14.- Conexión de un Regulador de carga.**

### ***2.5 Microsoft Excel***

Es una aplicación distribuida por la suite de oficina Microsoft Office, que se caracteriza por ser un software de hojas de cálculo, utilizado en tareas financieras y contables.

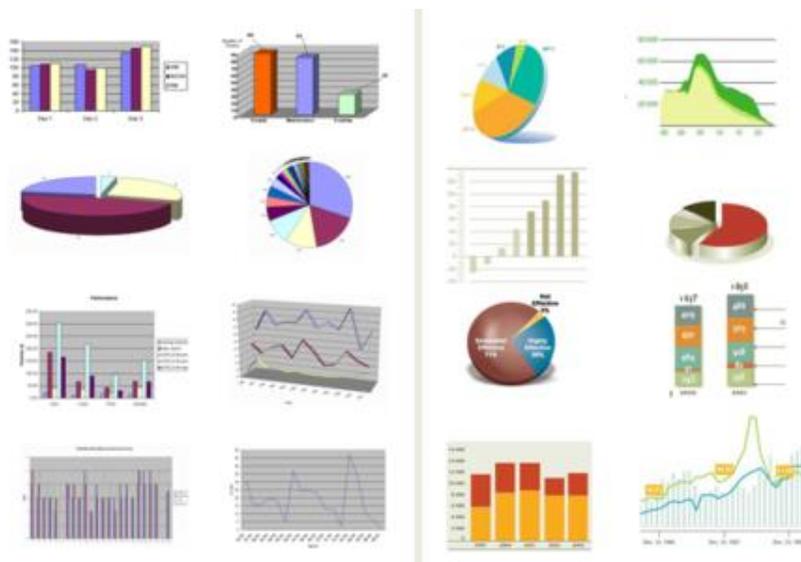
Es una aplicación para cualquier fórmula matemática y lógica.



**Fig. 2.15.- Logo de Excel.**

### ***2.5.1 Aplicaciones***

Excel permite a los usuarios elaborar tablas, gráficos y formatos que incluyan cálculos matemáticos mediante fórmulas; las cuales pueden usar “operadores matemáticos” como son: + (suma), - (resta), \* (multiplicación), / (división) y ^ (potenciación); además de poder utilizar elementos denominados “funciones” (especie de fórmulas, pre-configuradas) como por ejemplo: Suma, Promedio, Buscar, etc.



**Fig. 2.16.- Gráficos de Excel.**

### ***2.5.2 Especificaciones y Límites***

Las características, especificaciones y límites de Excel han variado considerablemente de versión en versión, exhibiendo cambios en su interfaz operativa y capacidades desde el lanzamiento de su versión 12.0 mejor conocida como Excel 2007. Esto también ha hecho que las personas sientan una evolución

positiva dentro del programa y dado a su usuario una mejor calidad y opción de hoja ya que tiene más de 15 tipos de estas. Se puede destacar que mejoró su límite de columnas ampliando la cantidad máxima de columnas por hoja de cálculo de 256 a 16.384 columnas. 4 De la misma forma fue ampliado el límite máximo de filas por hoja de cálculo de 65.536 a 1.048.576 filas<sup>5</sup> por hoja. Otras características también fueron ampliadas, tales como el número máximo de hojas de cálculo que es posible crear por libro que pasó de 256 a 1.024 o la cantidad de memoria del PC que es posible emplear que creció de 1 GB a 2 GB soportando además la posibilidad de usar procesadores de varios núcleos.

## **CAPITULO 3.DESARROLLO E IMPLEMENTACION DEL PROYECTO**

### ***3.1 Construcción del inversor***

#### ***3.1.1 Inversor***

Este inversor consta de un oscilador que controla unos transistores, los cuales “switchean” la corriente proveniente de la batería, generando una onda cuadrada.

Esta onda cuadrada alimenta un transformador que eleva el voltaje (en este caso 120 voltios), y suaviza la forma de la onda, para que parezca más una onda senoidal. La forma de onda de salida un inversor ideal debería ser senoidal, pero esto no es tan sencillo, se requieren bastantes componentes electrónicos para tratar de lograr que una onda cuadrada simule satisfactoriamente a una onda senoidal. Los inversores más modernos utilizan un tipo de transistores más avanzados, llamados FET (transistores de efecto de campo), que manejan cantidades de corriente muy superiores a los transistores comunes.

Un inversor es un convertidor estático de energía, que convierten la corriente continua DC en corriente alterna AC, permitiendo alimentar una carga en su salida de alterna, regulando la tensión y la frecuencia. Dicho de otro modo un inversor transfiere potencia desde una fuente de corriente continua a una carga de corriente alterna.

Los inversores de potencia son utilizados en:

- Automóviles
- Sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS)
- Sistemas de corriente alterna que trabajan con la energía de una batería.
- Energías alternativas (energía solar o eólica).

## Conversión de DC a AC

Lo primero es entender la diferencia entre corriente alterna y corriente directa;

La corriente alterna cambia de manera cíclica su magnitud y dirección, es decir; se invierte la polaridad periódicamente en ciclos por segundo, llamados hercios (hertz). Sin embargo, a pesar de este constante cambio de polaridad, la corriente siempre fluye del polo negativo al positivo.

La corriente continua, tiene como característica principal el desplazamiento de electrones de manera continua, tanto en su intensidad como en su dirección. La corriente fluye de mayor voltaje, a menor voltaje, manteniéndose siempre la misma polaridad.

## El transformador

Es un componente eléctrico que tiene la capacidad de cambiar el nivel del voltaje y de la corriente, mediante dos bobinas enrolladas alrededor de un núcleo o centro común. Si tenemos un transformador con un devanado para 120 voltios y otro de 12 voltios, tendremos; que si le conectamos los 120 voltios AC en el devanado correspondiente, obtendremos 12 voltios AC en el otro devanado. Pero si hacemos lo contrario, le conectamos 12 voltios AC en el devanado correspondiente, obtendremos 120 voltios en el otro devanado.

