

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CARGADOR SOLAR PARA
DISPOSITIVOS PORTÁTILES**

**JAVIER CAMILO CAMELO PINZÓN
JOAQUÍN ROGELIO DÍAZ VALDERRAMA**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ
2008**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CARGADOR SOLAR PARA
DISPOSITIVOS PORTÁTILES**

**JAVIER CAMILO CAMELO PINZÓN
JOAQUÍN ROGELIO DÍAZ VALDERRAMA**

**Proyecto de grado como requisito para optar por el título de Ingeniero
electrónico**

**Asesor:
Ing. JAIME RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
BOGOTÁ
2008**

TÍTULO DEL PROYECTO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CARGADOR SOLAR PARA
DISPOSITIVOS PORTÁTILES

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, _____, _____, _____.

DEDICATORIA

A Dios por darnos el privilegio de estudiar y la capacidad para culminar con éxito la carrera de Ingeniería electrónica.

A nuestros padres Salvador Camelo y María Hermencia Pinzón; Joaquín Díaz y Luz Marina Valderrama, por darnos la oportunidad y brindarnos su apoyo incondicional durante los estudios realizados.

Y a todas aquellas personas que de una u otra forma, contribuyeron a lograr esta meta.

Javier Camilo; Joaquín Rogelio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores del presente trabajo expresan sus agradecimientos:

Al alma mater,

Al reverendo Padre Fray Fernando Garzón, rector de la Universidad, por sus compromisos con la Universidad.

A los Ingenieros Jairo Romero y Jaime Ramírez, Ingenieros electrónicos, por su visión profesional y ayuda como asesores.

A la Doctora Patricia Carreño, por su visión profesional y ayuda en la metodología de redacción y elaboración del libro.

Al distinguido cuerpo docente de la facultad de Ingeniería electrónica, que generosamente contribuyo a nuestra formación profesional.

A todas aquellas personas que en una u otra forma colaboraron con la investigación.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1 ANTECEDENTES.....	15
1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	17
1.4 OBJETIVOS.....	18
1.4.1 Objetivo General	18
1.4.2 Objetivos Específicos	18
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	19
2. MARCO DE REFERENCIA.....	21
2.1 MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL	21
2.1.1 Energía Solar	21
2.1.2 Variación Espacio Temporal.	21
2.1.3 Comportamiento de la radiación en Bogotá	28
2.1.4 Celdas Solares.....	34
2.1.5 Características de células para conversión solar.	41
2.1.6 Respuesta espectral.....	43
2.2 Baterías de níquel-cadmio.....	44
2.2.1 Composición y funcionamiento	44
2.2.2 Capacidad	45

2.2.3 Bateria de níquel-cadmio: pros y los contras.	45
2.3 MARCO LEGAL.....	46
2.3.1 Ley 697 de 2001.....	46
2.3.2 Normas ISO- 9000	46
2.3.3 Marca UL de Registro del Sistema de Gestión	48
2.3.4 Certificación C€.....	48
3. METODOLOGÍA	50
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	50
3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	50
3.3 SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	50
3.4 CAMPO TEMÁTICO	51
3.5 HIPÓTESIS	51
3.6 VARIABLES.....	51
3.6.1 Variables Independientes.....	51
3.6.2 Variables Dependientes.	51
4. DESARROLLO INGENIERIL	52
4.1 Diagrama de flujo y bloques.	52
4.2 Circuito preliminar de carga.	54
4.3 Acondicionamiento del Panel Solar.	57
4.4 Circuito final de carga.....	59
4.4.1 Normalización de tablas (Conversión A/D).....	60
4.4.2 Configuración de E/S del PIC.....	63
4.4.3 Cálculos en los optoacopladores.	64

4.4.4 Sistema de carga	64
4.4.5 Visualización.	65
5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	67
5.1 Respuesta de las baterías.....	67
5.2 Tiempo de carga.....	67
5.3 PCB (Printed Circuit Board).....	72
5.4 Diseño final del autor.....	73
6. CONCLUSIONES	75
7. RECOMENDACIONES.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	79
WEBLIOGRAFÍA.....	81
GLOSARIO	83
ANEXOS.....	86

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución global de la radiación.	22
Figura 2. Distribución espacial de la Radiación Global en Colombia, promedio multianual.....	25
Figura 3. Distribución de la radiación solar global acumulada en el día, que incide a lo largo del año sobre el territorio colombiano.....	26
Figura 4. Promedio mensual del total de la radiación global incidente durante el día en las estaciones del DAMA y Eldorado.	29
Figura 5. Ciclo diurno de la radiación global incidente en las estaciones del DAMA y Eldorado.....	32
Figura 6. Dopaje del Silicio.....	38
Figura 7. Efecto fotovoltaico en una célula solar.....	39
Figura 8. Coeficiente de absorción en función de la longitud de onda.....	42
Figura 9. Respuesta espectral.....	43
Figura 10. Composición de las baterías de Ni-Cd.....	45
Figura 11. Diagrama de Bloques.....	52
Figura 12. Diagrama de flujo.....	53

Figura 13. Circuito preliminar de carga.....	54
Figura 12. Panel Solar.....	57
Figura 13. Arreglo de celdas para alimentar el microcontrolador.....	57
Figura 14. Circuito final de carga.....	58
Figura 15. Respuesta de carga en un día nublado.....	67
Figura 16. Respuesta de carga en día variado.....	67
Figura 17. Respuesta de carga en día nublado.....	68
Figura 18. Circuito impreso final.....	69
Figura 19. Tarjeta de control final.....	70
Figura 20. Foto del proyecto.....	71
Figura 21. Diagrama de pines (Microcontrolador 16F873A).....	102
Figura 22. Diagrama de pines (Optoacoplador 4N25).....	102

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Corrientes entregadas por el panel solar.....	57
Tabla 2. Normalización de tablas para el panel solar.....	59
Tabla 3. Normalización de tablas para la batería de Ni-Cd.....	59
Tabla 4. Normalización de tablas para el panel solar cargando la batería de Ni-Cd.....	60
Tabla 5. Normalización de tablas para la batería de Ni-Cd cargando.....	60
Tabla 6. Normalización de tablas para el celular cargando.....	61
Tabla 7. Normalización de tablas para el circuito sin celular.....	61

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Ley 697 de 2001 (Octubre 03).....	82
ANEXO B. Control de carga solar para celular.....	90
ANEXO C. Diagrama de Pines	102
ANEXO C. DataSheet optoacoplador 4N25.....	103

INTRODUCCIÓN

La tecnología se ha caracterizado en el mundo por sus frecuentes aportes a la sociedad que ayudan y buscan soluciones, los cuales están implicados en todas las actividades humanas para una mejor calidad de vida. El avance de la tecnología ha hecho posible que nuevas herramientas puedan suministrar energía eléctrica para satisfacer las necesidades en cualquier circunstancia. Usar la energía solar como beneficio, es un método de aprovechar los recursos que brinda la naturaleza, en este caso la luz solar como recurso de considerable importancia para obtener energía y así aprovecharla para realizar diferentes aplicaciones.

Las celdas solares juegan un papel importante, puesto que de esta manera se puede capturar esta energía para ser convertida en energía eléctrica y destinarla a la carga de los dispositivos móviles, este cargador tendrá una corriente de salida baja adecuada para la carga de celulares, PDA's o IPOD's; el cargador al estar orientado a este tipo de dispositivos deberá ser compacto y fácil de llevar.

El propósito de este proyecto es presentar un nuevo aporte a la sociedad, desde la perspectiva social, cultural y tecnológica, destacando el desenvolvimiento de la vida en el mundo de la tecnología y sus avances. Siendo esto un factor indiscutible que permite responder a las exigencias de competitividad y del medio ambiente en un mundo globalizado.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Los cargadores solares son la solución para los usuarios de dispositivos móviles como celulares, PDAs (Personal Digital Assistant), MP3 y cámaras digitales en casos de escasez de energía y apagones inesperados.

En el mercado existen cargadores solares portátiles para IPOD's y baterías, con los cuales se puede tener una autonomía en la carga de ciertos dispositivos que están limitados en su uso por requerir corriente eléctrica.

El Soldius 1 Solar Charger puede ayudar a captar una fuente gratuita de energía para que se pueda cargar un IPOD sin gastar un sólo peso por ello, de igual manera se está ayudando a preservar el medio ambiente. Sólo necesita de 6-8 horas bajo la luz del sol para generar una carga completa de las baterías, compatible con todos los modelos de IPOD.

SOLIO, cargador solar universal es un innovador y estético cargador solar autónomo y portátil que captura la radiación solar desde 3 paneles fotovoltaicos de alta calidad, almacenando la energía en una avanzada batería acumuladora de ión litio de 1600 mAh. Permite funcionar directamente si hay sol o transferir recargas a

muchas de las aplicaciones actuales portátiles. SOLIO dispone de un cargador de red eléctrica como accesorio secundario.

Cargador solar de pilas universal para todos los tamaños de pilas cilíndricas. Carga dos pilas de 4 tipos: AAA, AA, C y D. (Níquel-cadmio o Níquel-MH) Panel de 150 mA incorporado. Resiste a la lluvia. Según la capacidad de las pilas tarda de 2 a 12 horas de sol en cargarlas completamente.

La empresa Solar Style ha fabricado una serie de cargadores solares específicos para la carga de dispositivos electrónicos de consumo como PDA's, móviles y ordenadores portátiles.

También existen teléfonos móviles que funcionan con energía solar, todavía no están en el mercado, pero varias empresas están experimentando con prototipos que pueden llegar a revolucionar la industria del teléfono móvil. Y lo más importante, se ahorraría mucha energía eléctrica al no depender de un cargador.

1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad existen dispositivos móviles que por lo general necesitan de una carga temporal, con este cargador se busca una alternativa, ya que en las circunstancias donde se encuentren las personas tienen la facilidad de un

cargador móvil que pueden llevar de la mano como cualquier otro dispositivo portátil.

Una gran limitante en estos días, es el depender usualmente de cargadores que funcionan con corriente eléctrica, restringiendo su uso respecto a salir al campo y permanecer varios días fuera, salvo que se utilice la entrada del encendedor del automóvil para utilizar un cargador eléctrico y aún así es una gran desventaja principalmente si se va a una caminata o campamento donde no hay facilidades de ningún tipo para obtener corriente eléctrica. ¿Qué características funcionales deberá tener el cargador solar para la carga de los dispositivos móviles?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Debido al gran crecimiento de los dispositivos móviles, se ve la necesidad de implementar un cargador portátil, el cual pueda suministrar energía en cualquier lugar. Este desarrollo se realiza con el fin de facilitar la disposición de carga en estos equipos, para así proveer a los usuarios una solución a la necesidad de una toma para cargarlos.

El cargador portátil que se diseña, tiene la facilidad de ser transportado como cualquier otro dispositivo móvil debido a su diseño y a sus características de

funcionamiento que son adecuadas según las necesidades de las personas que requieran optar por este cargador.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un cargador solar, capaz de suministrar energía a dispositivos móviles.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar las celdas solares y la energía solar.
- Analizar los dispositivos a cargar y las normas que los rigen.
- Diseñar los circuitos para garantizar el funcionamiento adecuado de las celdas que se van a trabajar.
- Diseñar el sistema de potencia correspondiente para estos dispositivos.

- Implementar los circuitos con sus respectivas funciones a cumplir con el cargador solar.
- Construir el prototipo.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

El proyecto culmina con la implementación del cargador y sus respectivas pruebas, el cual fue construido en acrílico con unas dimensiones de 23x16x3,5 cm, con 6 LED visualizadores de carga y conexión de dispositivos ubicados en la parte delantera del prototipo. Este proyecto tendrá un impacto ambiental desde el punto de vista del calentamiento global y la utilización de la energía solar como un recurso natural, al hacer uso de este recurso para el desenvolvimiento de la tecnología y el respectivo ahorro económico por parte del usuario al no utilizar la red eléctrica.

Existen ciertas limitaciones como son los dispositivos portátiles de alto consumo de corriente, por ejemplo para cargar un computador portátil se necesita mucha más potencia que para la carga de un celular y por lo cual el cargador deberá ser de un tamaño mayor para poder entregar la potencia necesaria.

Este proyecto tendrá una salida de 5V-150 mA (Máximo) cuando el sol incide directamente sobre el cargador debido a esta baja corriente entregada por el panel

se decidió agregar 2 baterías de 3,7V-280mAH de NiCd; en serie para realizar una carga más rápida, o cuando las condiciones climáticas no sean adecuadas para cargar el dispositivo directamente del panel. Debido a la gran cantidad de dispositivos portátiles se decidió analizar tres tipos de celulares, Nokia 5300, Motorola c115, Sony Ericsson w300.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL

2.1.1 Energía Solar¹ el sol, es una masa de materia gaseosa caliente que irradia a una temperatura efectiva de unos 6000°C. La distribución espectral de esta fuente de energía medida fuera de la atmósfera terrestre, aproximadamente la mitad está en la región visible del espectro, la otra en la región infrarroja y un pequeño porcentaje en la región ultravioleta. El sol está a una distancia de 149490000 kilómetros de la Tierra, y la constante solar, es decir, la intensidad media de radiación medida fuera de la atmósfera en un plano normal es aproximadamente 1.94 cal/min*cm³.