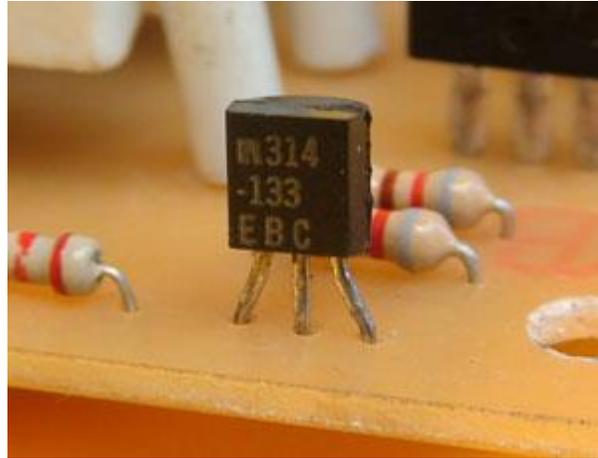
Ahora bien: un transformador sólo puede conducir corriente alterna AC, por lo que no podemos conectar una batería de corriente directa DC y esperar que salgan los 120 o lo que queramos al otro lado. Es necesario convertir primero esos 12V DC en 12V AC.

Los circuitos integrados 555 y CD4013, son alimentados mediante un regulador LM7805. Este regulador pertenece a la familia de los reguladores de tensión positiva de tres terminales. Los reguladores de esta serie tienen en la pata 1, de izquierda a derecha, la entrada de voltaje ( $V_i$ ). La pata 3 corresponde a la salida de voltaje ( $V_o$ ), y la pata del centro o pata 2, corresponde a tierra o masa común. Para su correcta identificación hay que tener en cuenta que las dos primeras letras impresas en la superficie del componente, corresponden las iniciales del fabricante. Los dos números siguientes, en este caso 78, determinan la polaridad de la tensión que maneja, para este caso es positivo y los últimos dos dígitos, son el voltaje que entrega a la salida, que son 5 voltios.



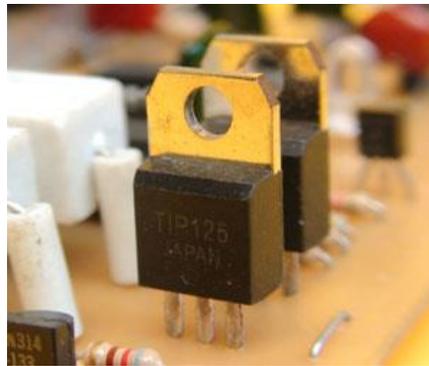
**Fig. 3.1 LM 7805**

Retomando el recorrido de la señal, las señales cuadradas que entrega el CD4013 en sus patas 1 y 2, son recibidas por dos transistores 2N3904. En este caso vemos su reemplazo en la fotografía. Los transistores de polaridad NPN tienen su base es positiva. Esto quiere decir que al recibir la señal, sólo conducen al momento del semiciclo positivo o estado alto (1). El emisor de estos transistores está conectado a tierra por lo que al momento de conducir, el colector se polariza negativamente, excitando la base de los transistores TIP125, que son PNP que sólo conducen al recibir el semiciclo negativo o estado bajo (0)



**Fig. 3.2.- Transistor 2N3904**

Los transistores TIP125 son de silicio Epitaxial con una polaridad PNP. Son transistores de potencia de configuración Darlington, montados en encapsulado de plástico tipo A-220. Su uso más frecuente es en alimentaciones lineales y aplicaciones de conmutación. Como su base es negativa, conducen cuando los 2N3904 entran en conducción a tierra. El positivo también llega a la base de estos transistores, asegurando que se mantengan cerrados, hasta que reciban la orden de los 2N3904.



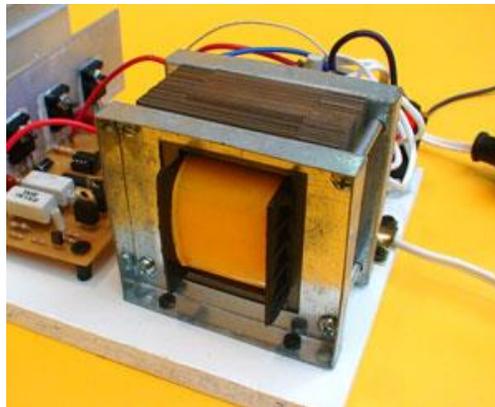
**Fig. 3.3.- TIP 125.**

Los TIP125, son los encargados de activar los transistores de salida. En este caso hemos utilizado 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, ya que están conectados a los colectores de los transistores de salida y los emisores están a tierra. Como el TAP central del transformador está conectado a la batería, es en ese momento que la corriente DC se convierte en corriente AC, para que el transformador pueda elevarla y entregar el voltaje deseado en su devanado secundario.



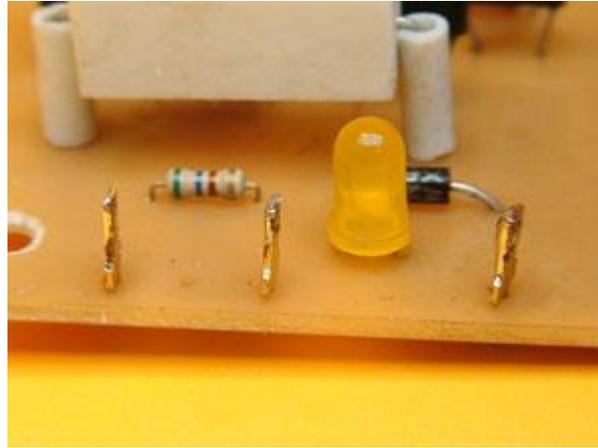
**Fig. 3.4.- Transistores TIP3055**

Debido a que los aparatos electrónicos trabajan a una determinada frecuencia, además de los estándares de frecuencia predeterminados de acuerdo a cada país, es necesario calibrar la frecuencia del inversor, de acuerdo a sus necesidades o requerimientos. El reóstato de 100K, fija la frecuencia del 555. Para el caso de México, la frecuencia debe ser de 60 hercios, ya que todos los aparatos que se consiguen, funcionan a esa frecuencia.



**Fig. 3.5.- Circuito Terminado.**

En la Fig. 3.6 podemos apreciar tres terminales de cobre: El primero recibe el polo positivo de la batería o en caso de usar el inversor como UPS, conectamos un cable del pin 1 del relevo (relay) a este Terminal. El segundo terminal esta conectado al LED con su respectiva resistencia limitadora 560 ohmios. Este terminal va al positivo de la batería, encendiendo el LED que indica que el inversor está encendido. La resistencia limitadora del LED puede variar entre 470 ohmios y 1K. El tercer terminal es tierra o masa común. En el se conecta el polo negativo de la batería



**Fig. 3.6.-** Terminales de entrada de la batería.



**Fig. 3.7.-** Voltaje de la Batería



**Fig. 3.8.-** Voltaje del inversor

### *3.1.1.1 Lista de Materiales*

#### **Circuitos integrados**

- 1 555
- 1 CD 4013BP

#### **Transistores**

- 4 TIP3055
- 2 TPI 125 2 2N3904

### **Resistencias**

- 4 R 820 ohmios a 1/4W
- 4 R 1 ohmio a 1W
- 2 R 33 ohmios a 5W
- R 0.75 o 0.5 ohmios a 5W
- R 33K a 1/4W
- R 2.2K a 1/4W
- R 100 ohmios a 1/2W
- R 5.6K a 1/4W
- R 560 ohmios a 1/4W 1 R 1K a 1/4W

### **Condensadores**

- 6 C 0.1 uF (104) poliester
- C 100 uF a 16V en adelante

### **Diodos**

- 1N5407
- 1N4007

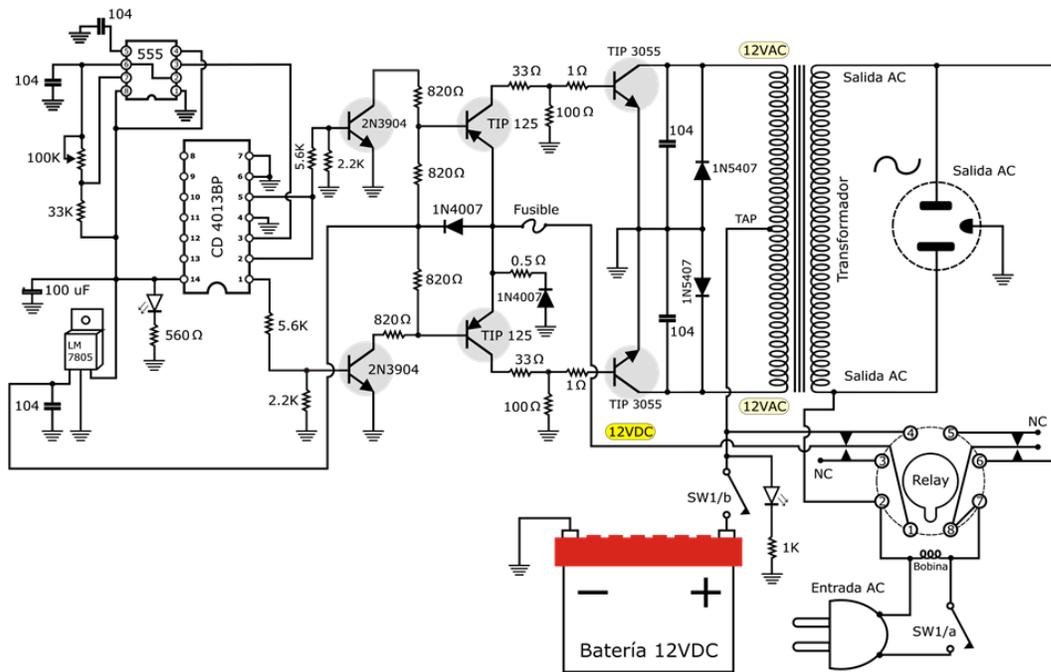
### **Varios**

- 1 relevo (Relay) de 110V o 220V dependiendo del voltaje de salida del transformador, a 10 amperios como mínimo.
- Aislantes de mica con sus respectivos pasa muros y tornillos.
- Porta fusible y fusible de 10 amperios
- Regulador Lm7805
- reóstato de 100K
- LEDs, uno intermitente y el otro normal.
- Disipador de aluminio
- Clavija macho
- Toma sencilla o doble
- 1 metro de cable 1x 16 o 1x14

- 1 metro de cable 2x 16
- 1 interruptor doble de 10 amperios 250 voltios 1 transformador de 12x12 voltios, 8 amperios o más.

### 3.2 Diagrama de Conexionado

En la siguiente figura se muestra diagrama de conexionado de los componentes para que hagan la función de inversor de corriente.



**Fig. 3.9.- Diagrama de Conexionado de los componentes.**

### 3.3 Placa para PCB y Máscara de Componentes

A continuación veremos la placa para planchado de PCB y la máscara de los componentes para poder guiarnos a la hora de soldar cada uno.