2.1.2 Variación Espacio Temporal².

2.1.2.1 Distribución Global De La Radiación Solar el flujo medio incidente de radiación solar en el tope de la atmósfera es un cuarto de la constante solar (1.367

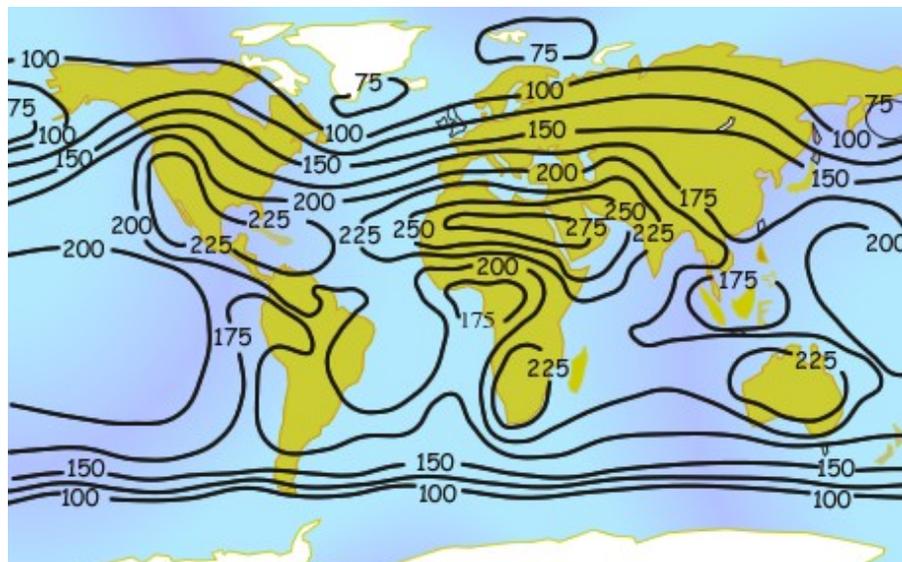
¹ (Amílcar., 2003) "Energía Solar" [En línea] < <http://www.textoscientificos.com/energia/solar>> México. [Consulta: 02 de Abril de 2007].

² (IDEAM) "Radiación Solar" [En línea] <<http://www.ideam.gov.co/radiacion>>. [Consulta: 11 de Febrero de 2008].

w/m²), es decir, unos 342 w/m² y queda reducida en superficie (por reflexión y absorción) a unos 170 w/m².

La siguiente figura muestra la radiación solar media recibida en superficie, expresada en W/m², oscilando entre un máximo de 275 W/m² en las regiones despejadas de nubosidad del Sahara y Arabia, hasta un mínimo de 75 W/m² en las islas brumosas del Ártico. La media global, como se mencionó, es 170 W/m².

Figura 1. Distribución global de la radiación.



Fuente: (<http://homepage.mac.com/uriarte/maprad.html>).

Los valores máximos se concentran en las zonas subtropicales, en torno a los 30° de latitud, debido a que los rayos solares llegan a la superficie terrestre en forma

más perpendicular sobre esas latitudes, principalmente, en las épocas de verano de cada uno de los hemisferios.

En Colombia, en el norte de la región Caribe se presentan valores de radiación solar media en superficie del orden de 225 W/m^2 y superiores, hacia el sur del país se dan valores entre 200 y 175 W/m^2 y en algunas zonas inferiores a 175 W/m^2 , mientras que en el resto se dan valores del orden de 200 y 225 W/m^2 .

2.1.2.2 Distribución espacial y temporal de la radiación solar en Colombia el conocimiento de la distribución espacial y temporal del potencial energético solar es necesario porque facilita la identificación de regiones estratégicas en donde es más adecuada la utilización de la energía solar para la solución de necesidades energéticas.

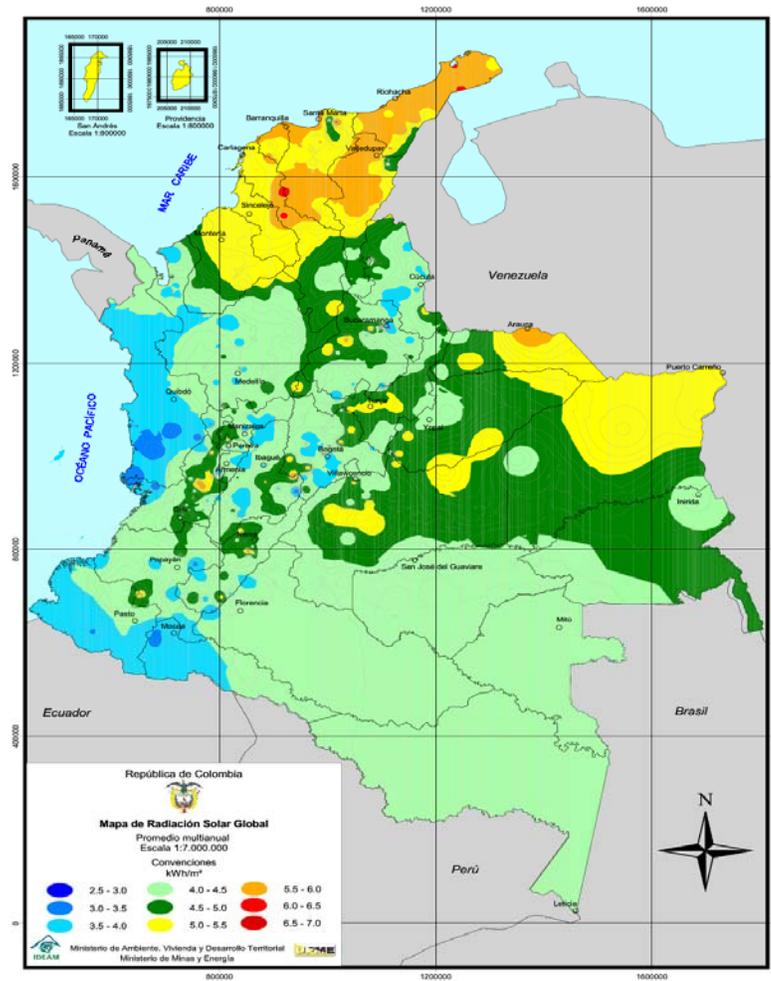
En la figura 2 se muestra el promedio en kWh/m^2 de la radiación solar global acumulada en el día que incide sobre el territorio colombiano. El valor de la energía corresponde al valor agregado de los kWh que en promedio inciden durante el día sobre un metro cuadrado. Es una distribución espacial más específica a la mostrada en la distribución global, manteniéndose el comportamiento de mayores promedios en el norte del país y los menores hacia el occidente y suroccidente (para tener una equivalencia entre los W/m^2 de la figura 1 y los kWh/m^2 por día de la figura 2, los primeros se multiplican por 24 y se dividen por 1.000).

Se puede observar, que sobre la mayor parte del territorio Colombiano la incidencia de la radiación solar global tiene promedios entre 4,0 y 4,5 kWh/m² por día, especialmente sobre gran parte de la Amazonía y la región Andina, así como en sectores de la región Pacífica y la Orinoquia. Colombia debido a su posición geográfica es favorecida con una gran disponibilidad del recurso solar.

Las zonas que reciben mayor intensidad de radiación solar global en Colombia, superiores a los 5,0 kWh/m² por día son: la región Caribe, nororiente de la Orinoquia, amplios sectores de Meta y Casanare y pequeños sectores de los departamentos de Cauca, Huila, Valle, Tolima, Cundinamarca, Boyacá, Santanderes, Antioquia y las Islas de San Andrés y Providencia. Los valores más altos (entre 5,5 y 6,0 kWh/m² por día y en algunos sitios con valores superiores) se presentan en el departamento de La Guajira, norte y sur del Magdalena, norte de Cesar y reducidos sectores de Atlántico, Bolívar, Sucre y Arauca.

Las zonas con menor intensidad de radiación solar global en Colombia, con valores inferiores a los 3,5 kWh/m² por día, se presentan en sectores de Chocó, Valle, Cauca, Nariño, Putumayo, Tolima, Eje Cafetero y Santander.

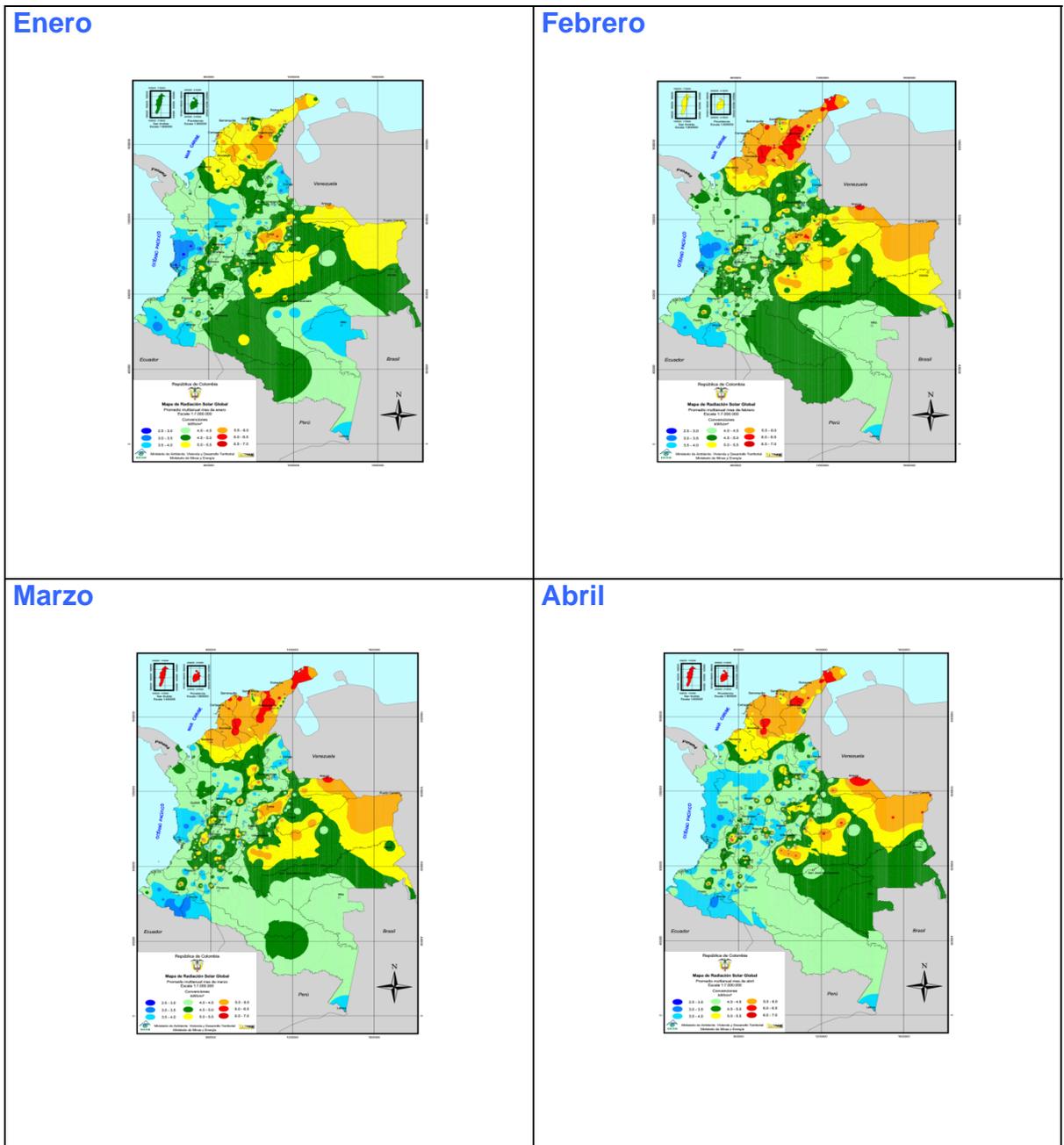
Figura 2. Distribución espacial de la Radiación Global en Colombia, promedio multianual.



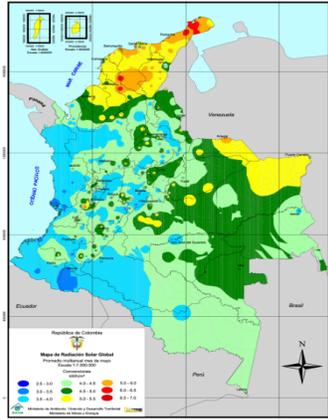
Fuente: IDEAM.

En la figura 3 se presentan los mapas de la distribución de la radiación solar global acumulada en el día que incide sobre el territorio colombiano a lo largo del año.

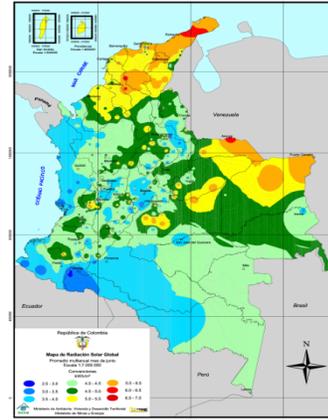
Figura 3. Distribución de la radiación solar global acumulada en el día, que incide a lo largo del año sobre el territorio colombiano.