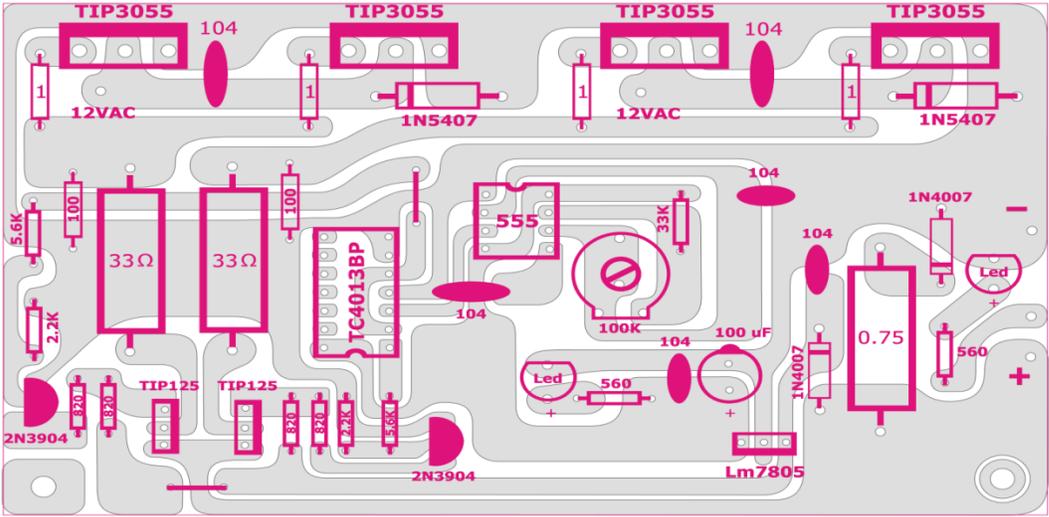


Fig. 3.10 Máscara de Posición de Componentes

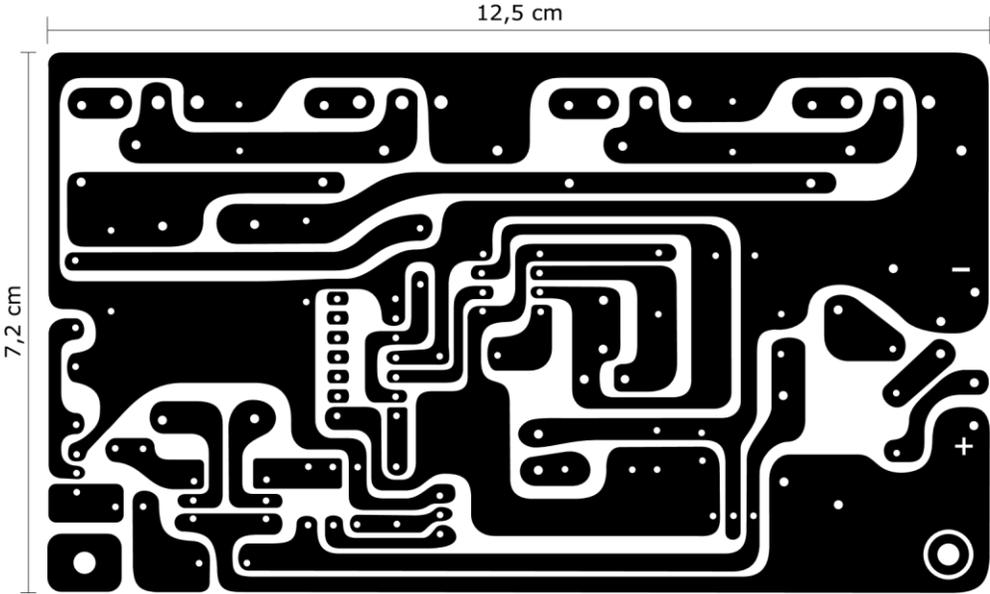


Fig. 3.11 Circuito Impreso (PCB) en modo espejo para planchado.

### 3.4 Circuito Final del Inversor

Este es el circuito final de nuestro inversor, ya con la placa hecha y con sus respectivos componentes colocados y soldados.

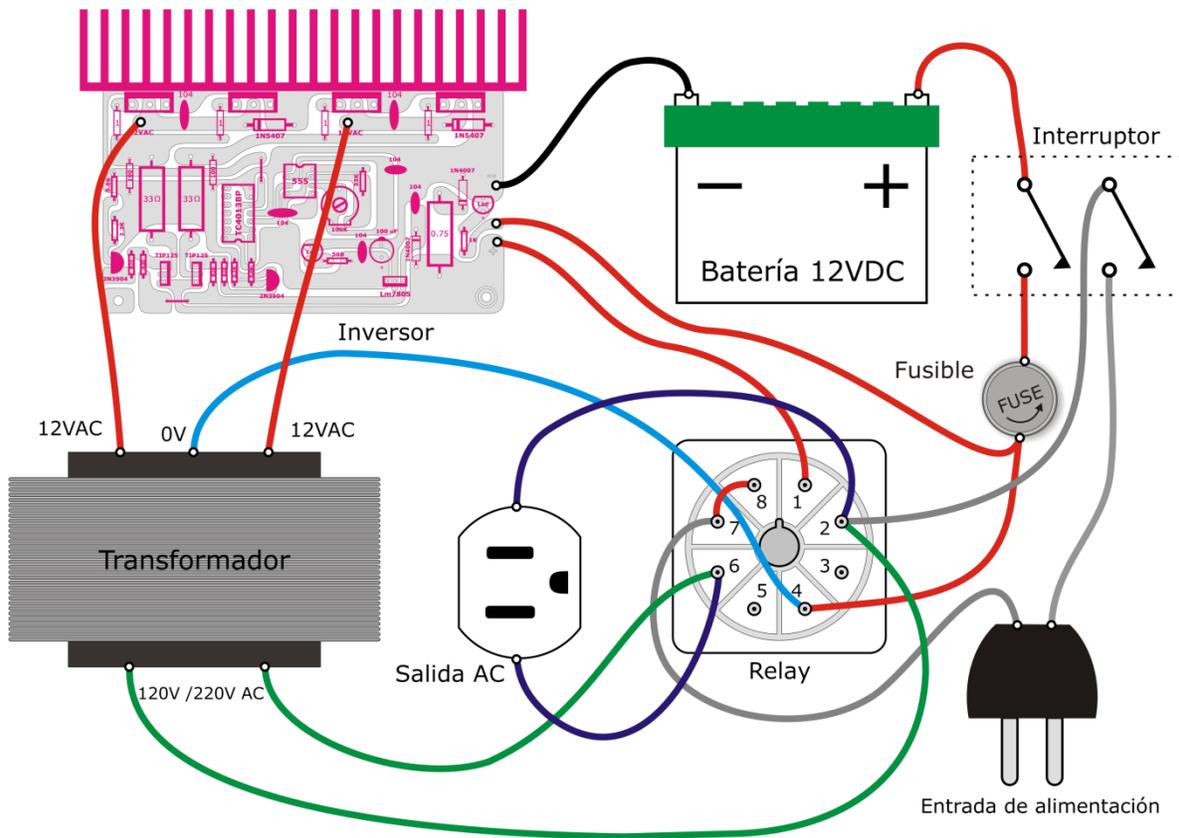


Fig. 3.12.- Circuito Final del Inversor.

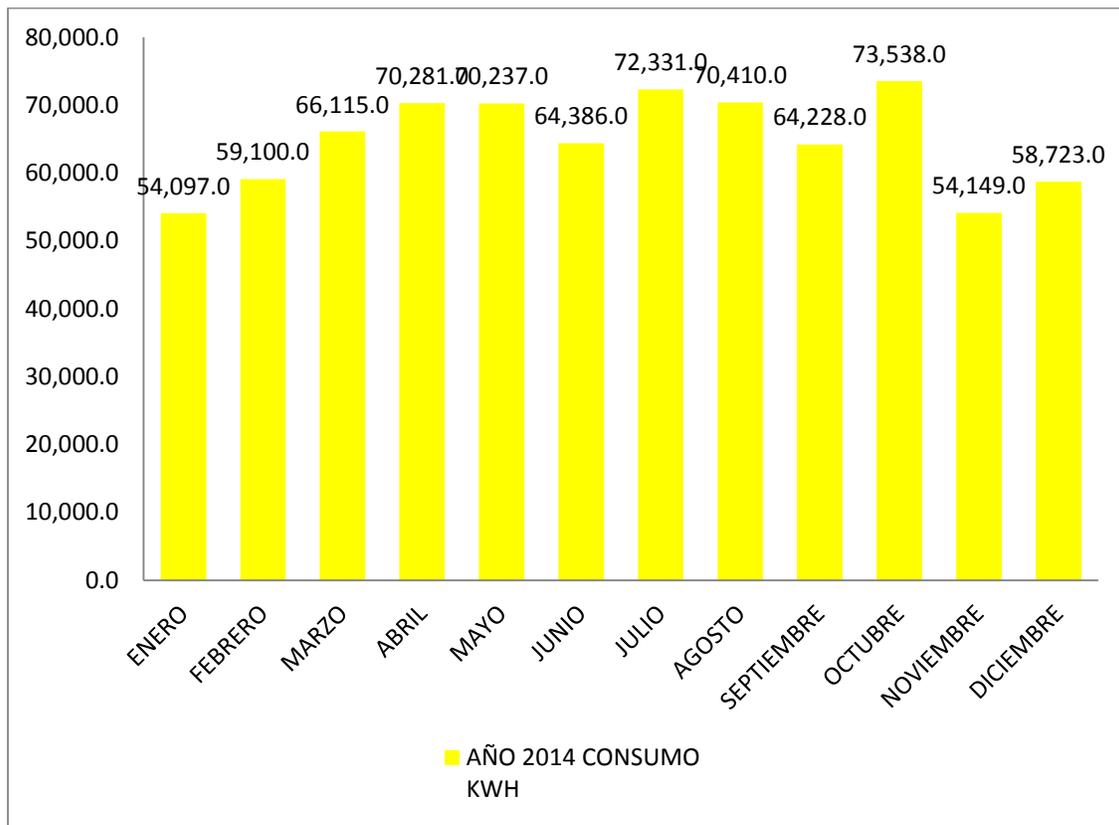
### 3.5 Estudio de Consumo de Luz por Parte de PEMEX

En la empresa PEMEX nos proporcionaron los datos necesarios para poder realizar diversas tablas y gráficos del autoconsumo de energía eléctrica de los años 2014, 2015 y 2016. Con estos datos pudimos saber el valor del consumo de energía eléctrica y poder plantear la solución por medio de un modelo de reducción de consumo eléctrico para empresas y así poder escoger adecuadamente los componentes a utilizar tales como el correcto panel solar y el tipo de batería para poder tener la máxima autonomía posible.

AÑO 2014	
MES	CONSUMO KWH
ENERO	54,097.0
FEBRERO	59,100.0

MARZO	66,115.0
ABRIL	70,281.0
MAYO	70,237.0
JUNIO	64,386.0
JULIO	72,331.0
AGOSTO	70,410.0
SEPTIEMBRE	64,228.0
OCTUBRE	73,538.0
NOVIEMBRE	54,149.0
DICIEMBRE	58,723.0

**Tabla 3.1.- Autoconsumo del año 2014**

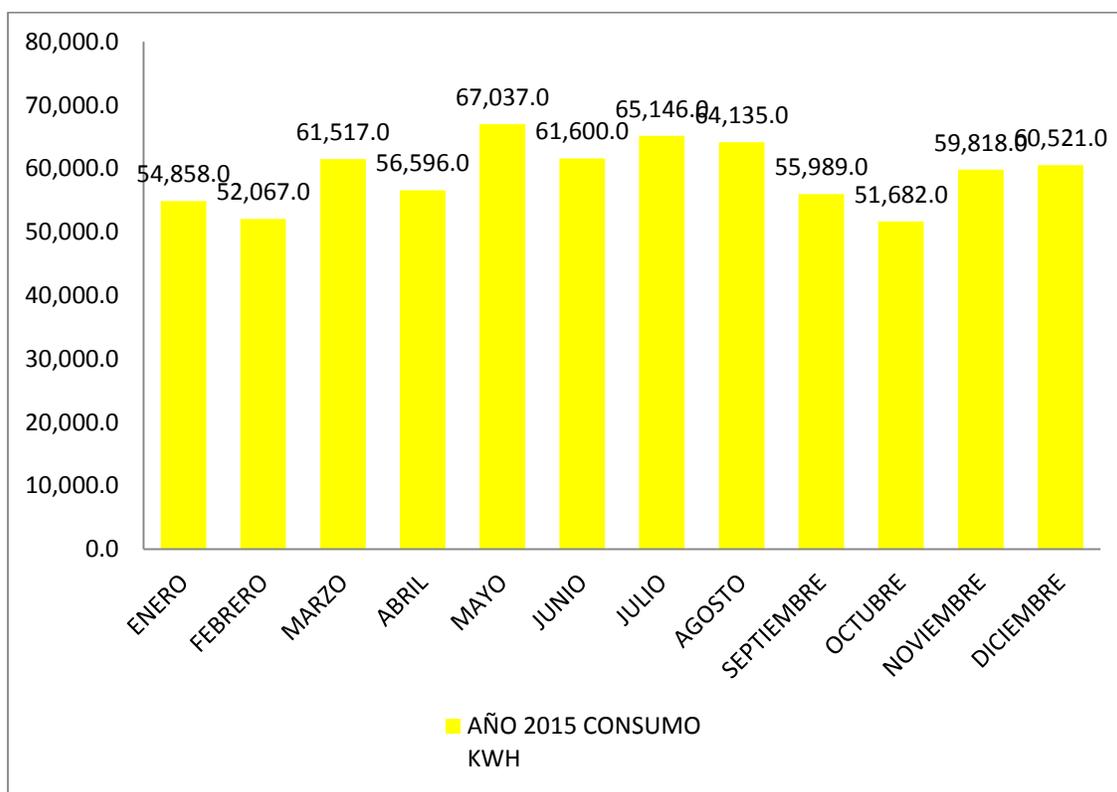


**Gráfica 3.1.- Autoconsumo del año 2014**

AÑO 2015	
MES	CONSUMO KWH
ENERO	54,858.0
FEBRERO	52,067.0

MARZO	61,517.0
ABRIL	56,596.0
MAYO	67,037.0
JUNIO	61,600.0
JULIO	65,146.0
AGOSTO	64,135.0
SEPTIEMBRE	55,989.0
OCTUBRE	51,682.0
NOVIEMBRE	59,818.0
DICIEMBRE	60,521.0