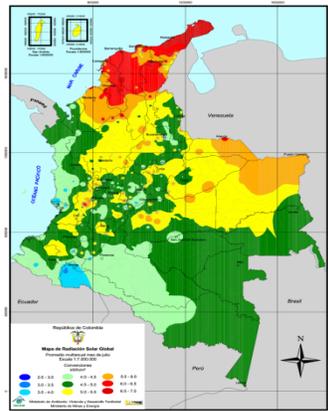
Mayo



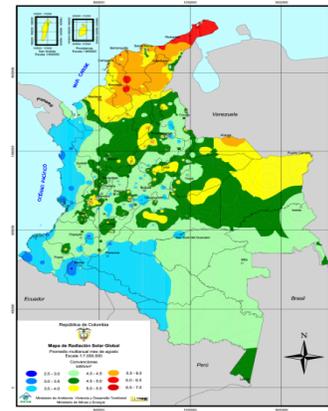
Junio



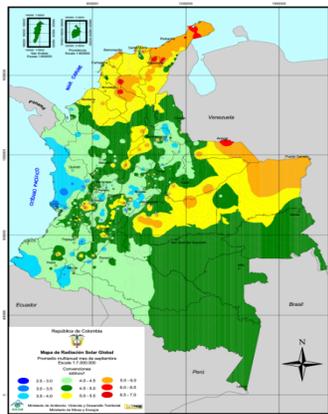
Julio



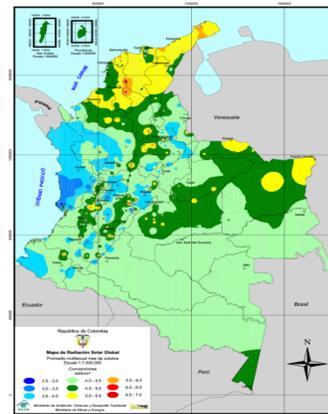
Agosto

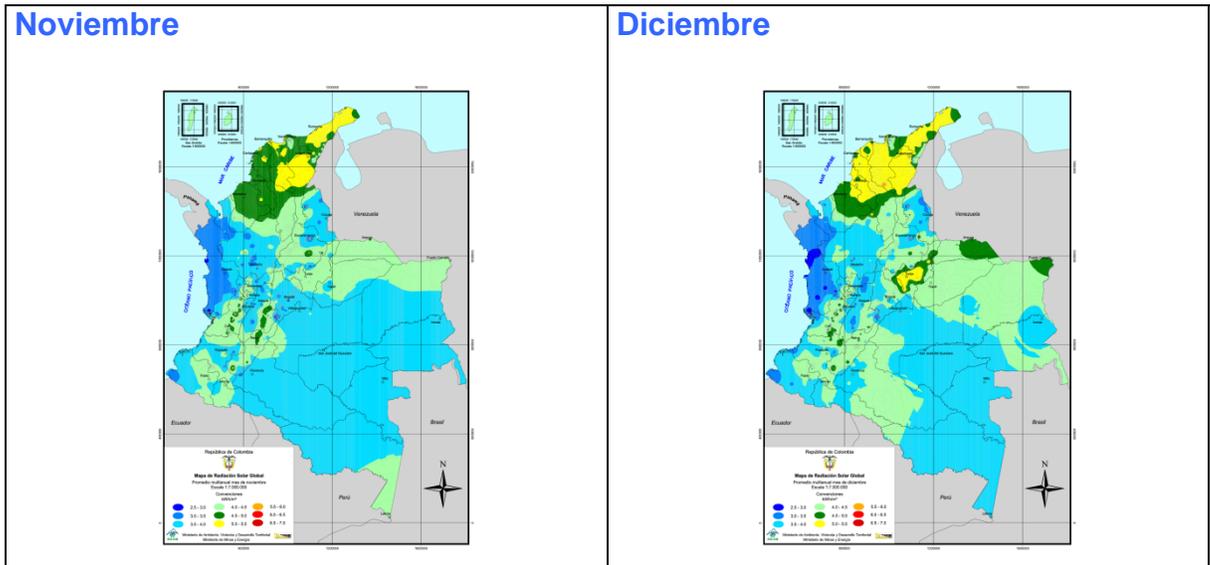


Septiembre



Octubre





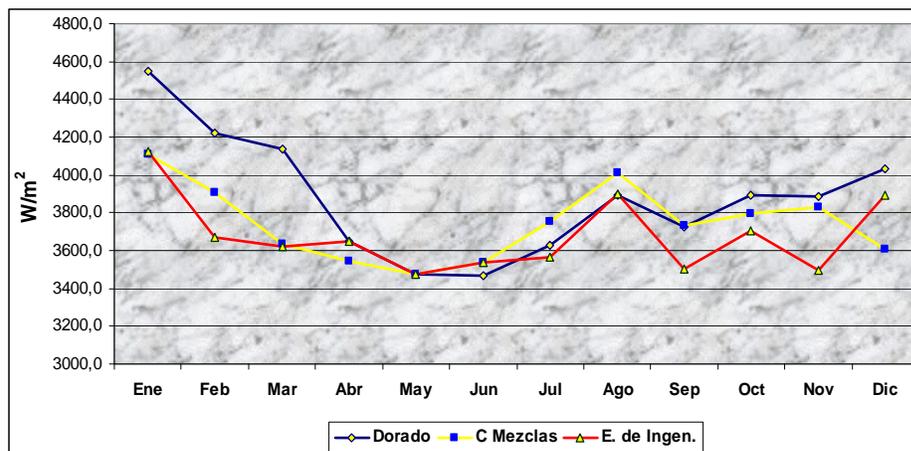
Fuente: IDEAM.

2.1.3 Comportamiento de la radiación en Bogotá la radiación Global actualmente la ciudad cuenta con tres estaciones que miden la radiación global en forma horaria, dos de la Red del DAMA (Departamento Administrativo del Medio Ambiente) y la estación del Aeropuerto Eldorado del IDEAM, cuyos resultados serán presentados a continuación.

2.1.3.1 Variación estacional de la radiación global en las estaciones del DAMA dentro de la red de monitoreo de la calidad del aire del DAMA, hay dos estaciones que miden la radiación solar global: Escuela de Ingeniería (al norte de la ciudad) y Central de mezclas (al sur de la ciudad). Se analizó la información de dichas estaciones para el periodo comprendido entre agosto de 2001 (fecha de inicio de operación de la red) y julio de 2007.

En la figura 4 se observa la representación gráfica de los promedios de radiación acumulada diaria (suma de los valores promedios horarios de la radiación desde las seis de la mañana hasta las seis de la tarde) del mes respectivo para las dos estaciones. En la Escuela de Ingeniería se observa que los meses con mayores valores promedio de radiación global incidente durante el día, en su orden son: enero, diciembre y agosto y los de menor valor son: mayo, junio, septiembre y noviembre. En Central de Mezclas se observa que los mayores valores se presentan en enero y agosto y los menores valores entre abril y junio.

Figura 4. Promedio mensual del total de la radiación global incidente durante el día en las estaciones del DAMA y Eldorado.



Fuente: IDEAM.

2.1.3.2 Variabilidad estacional de la radiación Global en la estación Eldorado

En la figura 4, se aprecia que los meses con mayores promedios de radiación durante el día se presentan entre diciembre y marzo y los menores entre abril y julio.

En forma general, se observa en las tres estaciones (DAMA e IDEAM), que los menores promedios de radiación acumulada diaria se presentan entre abril y junio y los meses de mayor promedio son enero, febrero y agosto. En estos promedios de radiación global influyen dos aspectos:

- **La distancia tierra-sol.** Hay que tener en cuenta que a mediados del año la distancia tierra-sol es mayor (afelio) y por lo tanto llega menos radiación (entre el 10% y el 20% de la radiación durante el perihelio para las estaciones analizadas) a la superficie de la tierra, mientras que, a principios del año, en el perihelio, la tierra está mas cerca al sol, por lo que llega mayor radiación.
- **La nubosidad.** Adicionalmente, en los meses en los que se registra menor radiación, se presenta la primera temporada de lluvias, la cual está asociada a un incremento generalizado de la nubosidad.

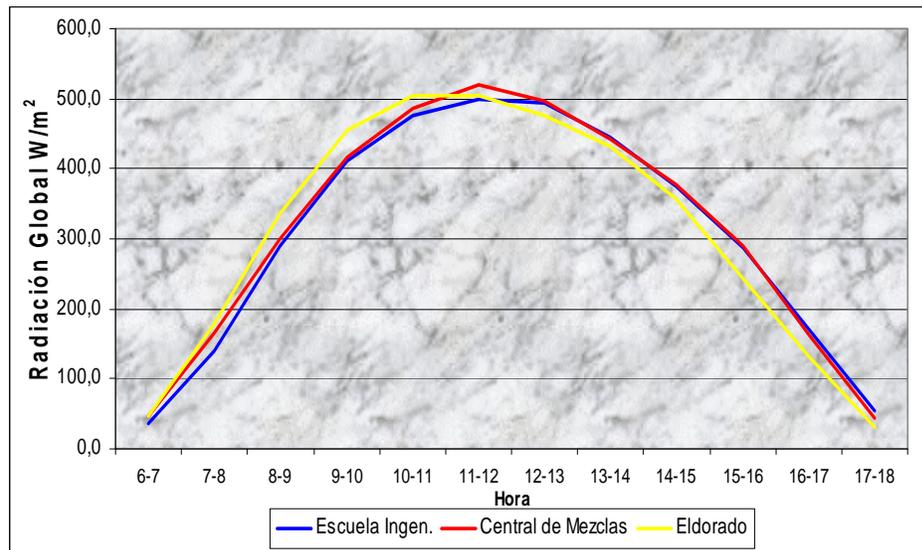
Al evaluar los promedios de todos los datos en las tres estaciones, se concluye que los promedios mayores de radiación se presentan en Eldorado con 3.879 W/m^2 , seguida por Central de mezclas con 3.746 W/m^2 y la de menor promedio es la

Escuela de Ingeniería con 3.678 W/m^2 . Estos bajos valores de radiación, al nororiente de la ciudad, pueden estar relacionados con la mayor nubosidad que se presenta en este sector, ya que, al oriente y nororiente de la ciudad es donde se presentan los mayores promedios de precipitación. Los menores valores de radiación en las estaciones de Central de mezclas y Escuela de Ingeniería, con respecto a la estación Eldorado, se pueden deber también a la interferencia de las montañas que circundan dichas estaciones que obstaculizan a la radiación directa, sobre todo en horas de la mañana (ver figura 5).

2.1.3.3 Ciclo diurno de la Radiación Global en Bogotá en la figura 5 se puede observar la representación gráfica de los promedios horarios de la radiación global en las tres estaciones. El comportamiento y los promedios son muy similares, pero se destacan los siguientes aspectos:

- El máximo de radiación en Eldorado se alcanza entre las 10 y las 12 de la mañana; en Central de Mezclas entre las 11 y las 12 de la mañana y en la Escuela de ingeniería entre las 11 de la mañana y la 1 de la tarde.
- En las horas de la mañana se presentan los mayores promedios en Eldorado y los menores en la Escuela de Ingeniería
- En las horas de la tarde ocurre lo contrario, los mayores promedios se presentan en la Escuela de Ingeniería y los menores en Eldorado.

Figura 5. Ciclo diario de la radiación global incidente en las estaciones del DAMA y Eldorado.



Fuente: IDEAM.

Usos de la energía solar:

- Calefacción doméstica
- Refrigeración
- Calentamiento de agua
- Destilación
- Generación de energía
- Fotosíntesis
- Hornos solares

- Cocinas
- Evaporación
- Acondicionamiento de aire
- Control de heladas
- Secado

Se han ensayado todos los usos citados de la energía solar en escala de laboratorio, pero no se han llevado a la escala industrial. En muchos casos, el costo de la realización de estas operaciones con energía solar no pueden competir con el costo cuando se usan otras fuentes de energía por la gran inversión inicial que es necesaria para que funcionen con energía solar y por ello la mayor parte de los estudios de los problemas de utilización de esta energía está relacionado con problemas económicos.

Las instalaciones solares pueden considerarse clasificadas por tres tipos de aplicación. Primero, hornos solares, usados como medio de laboratorio para obtener altas temperaturas en diversos estudios y propuestos para usos semi-industriales. En segundo lugar los usos potenciales de disposiciones solares sencillas, como cocinas, refrigerantes y bombas de irrigación en regiones no industrializadas, con radiación segura y en donde los actuales recursos de energía no son satisfactorios o resulten costosos. Un tercer grupo de aplicación de energía

solar podrá competir en el futuro económicamente con otras fuentes de energía en algunas zonas de países industrializado.

2.1.4 Celdas Solares³. Las células o celdas solares son dispositivos que convierten energía solar en electricidad, ya sea directamente vía el efecto fotovoltaico, o indirectamente mediante la previa conversión de energía solar a calor o a energía química.

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

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

³ (Amílcar., 2003) "Celdas solares" Op.Cit. [Consulta: 02 de Abril de 2007].

El efecto fue observado primero en un material sólido (el metal selenio) en 1877. Este material fue utilizado durante muchos años para los fotómetros, que requerían de cantidades muy pequeñas de energía. Una comprensión más profunda de los principios científicos, fue provista por Albert Einstein en 1905 y Schottky en 1930, la cual fue necesaria antes de que celdas solares eficientes pudieran ser confeccionadas. Una célula solar de silicio que convertía el 6% de la luz solar que incidía sobre ella en electricidad fue desarrollada por Chapin, Pearson y Fuller en 1954, y esta es la clase de célula que fue utilizada en usos especializados tales como satélites orbitales a partir de 1958.

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

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

Las planchas monocristalinas (de aproximadamente 1/3 a 1/2 de milímetro espesor) se cortan de un gran lingote monocristalino que se ha desarrollado a

aproximadamente 1400°C, este es un proceso muy costoso. El silicio debe ser de una pureza muy elevada y tener una estructura cristalina casi perfecta.