**Tabla 3.2.- Autoconsumo del año 2015**

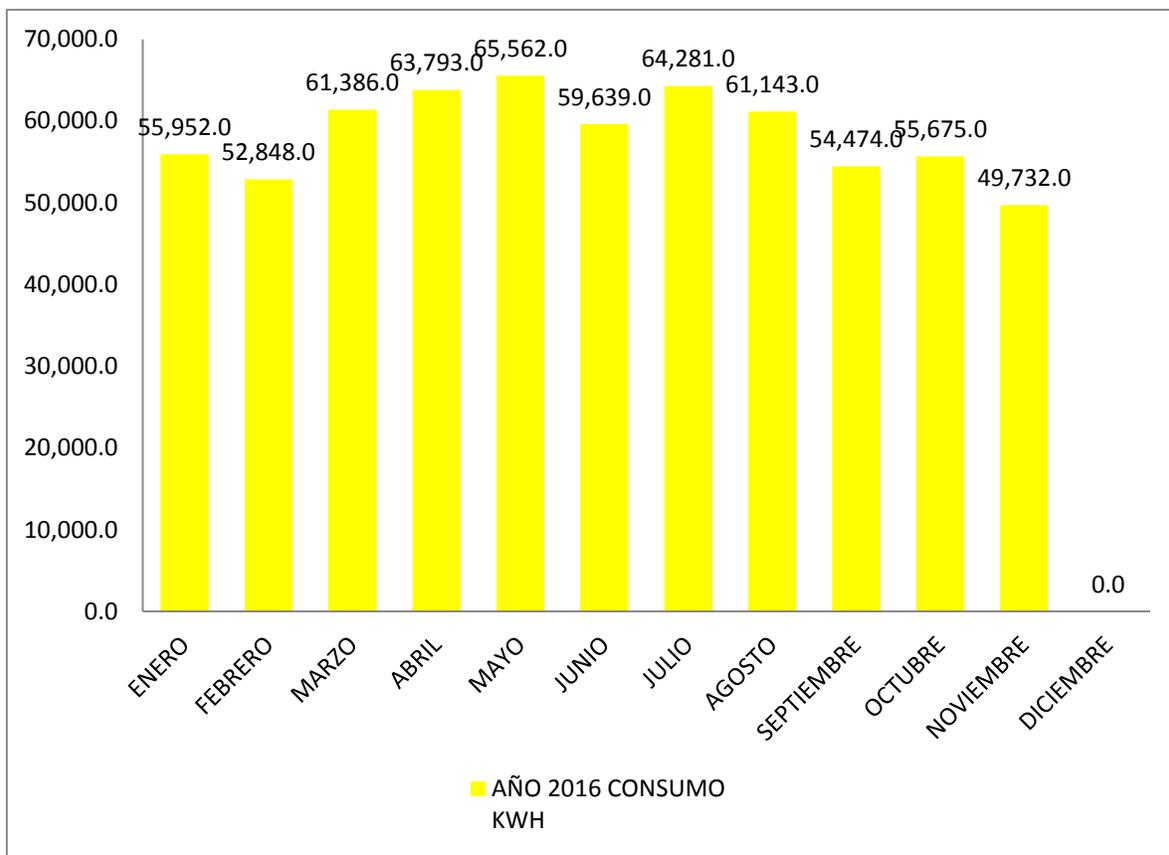


**Gráfica 3.2.- Autoconsumo del año 2015**

AÑO 2016	
MES	CONSUMO KWH
ENERO	55,952.0
FEBRERO	52,848.0

MARZO	61,386.0
ABRIL	63,793.0
MAYO	65,562.0
JUNIO	59,639.0
JULIO	64,281.0
AGOSTO	61,143.0
SEPTIEMBRE	54,474.0
OCTUBRE	55,675.0
NOVIEMBRE	0.0
DICIEMBRE	0.0

**Tabla 3.3.- Autoconsumo del año 2016**



**Gráfica 3.3.- Autoconsumo del año 2016**

### **3.6 Baterías, Paneles y controladores proporcionado por PEMEX**

La función prioritaria de las baterías en un sistema de generación fotovoltaico es la de acumular la energía que se produce durante las horas de luz para poder ser utilizada en la noche o durante períodos

de mal tiempo. Otra importante función de las baterías es la de proveer una intensidad de corriente superior a la generada por el sistema fotovoltaico en determinado momento.

Para darle autonomía al sistema de por lo menos cinco días sin recibir corriente de los paneles solares, la capacidad nominal del banco de baterías recomendado en 12 voltios para los diferentes generadores es:

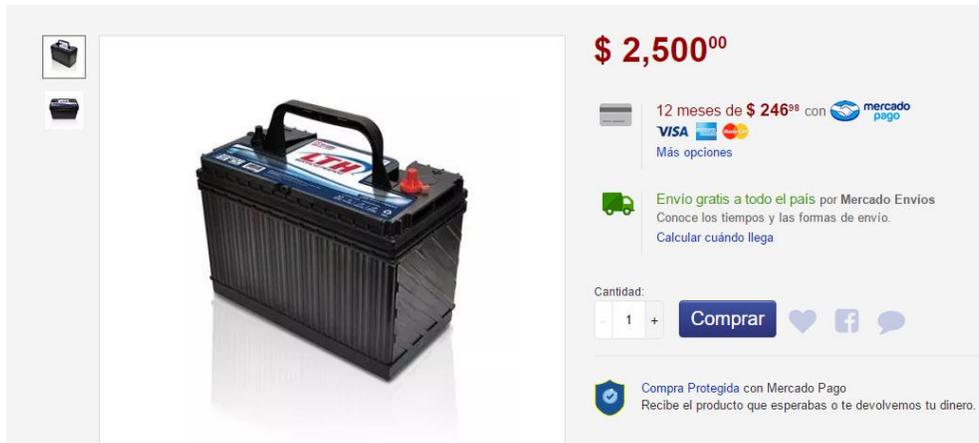
- Para un Panel solar de 10w y 12w se recomienda una Batería de 55 Ah.
- Para un Panel solar de 20w se recomienda una batería de 70 Ah.
- Para un Panel solar de 35w (autorregulado) y 40w con regulador se recomienda una Batería de 110 Ah.
- Para un Panel solar de 50w (autorregulado) y 65w con regulador se recomienda una Batería de 150 Ah.
- Para un Panel solar de 70w (2 paneles de 35w autorregulados) y 80w (2 paneles de 40w) con regulador se recomienda una Batería de 220 Ah.
- Para un Panel solar de 100w (2 paneles de 50w autorregulados) y 130w (2 paneles de 65w) con regulador se recomienda una Batería de 300 Ah.
- Para un Panel solar de 260w (4 paneles de 65w) con regulador se recomienda una Batería de 450 Ah.