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

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

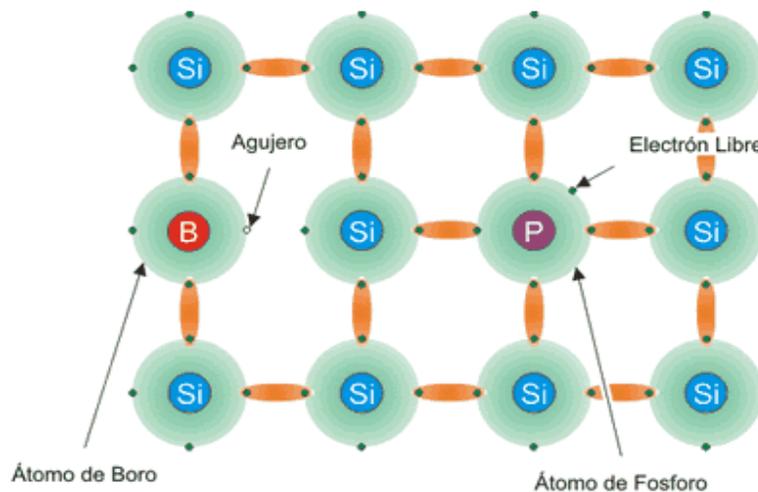
El silicio amorfo, una de las tecnologías de lámina delgada, es creado depositando silicio sobre un substrato de vidrio de un gas reactivo tal como silano (SiH_4). El silicio amorfo es uno de un grupo de tecnologías de lámina delgada. Este tipo de célula solar se puede aplicar como película a substratos de bajo costo tales como cristal o plástico. Otras tecnologías de lámina delgada incluyen delgada de silicio multicristalino, las celdas de seleniuro de cobre e indio/sulfuro de cadmio, las celdas de telurio de cadmio/sulfuro del cadmio y las celdas del arseniuro de galio. Las celdas de lámina delgada tienen muchas ventajas incluyendo una deposición y un ensamblado más fácil, la capacidad de ser depositadas en substratos ó

materiales de construcción baratos, la facilidad de la producción en masa, y la gran conveniencia para aplicaciones grandes.

En la producción de celdas solares al silicio se le introducen átomos de impurezas (dopado-ver figura 6.) para crear una región tipo p y una región tipo n a modo de producir una unión p-n. El dopado se puede hacer por difusión a alta temperatura, donde las planchas se colocan en un horno con el dopante introducido en forma de vapor. En la fabricación de algunos dispositivos de lámina delgada la introducción de dopantes puede ocurrir durante la deposición de las láminas o de las capas.

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

Figura 6. Dopaje del Silicio



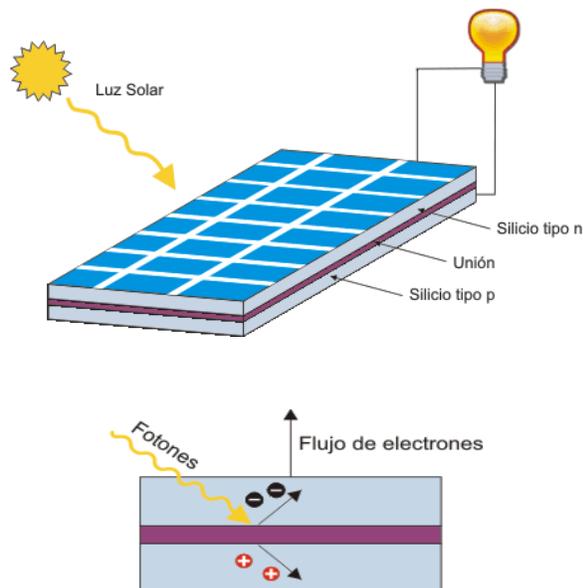
Fuente: <http://www.textoscientificos.com/>

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

Para entender la operación de una célula fotovoltaica, necesitamos considerar la naturaleza del material y la naturaleza de la luz del sol (ver figura 7). Las celdas solares están formadas por dos tipos de material, generalmente silicio tipo p y silicio tipo n. La luz de ciertas longitudes de onda puede ionizar los átomos en el

silicio y el campo interno producido por la unión que separa algunas de las cargas positivas ("agujeros") de las cargas negativas (electrones) dentro del dispositivo fotovoltaico. Los agujeros se mueven hacia la capa positiva o capa de tipo p y los electrones hacia la negativa o capa tipo n. Aunque estas cargas opuestas se atraen mutuamente, la mayoría de ellas solamente se pueden recombinar pasando a través de un circuito externo fuera del material debido a la barrera de energía potencial interno. Por lo tanto si se hace un circuito se puede producir una corriente a partir de las celdas iluminadas, puesto que los electrones libres tienen que pasar a través del circuito para recombinarse con los agujeros positivos.

Figura 7. Efecto fotovoltaico en una célula solar



Fuente: <http://www.textoscientificos.com/>

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

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

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

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

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

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

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

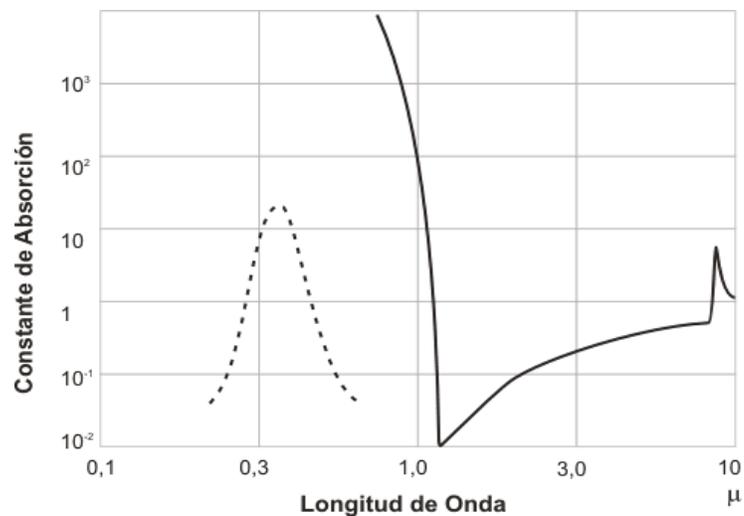
2.1.5 Características de células para conversión solar⁴.

Coeficiente de absorción en función de la longitud de onda. La brecha de energía, por la que se calcula la eficiencia teórica de conversión de materiales

⁴ (Amílcar., 2003) "Células de Silicio" Op.Cit. [Consulta: 11 de Febrero de 2008].

voltaicos, determina la absorción espectral característica del material en la región de absorción fundamental. El silicio tiene un corte de absorción en 1.2 μ con fuerte aumento en el coeficiente de absorción hacia longitudes de onda más larga. Esta característica se ve en la figura 8. La región fundamental es la región sensible de la célula de silicio.

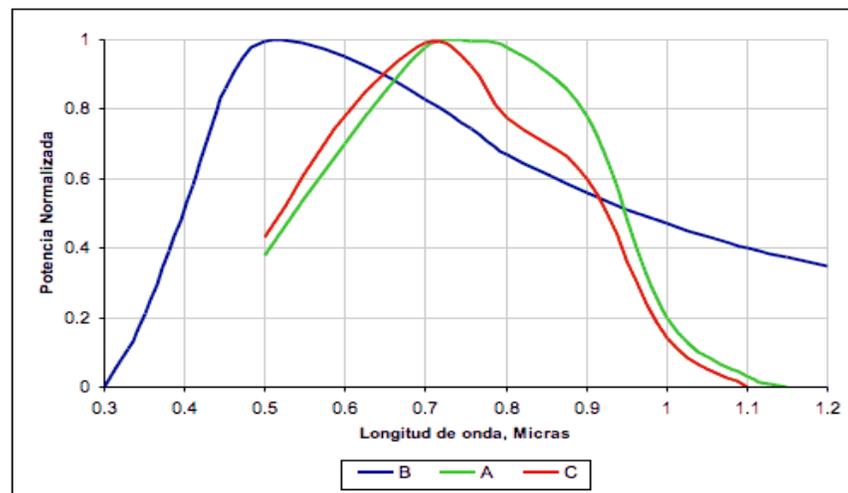
Figura 8. Coeficiente de absorción en función de la longitud de onda.



Fuente: <http://www.textoscientificos.com/energia>.

2.1.6 Respuesta espectral⁵. Por las características de absorción del silicio se ve que los fotones con energía de 1.02 e.v. o más grande, pueden producir pres hueco-electrón. Sin embargo, la energía excedente de 1.02e.v. no se usa en el proceso de conversión de energía. La respuesta espectral de la célula fotovoltaica de silicio se da en la figura 9.

Figura 9. Respuesta espectral.



Fuente: <http://www.textoscientificos.com/energia>.

La curva A es el rendimiento de energía medido para intensidades iguales de radiación débil, en función de la longitud de onda. La sensibilidad máxima se ha tomado arbitrariamente como unidad. La curva C es el producto de las curvas A y

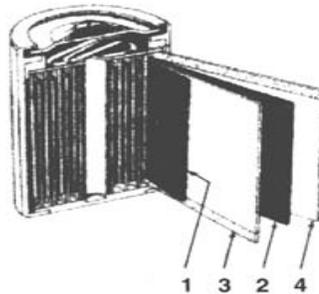
⁵ Ibíd. [Consulta: 02 de Abril de 2007].

B, reducidas de nuevo a la unidad para la sensibilidad máxima. Esta curva muestra cuál es la porción útil de la radiación solar más útil para la célula.

2.2 Baterías de níquel-cadmio⁶.

2.2.1 Composición y funcionamiento una batería recargable de Ni-Cd (Figura 10), está constituida por una placa positiva (1), de hidróxido de níquel y por una placa negativa (2) de hidróxido de cadmio. Ambas placas están separadas por un electrolito, compuesto por una solución acuosa de potasio cáustico (3 y 4), la cual está contenida dentro de un tejido poroso.

Figura 10. Composición de las baterías de Ni-Cd.



Fuente: <http://www.rs.ejercito.mil.ar/contenido/Nro645/Td/baterias>.

⁶ (Mayor Gustavo Biau) "Baterías Níquel - Cadmio" [En línea] <<http://www.rs.ejercito.mil.ar/contenido/Nro645/Td/baterias.htm> > Argentina. [Consulta: 22 de Marzo de 2008].

Desde el punto de vista funcional, una batería de Ni-Cd está considerada como un componente eléctrico, el cual, a través de un proceso, transforma energía química en energía eléctrica, y viceversa. A esta transformación se la denomina proceso electroquímico.

2.2.2 Capacidad se entiende por capacidad, la cantidad de energía que una batería puede almacenar en su interior, la cual se transformará en corriente eléctrica, cuando se le conecte una carga.

De esta manera, el elemento producirá una corriente eléctrica constante, medida en amperios o miliamperios (A o mA) en el período de una hora. Transcurrido este tiempo, la tensión del elemento de Ni-Cd caerá, hasta alcanzar un valor considerado como tensión de descarga.

2.2.3 Batería de níquel-cadmio: pros y los contras.

Pros:

- Asequible.
- Alto número de posibles recargas.
- Rápida recarga.

Consumo:

- Baja capacidad de carga.
- El cadmio es tóxico y debe ser adecuadamente reciclados.

2.3 MARCO LEGAL.

2.3.1 Ley 697 de 2001⁷. (Octubre 3), Mediante la cual se fomenta el uso racional y eficiente de la energía, se promueve la utilización de energías alternativas y se dictan otras disposiciones. Ya que la energía solar es un factor indudable para el ahorro de la energía y sus nuevas aplicaciones con esta aprovechando los recursos de la naturaleza. Ver Anexo A.

2.3.2 Normas ISO- 9000⁸. Estas normas requieren de sistemas documentados que permitan controlar los procesos que se utilizan para desarrollar y fabricar los productos. Estos tipos de sistemas se fundamentan en la idea de que hay ciertos elementos que todo sistema de calidad debe tener bajo control, con el fin de garantizar que los productos y/o servicios se fabriquen en forma consistente y a

⁷ Senado de la República de Colombia. "**Ley 697 de 2001** (Octubre 3)". [En línea] <<http://www.secretariassenado.gov.co/leyes/L0697001.HTM> > Bogotá. [Consulta: 09 de Abril de 2007].

⁸ International Organization for Standardization. "ISO-9000". [En línea] <<http://www.iso.org> > Switzerland. [Consulta: 09 de Abril de 2007].

tiempo. Las ISO 9000 no definen cómo debe ser un Sistema de Gestión de Calidad de una organización, sino que ofrecen especificaciones de cómo crearlo e implementarlo; éste será diferente en función de las características particulares de la organización y sus procesos.

Las **ISO 9000:2000** quedaron conformadas por tres grandes apartados:

ISO 9000:2000, Sistemas de Gestión de Calidad: Principios y vocabulario.

ISO 9001:2000, que trata sobre los requisitos de los Sistemas de Gestión de Calidad.

ISO 9004:2000, que se refieren a recomendaciones para llevar a cabo las mejoras de calidad.

Las características más importantes y novedosas de esta serie son:

- La orientación hacia el cliente.
- La gestión integrada.
- El énfasis en el proceso de negocio.
- La incorporación de la Mejora Continua.
- La medición de la satisfacción del cliente.

2.3.3 Marca UL de Registro del Sistema de Gestión⁹. UL es, además, un importante organismo certificador para las normas ISO. El éxito de UL no es una casualidad. La Norma ISO 9000 define las líneas básicas para la implementación de un sistema de gestión y la estructura para la mejora continua. Diversas industrias la utilizan como base para la elaboración de nuevos sistemas de requerimientos, como es el caso de la QS-9000 para la industria automotriz, AS 9000 para aeronáutica y TL 9000 para telecomunicaciones. ISO 9000 también es la base para ISO 14001, el modelo de calidad para los sistemas de gestión ambiental. UL puede hacer una evaluación preliminar para identificar las actividades necesarias antes que la empresa pueda ser certificada de manera muy profesional.

2.3.4 Certificación C€¹⁰ las letras ' C€ en un producto son la garantía del fabricante de que el producto satisface los requisitos de todas las Directrices pertinentes.

La certificación C€ en un producto:

⁹ UL Standards for Safety. "Marca UL de Registro del Sistema de Gestión". [En línea] < <http://www.ul.com/info/standard.htm> >United States. [Consulta: 18 de Abril de 2007].