El panel solar que nos entregaron para la prueba es el siguiente:



**Fig. 3.13.- Panel Solar de 100 W a 12 V.**

La batería que nos proporcionaron en PEMEX para la prueba es la siguiente:



**Fig. 3.14.- Batería de ciclo profundo.**

El controlador de carga que nos proporcionaron es el siguiente:



**Fig. 3.15.- Controlador de carga.**

El inversor que se utilizó fue en que realizamos al principio de este capítulo.

# CAPITULO 4. PRUEBAS Y RESULTADOS

## 4.1 Pruebas realizadas

En la siguiente tabla se muestra las lecturas que tomamos de nuestro panel en kWh/m<sup>2</sup> - Día

Mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Mínimo	Máximo	Mediana
Radiación	5.4	5.3	4.9	4.4	4.1	4.1	5.4	4.6

*Tabla 4.1 Datos obtenidos de las mediciones del panel.*

## 4.2 Centro de trabajo PEMEX

A continuación se muestran unas fotos del centro de trabajo PEMEX, donde se instalaron los Paneles Solares



**Fig. 4.1.- Patio de PEMEX**



**Fig.4.2.- Laboratorio de Control de Calidad PEMEX**



**Fig. 4.3.- Llenaderas y Descargaderas PEMEX**

### ***4.3 Instalación de Paneles Solares en PEMEX***



**Fig. 4.4.- Paneles Solares ya instalados**



**Fig. 4.5.- Regulador del Panel Solar**



**Fig. 4.6.- Cableado del Panel Solar para suministrar energía renovable**

#### ***4.4 Comparación de Resultados***

Durante las últimas semanas se realizó otra medición de autoconsumo de energía eléctrica (MES de Noviembre) y se comparó con las demás mediciones para poder comprobar el resultado del trabajo realizado. Los datos Fueron los siguientes:

AÑO 2016	
MES	CONSUMO KWH
ENERO	55,952.0
FEBRERO	52,848.0
MARZO	61,386.0
ABRIL	63,793.0
MAYO	65,562.0
JUNIO	59,639.0
JULIO	64,281.0
AGOSTO	61,143.0
SEPTIEMBRE	54,474.0
OCTUBRE	55,675.0
<b>NOVIEMBRE</b>	<b>49,732.0</b>

**Tabla 4.2.- Resultado de autoconsumo del mes de noviembre 2016**

Como se puede observar en la Tabla 4.2 Durante el mes de noviembre de 2016, el autoconsumo se redujo 5.943 kWh en comparación del mes de octubre 2016, por lo que se puede concluir que el sistema está trabajando de manera adecuada.

## **Conclusiones**

Se ha diseñado y construido el prototipo de un inversor eléctrico, que junto con paneles solares, baterías y reguladores de corriente se quiere reducir el consumo eléctrico de la Terminal de Almacenamiento y Reparto Tuxtla Gutiérrez con el fin de reducir costos.

Durante la implementación del proyecto, se debe mencionar la experiencia adquirida en relación a la importancia de la adquisición de datos, diseño y construcción de aparatos electrónicos para poder hacer más fácil las tareas cotidianas en diversas empresas.

## **Referencias**

- [http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1\\_AcercadeCFE/CFE\\_y\\_la\\_electricidad\\_en\\_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx](http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/1_AcercadeCFE/CFE_y_la_electricidad_en_Mexico/Paginas/CFEylaelectricidadMexico.aspx)
- <http://econotecnia.com/energia-solar-industrial.html>
- <http://data.worldbank.org/>
- <http://pdf1.alldatasheet.es/datasheet-pdf/view/100919/HARRIS/LM555.html>
- <http://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/22308/STMICROELECTRONICS/HCC4013B.html>
- <http://www.alldatasheet.es/datasheet-pdf/pdf/2771/MOSPEC/TIP125.html>

# Anexos

## A1. DataSheet, 555

### CA555, CA555C, LM555, LM555C, NE555

Absolute Maximum Ratings			Thermal Information			
DC Supply Voltage	18V	Thermal Resistance (Typical, Note 1)	$\theta_{JA}$ (PCW)	$\theta_{JC}$ (PCW)		
		Metal Can Package	170	35		
		POP Package	100	N/A		
		SOIC Package	160	N/A		
Operating Conditions			Maximum Junction Temperature (Hermetic Package)			
Temperature Range	-55°C to 125°C		175°C			
CA555, LM555	-55°C to 125°C		Maximum Junction Temperature (Plastic Package)			
CA555C, LM555C, NE555	0°C to 70°C		150°C			
			Maximum Storage Temperature Range			
			-65°C to 150°C			
			Maximum Lead Temperature (Soldering 10s)			
			300°C (SOIC - Lead Type Only)			

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:  
1.  $\theta_{JA}$  is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