¹⁰ Communautés Européennes. "Certificación C€". [En línea] < http://www.ul-mexico.com/worldwide/es_ulla_worldwide_Europe.aspx#CEMark > Union Europea. [Consulta: 20 de Abril de 2007].

- Indica a los clientes que el producto cumple con los requisitos indicados para los estándares mínimos de seguridad y, por lo tanto, al menos un mínimo nivel de calidad.
- Estimula la salud pública y la seguridad.
- Realza la credibilidad en el producto.
- Lleva a mejores ventas y mayor satisfacción del cliente.

La certificación C€ se asigna por mandato de las Directrices del Nuevo Enfoque. Muchos productos están cubiertos por estas directrices, y para colocarse en el mercado, algunos deben tener la certificación C€- es un requisito legal. La certificación C€ es la declaración del fabricante de que su producto satisface los requisitos esenciales de todas las directrices relevantes.

3. METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del proyecto se empleará el enfoque empírico-analítico, porque está orientado a la interpretación y transformación de la energía solar que proporciona energía eléctrica para cargar dispositivos portátiles. Este trabajo estará abierto a la incorporación de nuevos conocimientos y procedimientos con el fin de asegurar un mejor rendimiento.

3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

“Tecnológicas actuales y sociedad” porque la sociedad requiere de conocimientos técnicos y científicos de vanguardia que ayuden a la solución de problemas o faciliten los procesos de mejoramiento de la calidad de vida de las personas que pertenecen a un grupo social determinado.

3.3 SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

“Instrumentación y Control de procesos” porque se controlan variables y parámetros inherentes a las transformaciones físicas y químicas de la materia y la energía durante la producción de diferentes productos.

3.4 CAMPO TEMÁTICO

“Control” porque los parámetros del sistema dependen del tiempo, es decir, los coeficientes de las ecuaciones diferenciales o de diferencia dependen del tiempo.

3.5 HIPÓTESIS

Por medio de la conversión de energía solar a energía eléctrica se podrá realizar una carga efectiva de 4~5V-150mA (máx.), generando una carga efectiva de 6 a 12 horas en los dispositivos portátiles.

3.6 VARIABLES

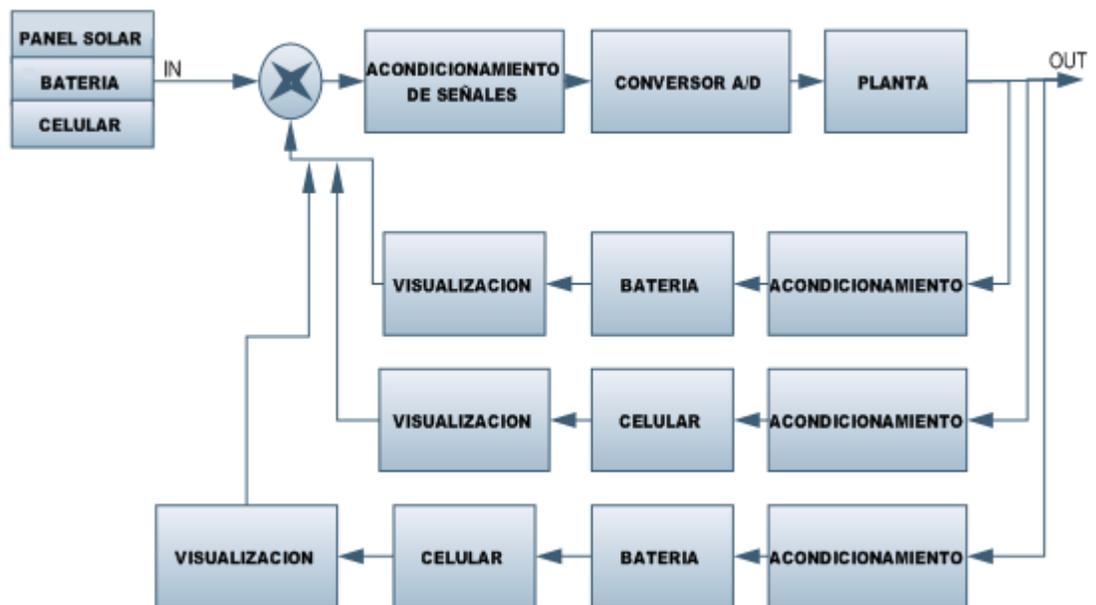
3.6.1 Variables Independientes. Energía solar almacenada en las celdas solares.

3.6.2 Variables Dependientes. Energía eléctrica convertida que estará controlada para cargar los dispositivos.

4. DESARROLLO INGENIERIL

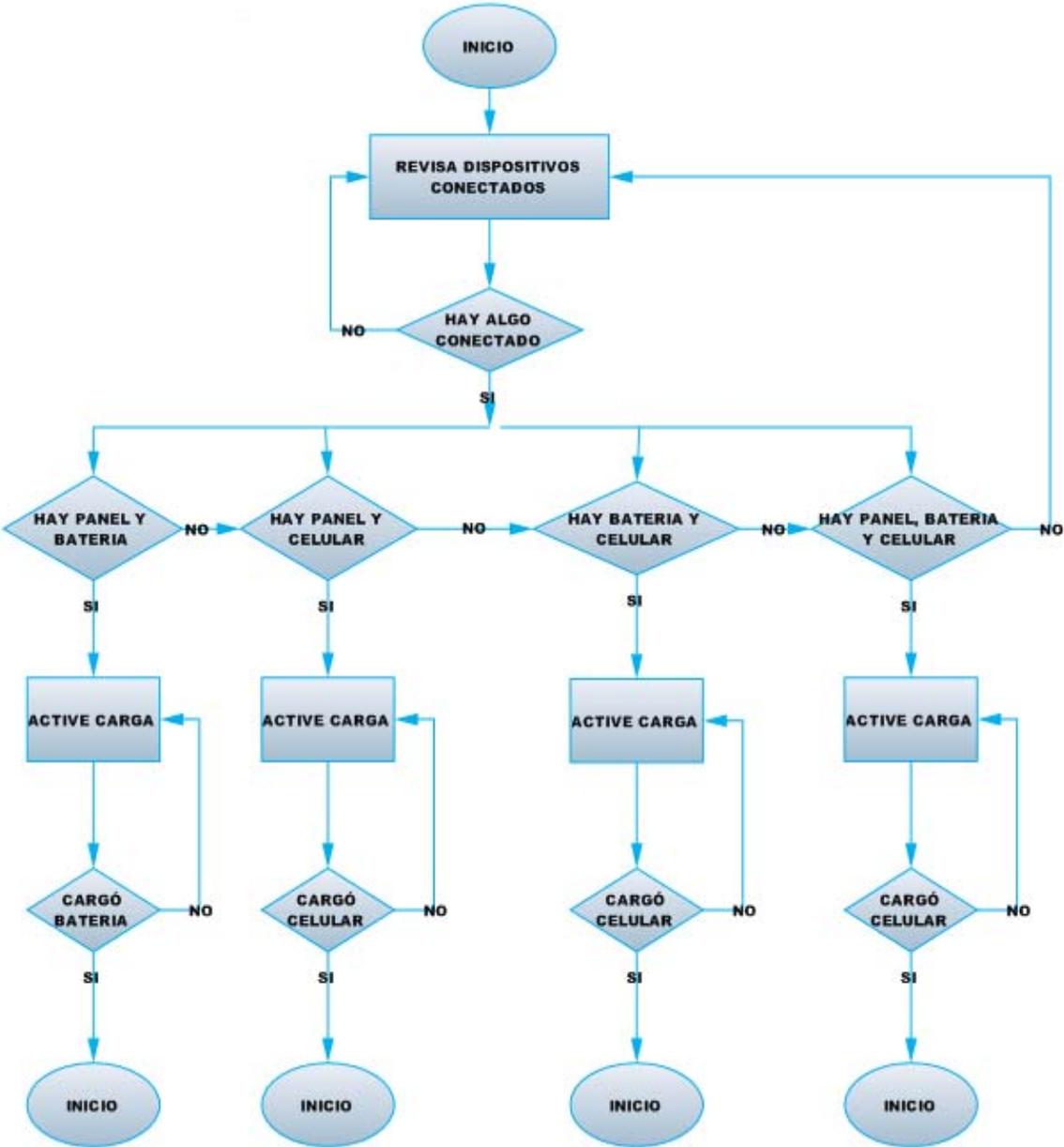
4.1 Diagrama de flujo y bloques.

Figura 11. Diagrama de Bloques.



Fuente: Diseño del Autor.

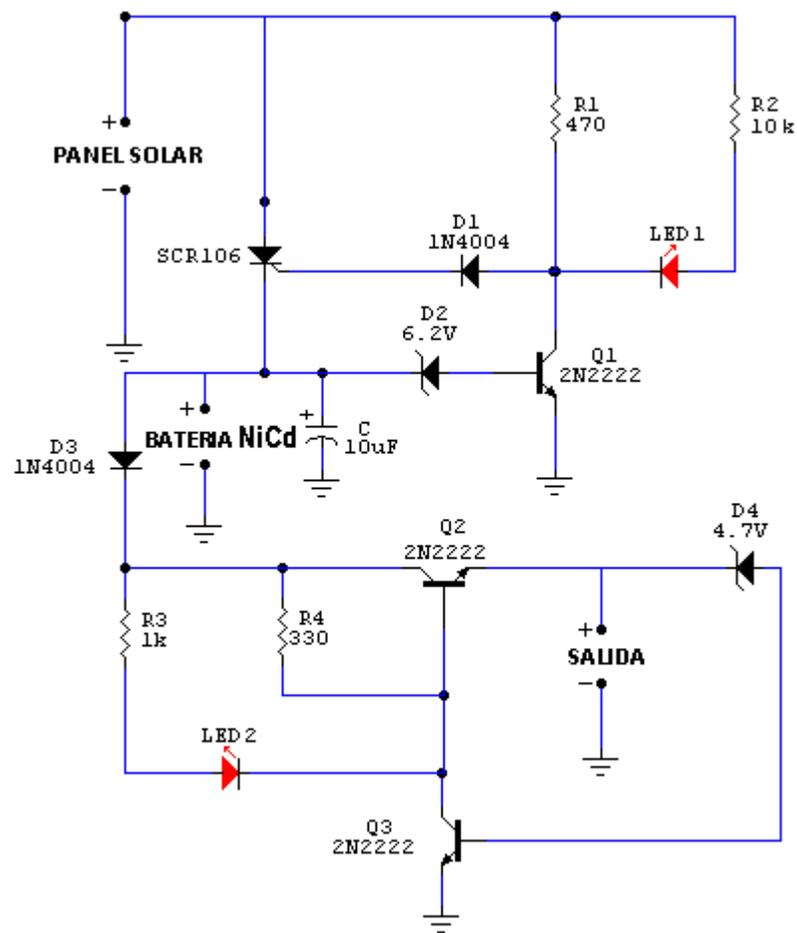
Figura 12. Diagrama de flujo.



Fuente: Diseño del Autor.

4.2 Circuito preliminar de carga.

Figura 13. Circuito preliminar de carga.



Fuente: Software Circuit Maker.

A la entrada de la celda solar se encuentra el SCR (106D), cuando se activa el panel solar produce una corriente de encendido requerida por la compuerta, se encenderá el SCR e iniciara la acción de carga de la batería de NiCd; el diodo D1 se incluye para evitar una inversión de la corriente de compuerta. Cuando la carga se está iniciando (la batería está baja de carga) este voltaje es muy pequeño para hacer conducir al diodo Zener de 6.2 voltios. Así el diodo Zener se comporta como un circuito abierto, lo cual mantiene al transistor Q1 en estado de corte. El capacitor C, evita que efectos transitorios no deseados en la batería NiCd saturen el transistor Q1. Estos efectos transitorios se pueden producir debido a la variación de corriente entregada por el panel, que provocaría una subida de voltaje inesperado en las baterías.

A medida que la carga continua, el voltaje de la batería crece hasta un punto donde el voltaje es lo suficientemente alto para encender al diodo Zener D2.

Cuando el diodo Zener conduce; entra en saturación el transistor Q1 desactivando con una alta impedancia la compuerta del SCR, idealmente la corriente colector es de aproximadamente 19mA (Ecuación 1.), pero si se admite una caída de voltaje en el diodo LED 1 esta será de 2V, entonces la corriente de colector será alrededor de 15mA. Una vez que el transistor Q1 se dispara, la batería de NiCd genera una corriente hacia el SCR, cuando esto suceda la batería de NiCd se encuentra totalmente cargada lo cual producirá una corriente más alta en el cátodo

que en el ánodo del SCR por lo cual el SCR dejara de conducir y detendrá la carga en la batería.

Ecuación 1:

$$I_{CSAT} = \frac{V_{CC}}{R_C}$$

$$I_{CSAT} = \frac{9V}{470\Omega}$$

$$I_{CSAT} = 19mA$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C R_C$$

$$V_{CE} = V_{CC}$$

Estando la batería de NiCd cargada, por medio de la resistencia R4 activa el transistor Q2 generando una corriente por el emisor. Cuando la carga se está iniciando en el celular, el voltaje es muy pequeño para hacer conducir al diodo Zener de 4.7 voltios. A medida que la carga continua, el voltaje de la batería crece hasta un punto donde el voltaje es lo suficientemente alto para encender al diodo Zener D4, el cual conduce hacia el transistor Q3 y deja este en corte colocando el transistor Q2 y el diodo LED 2 a tierra, el cual indica la carga de la batería del celular.