Electrical Specifications		$T_A = 25^\circ\text{C}, V_+ = 5\text{V to } 15\text{V}$ Unless Otherwise Specified									
PARAMETER	SYMBOL	TEST CONDITIONS	CA555, LM555			CA555C, LM555C, NE555			UNITS		
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX			
DC Supply Voltage	$V_+$		4.5	-	18	4.5	-	18	V		
DC Supply Current (Low State) (Note 2)	$I_+$	$V_+ = 5\text{V}, R_L = \infty$	-	3	5	-	3	6	mA		
		$V_+ = 15\text{V}, R_L = \infty$	-	10	12	-	10	15	mA		
Threshold Voltage	$V_{TH}$		$(\frac{2}{3})V_+$			$(\frac{2}{3})V_+$			V		
Trigger Voltage		$V_+ = 5\text{V}$	1.45	1.67	1.9	-	1.67	-	V		
		$V_+ = 15\text{V}$	4.8	5	5.2	-	5	-	V		
Trigger Current			-	0.5	-	-	0.5	-	$\mu\text{A}$		
Threshold Current (Note 3)	$I_{TH}$		-	0.1	0.25	-	0.1	0.25	$\mu\text{A}$		
Reset Voltage			0.4	0.7	1.0	0.4	0.7	1.0	V		
Reset Current			-	0.1	-	-	0.1	-	mA		
Control Voltage Level		$V_+ = 5\text{V}$	2.9	3.33	3.8	2.6	3.33	4	V		
		$V_+ = 15\text{V}$	9.6	10	10.4	9	10	11	V		
Output Voltage Low State	$V_{OL}$	$V_+ = 5\text{V}, I_{SINK} = 5\text{mA}$	-	-	-	-	0.25	0.35	V		
		$I_{SINK} = 8\text{mA}$	-	0.1	0.25	-	-	-	V		
		$V_+ = 15\text{V}, I_{SINK} = 10\text{mA}$	-	0.1	0.15	-	0.1	0.25	V		
		$I_{SINK} = 50\text{mA}$	-	0.4	0.5	-	0.4	0.75	V		
		$I_{SINK} = 100\text{mA}$	-	2.0	2.2	-	2.0	2.5	V		
		$I_{SINK} = 200\text{mA}$	-	2.5	-	-	2.5	-	V		
Output Voltage High State	$V_{OH}$	$V_+ = 5\text{V}, I_{SOURCE} = 100\text{mA}$	3.0	3.3	-	2.75	3.3	-	V		
		$V_+ = 15\text{V}, I_{SOURCE} = 100\text{mA}$	13.0	13.3	-	12.75	13.3	-	V		
		$I_{SOURCE} = 200\text{mA}$	-	12.5	-	-	12.5	-	V		
Timing Error (Monostable)		$R_1, R_2 = 1k\Omega \text{ to } 100k\Omega, C = 0.1\mu\text{F}$	-	0.5	2	-	1	-	%		
Frequency Drift with Temperature		Tested at $V_+ = 5\text{V}, V_+ = 15\text{V}$	-	30	100	-	50	-	ppm/°C		
Drift with Supply Voltage			-	0.05	0.2	-	0.1	-	%/V		



## A2. Tabla de radiación solar del hemisferio norte a 10° latitud

Northern Hemisphere												Lat.
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	July	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	deg.
0.0	2.6	10.4	23.0	35.2	42.5	39.4	28.0	14.9	4.9	0.1	0.0	70
0.1	3.7	11.7	23.9	35.3	42.0	38.9	28.6	16.1	6.0	0.7	0.0	68
0.6	4.8	12.9	24.8	35.6	41.4	38.8	29.3	17.3	7.2	1.5	0.1	66
1.4	5.9	14.1	25.8	35.9	41.2	38.8	30.0	18.4	8.5	2.4	0.6	64
2.3	7.1	15.4	26.6	36.3	41.2	39.0	30.6	19.5	9.7	3.4	1.3	62
3.3	8.3	16.6	27.5	36.6	41.2	39.2	31.3	20.6	10.9	4.4	2.2	60
4.3	9.6	17.7	28.4	37.0	41.3	39.4	32.0	21.7	12.1	5.5	3.1	58
5.4	10.8	18.9	29.2	37.4	41.4	39.6	32.6	22.7	13.3	6.7	4.2	56
6.5	12.0	20.0	30.0	37.8	41.5	39.8	33.2	23.7	14.5	7.8	5.2	54
7.7	13.2	21.1	30.8	38.2	41.6	40.1	33.8	24.7	15.7	9.0	6.4	52
8.9	14.4	22.2	31.5	38.5	41.7	40.2	34.4	25.7	16.9	10.2	7.5	50
10.1	15.7	23.3	32.2	38.8	41.8	40.4	34.9	26.6	18.1	11.4	8.7	48
11.3	16.9	24.3	32.9	39.1	41.9	40.6	35.4	27.5	19.2	12.6	9.9	46
12.5	18.0	25.3	33.5	39.3	41.9	40.7	35.9	28.4	20.3	13.9	11.1	44
13.8	19.2	26.3	34.1	39.5	41.9	40.8	36.3	29.2	21.4	15.1	12.4	42
15.0	20.4	27.2	34.7	39.7	41.9	40.8	36.7	30.0	22.5	16.3	13.6	40
16.2	21.5	28.1	35.2	39.9	41.8	40.8	37.0	30.7	23.6	17.5	14.8	38
17.5	22.6	29.0	35.7	40.0	41.7	40.8	37.4	31.5	24.6	18.7	16.1	36
18.7	23.7	29.9	36.1	40.0	41.6	40.8	37.6	32.1	25.6	19.9	17.3	34
19.9	24.8	30.7	36.5	40.0	41.4	40.7	37.9	32.8	26.6	21.1	18.5	32
21.1	25.8	31.4	36.8	40.0	41.2	40.6	38.0	33.4	27.6	22.2	19.8	30
22.3	26.8	32.2	37.1	40.0	40.9	40.4	38.2	33.9	28.5	23.3	21.0	28
23.4	27.8	32.8	37.4	39.9	40.6	40.2	38.3	34.5	29.3	24.5	22.2	26
24.6	28.8	33.5	37.6	39.7	40.3	39.9	38.3	34.9	30.2	25.5	23.3	24
25.7	29.7	34.1	37.8	39.5	40.0	39.6	38.4	35.4	31.0	26.6	24.5	22
26.8	30.6	34.7	37.9	39.3	39.5	39.3	38.3	35.8	31.8	27.7	25.6	20
27.9	31.5	35.2	38.0	39.0	39.1	38.9	38.2	36.1	32.5	28.7	26.8	18
28.9	32.3	35.7	38.1	38.7	38.6	38.5	38.1	36.4	33.2	29.6	27.9	16
29.9	33.1	36.1	38.1	38.4	38.1	38.1	38.0	36.7	33.9	30.6	28.9	14
30.9	33.8	36.5	38.0	38.0	37.6	37.6	37.8	36.9	34.5	31.5	30.0	12
31.9	34.5	36.9	37.9	37.6	37.0	37.1	37.5	37.1	35.1	32.4	31.0	10
32.8	35.2	37.2	37.8	37.1	36.3	36.5	37.2	37.2	35.6	33.3	32.0	8
33.7	35.8	37.4	37.6	36.6	35.7	35.9	36.9	37.3	36.1	34.1	32.9	6
34.6	36.4	37.6	37.4	36.0	35.0	35.3	36.5	37.3	36.6	34.9	33.9	4
35.4	37.0	37.8	37.1	35.4	34.2	34.6	36.1	37.3	37.0	35.6	34.8	2
36.2	37.5	37.9	36.8	34.8	33.4	33.9	35.7	37.2	37.4	36.3	35.6	0