4.3 Acondicionamiento del Panel Solar.

El cargador solar estará compuesto por treinta y seis paneles fotovoltaicos policristalinos de 0.5 V (ver figura 12.), las cuales están conectadas formando dos fuentes de 9V en paralelo y con la misma dirección de la fuente de corriente, para así, poder incrementar la corriente a $\pm 200\text{mA}$ y mantener el voltaje constante; que son los necesarios para la aplicación de este cargador en los dispositivos que se van a trabajar. Dimensiones 23x16cm.

Figura 12. Panel Solar.

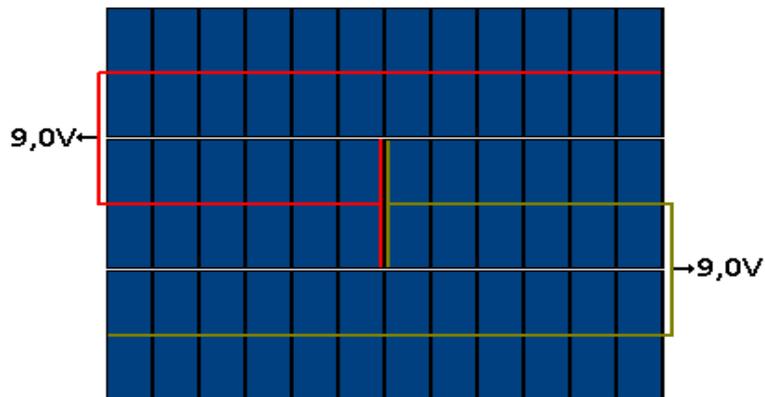
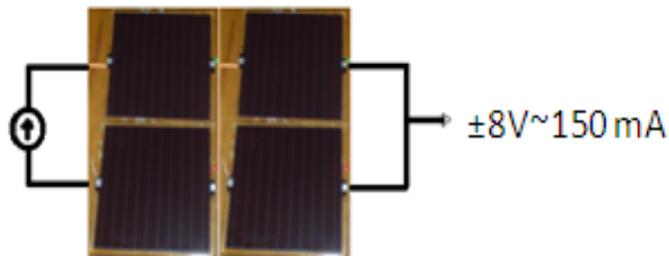


Tabla 1. Corrientes entregadas por el panel solar.

CORRIENTES ENTREGADAS	
DIA NUBLADO	$\pm 20,50$ mA
DIA MEDIO NUBLADO	$\pm 43,00$ mA
DIA OPTIMO	$\pm 150,3$ mA
PROMEDIO TOTAL	71,26 mA

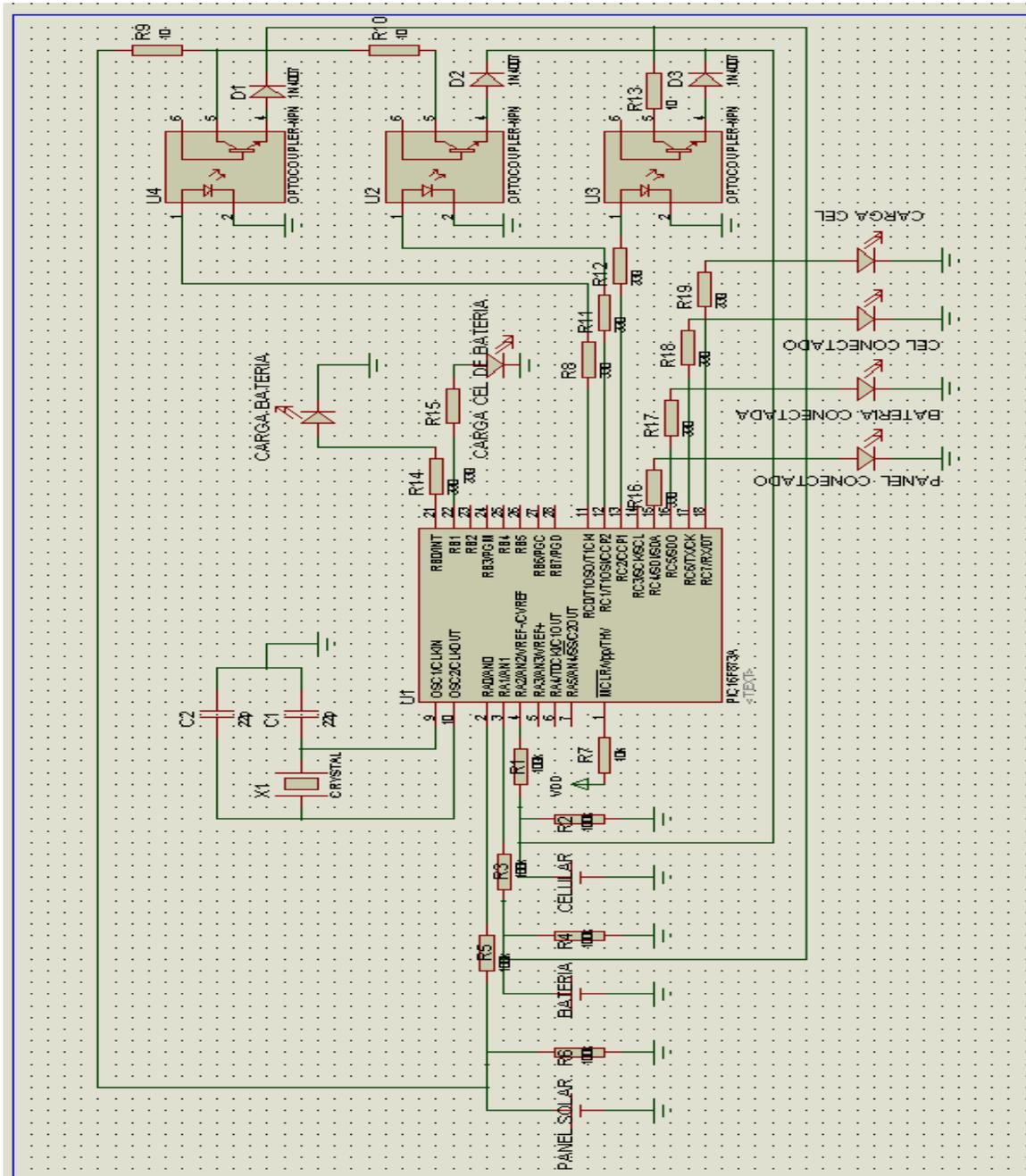
Adicionalmente se utilizan cuatro celdas fotovoltaicas de 4 a 4.5V ± 80 mA, conectadas con el fin de tener una fuente de $\pm 8V \sim 150$ mA, (Figura 13). Obteniendo dicho voltaje, se regula con un diodo zener de 5,2V para poder alimentar el microcontrolador 16F873A el cual estara encargado de analizar las diferentes opciones y operar adecuadamente respecto a la necesidad de carga.

Figura 13. Arreglo de celdas para alimentar el microcontrolador.



4.4 Circuito final de carga.

Figura 14. Circuito final de carga.



Fuente: Software Proteus.

4.4.1 Normalización de tablas (Conversión A/D).

Con estas tablas se normalizó un valor promedio en cada una de ellas, estos valores se ingresaron por canales análogos, luego ese valor mediante el modulo de conversión análoga digital será un número en hexadecimal, así, se obtuvo un valor digital y el PIC de esta forma toma los cuatro bit de mayor peso para identificar los elementos conectados.

Tabla 2. Normalización de tablas para el panel solar.

PANEL SOLAR		
CC	1100	1100
CE	1100	1110
CF	1100	1111
CB	1100	1011
C9	1100	1001
C8	1100	1000
C0	1101	0000

Tabla 3. Normalización de tablas para la batería de Ni-Cd.

BATERIA Ni-Cd		
B1	1011	0001
B6	1011	0110
B4	1011	0100

BB	1011	1011
----	------	------

Tabla 4. Normalización de tablas para el panel solar cargando la batería de Ni-Cd.

PANEL SOLAR CARGANDO BATERIA		
C7	1100	0111
C3	1100	0011
C6	1100	0110
C8	1100	1000
C9	1100	1001

Tabla 5. Normalización de tablas para la batería de Ni-Cd cargando.

BATERIA CARGANDO		
B9	1011	1001
B4	1011	0100
B0	1011	0000
B7	1011	0111
B6	1011	0110
B7	1011	0111

Tabla 6. Normalización de tablas para el celular cargando.

CELULAR CAGANDO		
6B	0110	1011
6A	0110	1010
6C	0110	1100
68	0110	1000
6D	0110	1011
69	0110	1001
67	0110	0111

Tabla 7. Normalización de tablas para el circuito sin celular.

CIRCUITO SIN CELULAR		
AB	1010	1011
AC	1010	1100
AC	1010	1100
AD	1010	1101
AB	1010	1011

4.4.2 Configuración de E/S del PIC. Ver anexo C.

4.4.2.1 Entradas del PIC.

A0-PANEL

A1-BATERIA

A2-CELULAR

4.4.2.2 Salidas del PIC.

C0-OPTOACOPLADOR CONECTADO A PANEL

C1- OPTOACOPLADOR CONECTADO A CELULAR

C2- OPTOACOPLADOR CONECTADO A BATERIA Ni-Cd

C4- LED PANEL CONECTADO

C5- LED BATERIA Ni-Cd CONECTADA

C6- LED CELULAR CONECTADO

C7- LED INDICA CARGA DE PANEL A CELULAR

B0- LED INDICA CARGA DE PANEL A BATERIA Ni-Cd

B1- LED INDICA CARGA DE BATERIA Ni-Cd A CELULAR

4.4.3 Cálculos en los optoacopladores.

DataSheet: Optoacoplador 4N25. Ver anexo D.

$$\beta = 500 ; \text{Data Sheet}$$

$$\beta = \frac{500}{3} ; \text{Saturacion de un transistor}$$

$$\beta = 166,66$$

$$I_C = \beta I_B$$

$$I_C = 2 \text{ mA} ; \text{Data Sheet}$$

$$V_{CE} = 5 \text{ V} ; \text{Data Sheet}$$

$$I_B = 12 \mu\text{A}$$

$$R_C = \frac{V_{CC} - V_{CE}}{I_C}$$

$$R_C = \frac{7 \text{ V} - 5 \text{ V}}{2 \text{ mA}}$$

$$R_C = 10 \Omega \cong 10 \Omega$$

4.4.4 Sistema de carga

Es un sistema que analiza tres entradas; Panel solar, batería Ni-Cd y celular.

Cuando el PIC detecta dos o tres entradas, simula cuatro casos diferentes:

4.4.4.1 Caso 1: el panel solar y la batería de respaldo se encuentran conectados inicialmente, con el fin de mantener cargada la batería.

4.4.4.2 Caso 2: al detectar un celular, y la batería de respaldo esta descargada, el panel carga directamente el celular.

4.4.4.3 Caso 3: cuando el panel solar pierde potencia debido a las condiciones del clima, se desactiva el panel y la batería de Ni-Cd carga el celular directamente.

4.4.4.4 Caso 4: El PIC al detectar tres entradas simultáneamente, analiza las entradas y localiza la carga hacia el celular directamente del panel solar y la batería de Ni-Cd a la vez si estos están en un nivel optimo.

4.4.5 Visualización.

El microcontrolador cuenta con seis salidas identificadas por diodos emisores de luz "LED", los cuales hacen referencia a siete casos específicos analizados y acoplados por el PIC a la condición actual que está trabajando por los puertos de entrada y salida:

- C4- led panel conectado
- C5- led batería ni-cd conectada
- C6- led celular conectado

- C7- led indica carga de panel a celular
- B0- led indica carga de panel a batería ni-cd
- B1- led indica carga de batería ni-cd a celular
- C7 y B1 indican carga de panel y batería a celular

5. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5.1 Respuesta de las baterías.

- Teniendo en cuenta que una batería no se puede descargar más de su valor mínimo nominal, se hicieron pruebas con baterías de celulares y baterías de NiCd para analizar su respuesta de carga.
- El valor mínimo nominal en las baterías de los celulares varía entre 3 y 3,23 V, mientras que en baterías de NiCd su valor mínimo se encuentra entre 1,5 y 1,81V.

5.2 Tiempo de carga

La batería no almacena toda la energía eléctrica que recibe por lo que la cantidad de electricidad suministrada debe ser mayor que la teóricamente necesaria. Trabajando entre 5 y 25°C el factor de carga es de 1,4, es decir debe suministrarse una carga que sea un 40% superior a la deseada.

El tiempo de carga puede estimarse con la ecuación;

$$T = 1,4 \times C / I$$

Siendo:

T = Tiempo de carga en horas.

C = Capacidad que debe recibir la batería (mAh).

I = Intensidad de carga (mA).

(Ver tabla 1). Corrientes entregadas por el panel solar.

Tiempo de carga panel a batería de respaldo

$$T = 1,4 * \frac{C}{I}$$

$$T = 1,4 * \frac{280mAh}{20,50mA}$$

$$T = 19,12h \text{ Día nublado}$$

$$T = 1,4 * \frac{280mAh}{43mA}$$

$$T = 9,11h \text{ Día medio nublado}$$

$$T = 1,4 * \frac{280mAh}{150,3mA}$$

$$T = 2,60h \text{ Día optimo}$$

Tiempo de carga panel a celular

$$T = 1,4 * \frac{C}{I}$$

$$T = 1,4 * \frac{860mAh}{20,50mA}$$

$$T = 58h \text{ Día nublado}$$

$$T = 1,4 * \frac{860mAh}{43mA}$$

T = 28h Dia medio nublado

$$T = 1,4 * \frac{860mAh}{150,3mA}$$

T = 8h Dia optimo

Tiempo de carga panel y batería de respaldo a celular

$$T = 1,4 * \frac{C}{I}$$

$$T = 1,4 * \frac{860mAh}{20,50mA + 280mA}$$

T = 4h Dia nublado

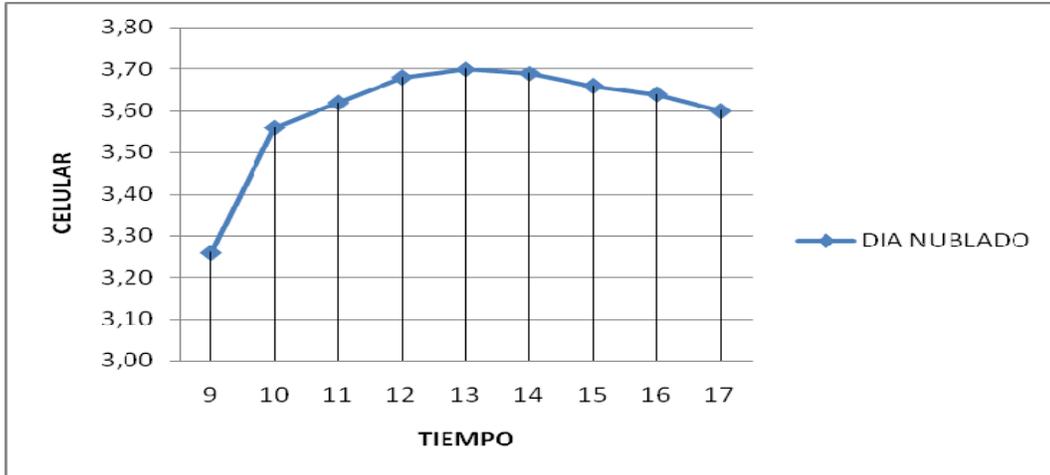
$$T = 1,4 * \frac{860mAh}{43mA + 280mA}$$

T = 3,72h Dia medio nublado

$$T = 1,4 * \frac{860mAh}{150,3mA + 280mA}$$

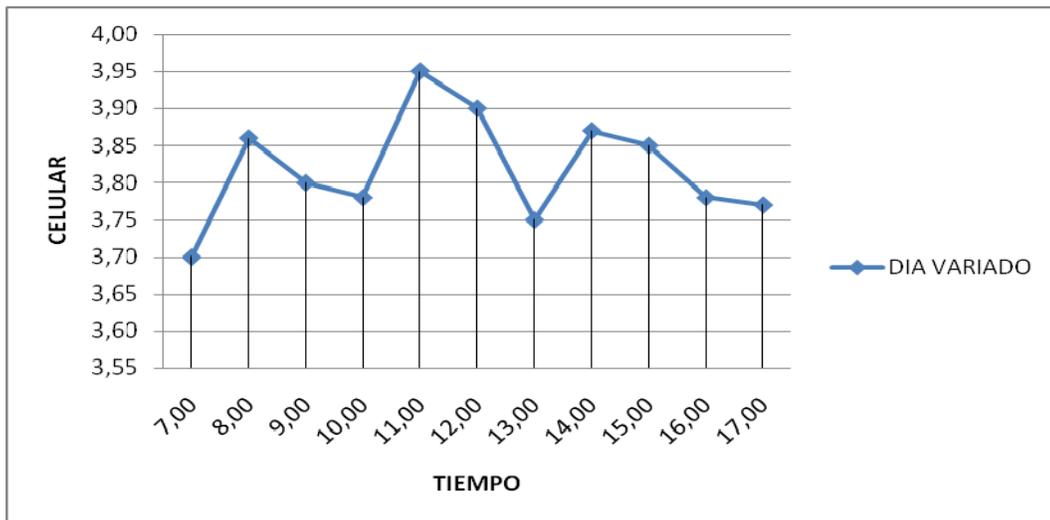
T = 2,79h Dia optimo

Figura 15. Respuesta de carga en un día nublado.



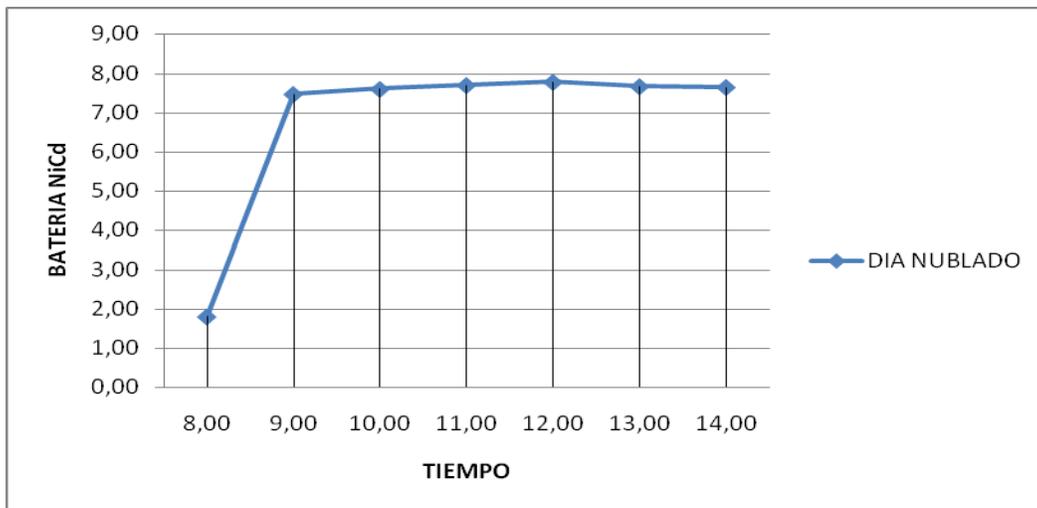
Al iniciar la carga con un valor mínimo de 3,23V y el celular apagado, transcurrida media hora se puede encender el celular. Debido a este día nublado no hubo cambios en el clima, la carga estuvo estable en el celular en $\pm 3,6V$.

Figura 16. Respuesta de carga en día variado.



Debido a cambios en el clima, se pueden observar valores pico en la carga de la batería ya que la corriente entregada por el panel solar varían considerablemente con la variación de la intensidad solar.

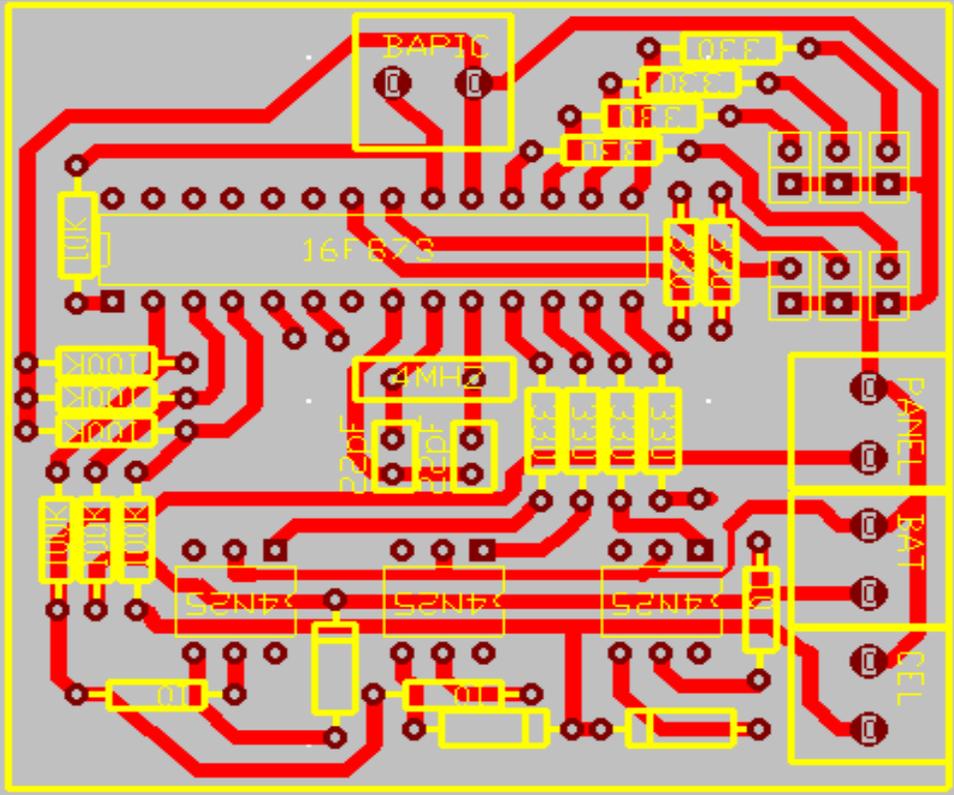
Figura 17. Respuesta de carga en día nublado.



Teniendo una carga inicial de 1,81V en la batería de NiCd y conectada directamente al panel solar la carga en esta se mantiene constante entre 7 y 8V debido a la estabilidad del clima.

5.3 PCB (Printed Circuit Board). Ver figura 18.

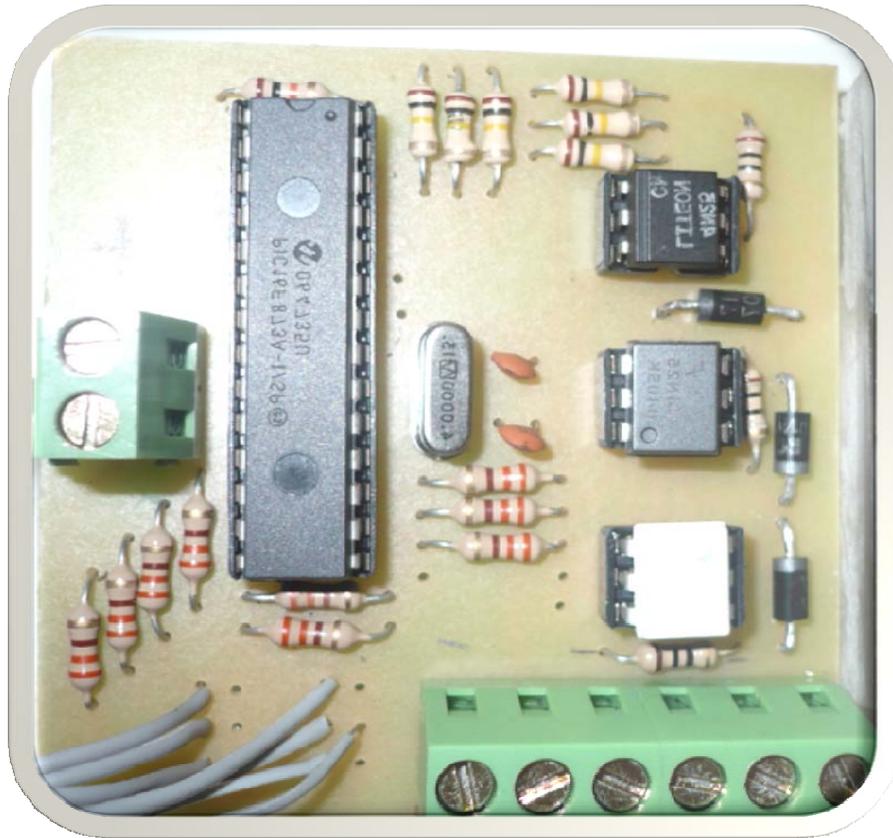
Figura 18. Circuito impreso final.



Fuente: Software Circuit Maker.

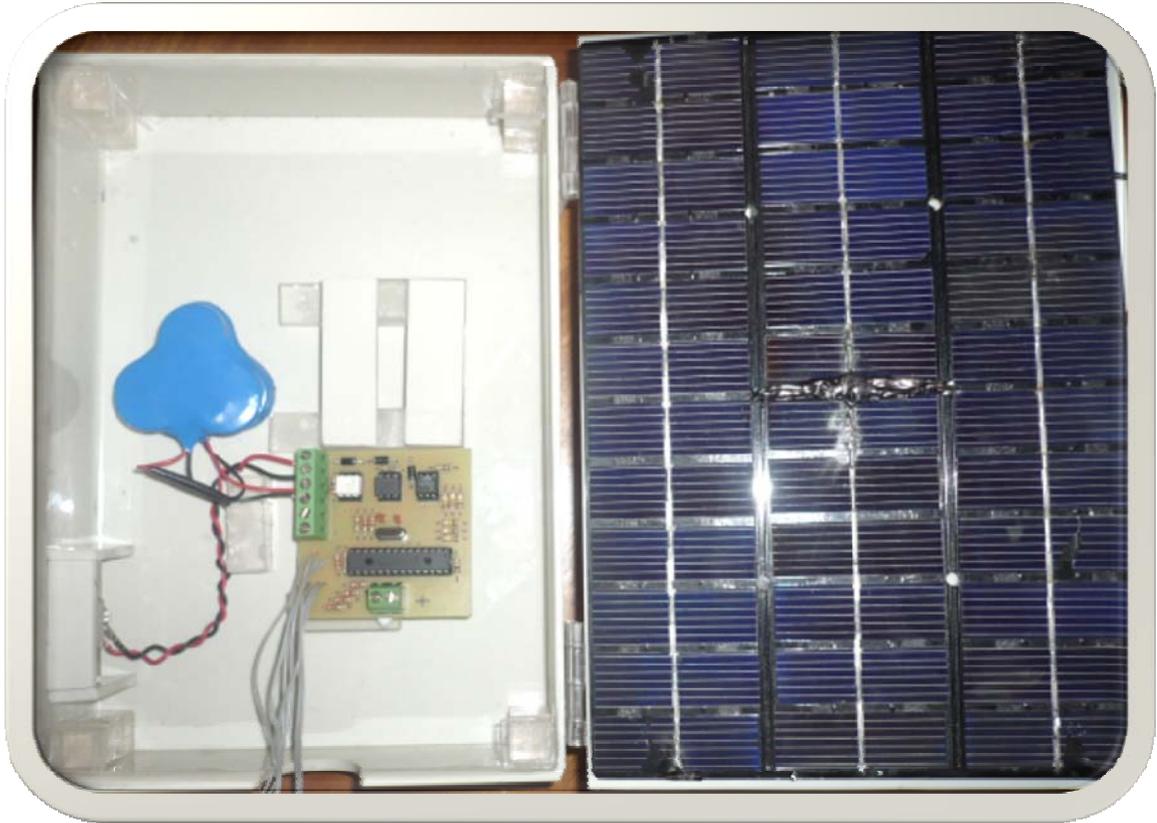
5.4 Diseño final del autor. Ver figuras 19 y 20.

Figura 19. Tarjeta de control final.



Fuente: Diseño del autor

Figura 20. Foto del proyecto.



Fuente: *Diseño del autor*

6. CONCLUSIONES

El panel fotovoltaico utilizado a temperaturas de 20 a 25 grados entrega 8.6 V pero a medida que esta temperatura aumenta, el voltaje disminuye a 7,5V esto se debe a los material semiconductores de su construcción.

Con la realización de este proyecto se determino que la radiación solar en Bogotá entre los meses de abril y junio no es la ideal para desarrollar este tipo de proyectos, adicional a esto la inestabilidad del clima debido al calentamiento global hizo más difícil la comprobación del funcionamiento del sistema.

La celda que se trabajo en el circuito final, entrega una corriente de $\pm 150\text{mA}$ con carga, lo cual implica un mayor tiempo de carga en los dispositivos móviles. En este caso las baterías que se utilizan como respaldo de NiCd, tiene la durabilidad de un tiempo de vida más largo. Ya que a mayor tiempo de carga, será más grande su utilidad.

Con el análisis de corriente en el panel se resolvió utilizar las baterías de respaldo para que la carga en los dispositivos se realizara más rápida y confiablemente.

Se decidió utilizar un microcontrolador debido a la medición y comparación de voltajes necesarios para realizar la carga optima en el celular.

Se diseñó un circuito preliminar para la carga de celulares, pero no se obtuvo la aplicación específica, ya que este circuito necesita de una carga primaria en la batería de respaldo entregada por el panel solar, para así poder iniciar la carga hacia el celular.

Este proyecto se culminó transcurrido un año debido a la poca comercialización de las celdas solares en el país, este es un campo que poco se ha explorado por los altos costos y la poca financiación del gobierno para la búsqueda de fuentes inagotables como son el aire y la energía solar.

Debido al largo tiempo de carga en un día nublado se decidió utilizar 2 baterías de NiCd como respaldo al panel en días no muy soleados y que la carga no sea tan larga.

El conocimiento y el manejo adecuado del software para el microcontrolador son de gran importancia, puesto que esto conlleva al buen funcionamiento del sistema. La conversión analógica digital fue de gran utilidad en este proyecto, ya que analizó las señales analógicas de las baterías y el panel, para poder realizar el control de carga.

Con la culminación de este proyecto de grado, se cumplió con el diseño e implementación de un cargador solar para dispositivos portátiles, utilizando los propuestos teóricos de la ingeniería electrónica vigentes.

En la realización del diseño se aprovecho al máximo la energía suministrada por la fuente más importante e inagotable como es la solar, para apoyar la conservación de los combustibles fósiles.

Finalmente este trabajo hizo posible la aprobación de nuevos propuestos teóricos y tecnológicos, que en enriquecen la visión ingenieril frente a nuevas alternativas de desarrollo y avances tecnológicos.

7. RECOMENDACIONES

- Orientar el cargador directamente hacia el sol.
- No poner obstáculos frente al cargador.
- No realizar más de una carga a la vez.
- Generalmente, los fabricantes garantizan un mínimo de 500 ciclos de carga/descarga para las baterías de níquel-cadmio.

BIBLIOGRAFÍA

BOYLESTAD, Robert L. Electrónica: Teoría de circuitos. Diodos zener y multiplicadores de voltaje 85-98 pág. Acoplador de voltaje 676-681pág. Operación astable 555 752-754 pág. Celdas solares 855-859 pág. Editorial Prentice Hall. 6^a edición. 1995.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Papel: formatos. Bogotá: ICONTEC 1458, 5^a edición actualizada, Enero 2006.

JERRY D., Wilson. Física con aplicaciones. Tecnología de la energía solar. 705-717 pág. Editorial McGraw-Hill. 2^a edición. Abril de 1995.

MALVINO, Albert Paul. Principios de Electrónica. Fundamentos de los transistores. 193-219 pág. Editorial McGRAW-HILL. 5^a edición. 1994.

NED MOHAD. Power Electronics. Converters, Applications and Design. Buck-Boost converter. 178 pág. Editorial JOHN WILWY & SONS, INC. 2^a edición. 1995.

PORTILLA, Luis Afránio, Energías alternativas. Capítulo III, Energía solar. 45-60 pág. Editorial Universitaria – UNED. San Juan de Pasto, Julio 12-17 de 1995.

QUADRI, Pedro Néstor. Energía Solar. 253 pág. Editorial Alsina. Febrero 2 de 1996.

RAMÓN PALLÁS ARENY. Instrumentación electrónica Básica. Medidores de impedancia. 97-109 pág. Editorial MARCOMBO. *11ª edición*. 1987.

RASHID MUHAMMAD H. Circuitos microelectrónicos. Análisis y diseño. Comparadores 817-881 pág. Inversores 578-644 pág. Editorial International Thomson. Agosto de 2000.

RASHID MUHAMMAD H. Electrónica de potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones. Inversores 356-414 pág. Editorial Prentice Hall. *2ª edición*. 1995.

Revista. Investigación y Ciencia. Edición 362. Editorial española SCIENTIFIC AMERICAN. Noviembre de 2006.

SÁNCHEZ G.; LUENGAS L. y CAMARGO E. "Diseño de circuitos impresos con OrCAD 9.2". *Ingenium*, Revista de la facultad de ingeniería. No.15.2007 p.5-14.

WEBLIOGRAFÍA

http://www.ul-mexico.com/worldwide/es_ulla_worldwide_Europe.aspx#CEMark
Unión Europea. [Consulta: 20 de Abril de 2007].

<http://www.ul.com/info/standard.htm.United States>. [Consulta: 18 de Abril de 2007].

<http://www.iso.org>. Switzerland. [Consulta: 09 de Abril de 2007].

<http://www.secretariassenado.gov.co/leyes/L0697001.HTM> Bogotá. [Consulta: 09 de Abril de 2007].

<http://www.textoscientificos.com/energia/celulasilicio>. México. [Consulta: 02 de Abril de 2007].

<http://www.textoscientificos.com/energia/celulas>. México. [Consulta: 02 de Abril de 2007].

<http://www.textoscientificos.com/energia/solar>. México. [Consulta: 02 de Abril de 2007].

<http://www.rcnoticias.com/Tecnicas/BateriasNi-Mh.htm>. México. [Consulta: 11 de Febrero de 2008].

<http://automodelismo.com/nicd.htm>. México. [Consulta: 11 de Febrero de 2008].

<http://www.ideam.gov.co/radiacion>. (IDEAM). [Consulta: 11 de Febrero de 2008].

<http://www.rs.ejercito.mil.ar/contenido/Nro645/Td/baterias.htm>.Argentina.[Consulta:
22 de Marzo de 2008].

GLOSARIO

AFELIO el afelio es el punto más alejado de la órbita de un planeta alrededor del Sol.

CARGA elemento o elementos que se alimentan de una fuente de energía.

CENIT se denomina cenit (o zenit) a la intersección entre la vertical del observador y la esfera celeste. Es el punto más alto del cielo.

CONVERSOR ANÁLOGO DIGITAL dispositivo electrónico que convierte una señal eléctrica continua, generalmente voltaje en un código digital equivalente.

CONVERSOR DIGITAL ANÁLOGO dispositivo que convierte un código digital en una señal eléctrica correspondiente a un voltaje o corriente. Su función dentro de un SAD o de control es proporcionar un nivel de voltaje o corriente deseada a un elemento que permitirá controlar la variable hasta llevarla al valor deseado.

DIODO ZENER es un diodo de silicio que se ha construido para que funcione en las zonas de rupturas. Llamados a veces diodos de avalancha o de ruptura, el diodo zener es la parte esencial de los reguladores de tensión casi constantes con independencia de que se presenten grandes variaciones de la tensión de red, de la resistencia de carga y temperatura.

ESPECTRO es el gráfico que muestra como es la descomposición de una señal ondulatoria (sonora, luminosa, electromagnética,...) en el dominio frecuencial.

FOTÓMETRO un fotómetro es cualquier instrumento usado para medir la intensidad de la Luz.

MICROCONTROLADOR un microcontrolador es un circuito integrado o chip que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: CPU, Memoria y Unidades de E/S, es decir, se trata de un computador completo en un solo circuito integrado.

OPTOACOPLADOR el optoacoplador es un dispositivo que se compone de un diodo LED y un fototransistor, de manera de que cuando el diodo LED emite luz, ilumine el fototransistor y conduzca. Estos dos elementos están acoplados de la forma más eficiente posible.

PERIHELIO el perihelio es el punto de la órbita de un planeta alrededor del Sol donde el planeta tiene la mínima distancia con el Sol.

RADIACIÓN la radiación es un modo de propagación de la energía a través del vacío, de forma análoga a la luz.

RATAS intervalo de tiempo.

SIMBOLOS:

- V voltios unidad de medida de Voltaje.
- A amperios unidad de medida de la Corriente.
- mAh miliamperios Hora Unidad de medida de capacidad de carga.

ANEXOS

ANEXO A. Ley 697 2001(Octubre 03).

El Congreso de Colombia,

DECRETA:

ARTÍCULO 1o. Declárese el Uso Racional y Eficiente de la Energía (URE) como un asunto de interés social, público y de conveniencia nacional, fundamental para asegurar el abastecimiento energético pleno y oportuno, la competitividad de la economía colombiana, la protección al consumidor y la promoción del uso de energías no convencionales de manera sostenible con el medio ambiente y los recursos naturales.

ARTÍCULO 2o. El Estado debe establecer las normas e infraestructura necesarias para el cabal cumplimiento de la presente ley, creando la estructura legal, técnica, económica y financiera necesaria para lograr el desarrollo de proyectos concretos, URE, a corto, mediano y largo plazo, económica y ambientalmente viables asegurando el desarrollo sostenible, al tiempo que generen la conciencia URE y el conocimiento y utilización de formas alternativas de energía.

ARTÍCULO 3o. DEFINICIONES. Para efectos de interpretar y aplicar la presente ley se entiende por

1. URE: es el aprovechamiento óptimo de la energía en todas y cada una de las cadenas energéticas, desde la selección de la fuente energética, su producción, transformación, transporte, distribución, y consumo incluyendo su reutilización cuando sea posible, buscando en todas y cada una de las actividades, de la cadena el desarrollo sostenible.

2. Uso eficiente de la energía: es la utilización de la energía, de tal manera que se obtenga la mayor eficiencia energética, bien sea de una forma original de energía y/o durante cualquier actividad de producción, transformación, transporte, distribución y consumo de las diferentes formas de energía, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad, vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

3. Desarrollo sostenible: se entiende por desarrollo sostenible el que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades.

4. Aprovechamiento óptimo: consiste en buscar la mayor relación beneficio-costos en todas las actividades que involucren el uso eficiente de la energía,

dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

5. Fuente energética: todo elemento físico del cual podemos obtener energía, con el objeto de aprovecharla. Se dividen en fuentes energéticas convencionales y no convencionales.

6. Cadena Energética: es el conjunto de todos los procesos y actividades tendientes al aprovechamiento de la energía que comienza con la fuente energética misma y se extiende hasta su uso final.

7. Eficiencia Energética: es la relación entre la energía aprovechada y la total utilizada en cualquier proceso de la cadena energética, dentro del marco del desarrollo sostenible y respetando la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

8. Fuentes convencionales de energía: para efectos de la presente ley son fuentes convencionales de energía aquellas utilizadas de forma intensiva y ampliamente comercializadas en el país.

9. Fuentes no convencionales de energía: para efectos de la presente ley son fuentes no convencionales de energía, aquellas fuentes de energía disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en

el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente.

10. Energía Solar: llámese energía solar, a la energía transportada por las ondas electromagnéticas provenientes del sol.

11. Energía Eólica: llámese energía eólica, a la energía que puede obtenerse de las corrientes de viento.

12. Geotérmica: es la energía que puede obtenerse del calor del subsuelo terrestre.

13. Biomasa: es cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico y toda materia vegetal originada por el proceso de fotosíntesis, así como de los procesos metabólicos de los organismos heterótrofos.

14. Pequeños aprovechamientos hidroenergéticos: es la energía potencial de un caudal hidráulico en un salto determinado que no supere el equivalente a los 10 MW.

ARTÍCULO 4o. ENTIDAD RESPONSABLE. El Ministerio de Minas y Energía, será la entidad responsable de promover, organizar, asegurar el desarrollo y el seguimiento de los programas de uso racional y eficiente de la energía de acuerdo a lo dispuesto en la presente ley, y cuyo objetivo es:

1. Promover y asesorar los proyectos URE, presentados por personas naturales o jurídicas de derecho público o privado, de acuerdo con los lineamientos del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de energía no convencionales (PROURE), estudiando la viabilidad económica, financiera, tecnológica y ambiental.

2. Promover el uso de energías no convencionales dentro del programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía y demás formas de Energía no Convencionales (PROURE), estudiando la viabilidad tecnológica, ambiental y económica.

ARTÍCULO 5o. CREACIÓN DE PROURE. Créase el Programa de Uso Racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales "PROURE", que diseñará el Ministerio de Minas y Energía, cuyo objeto es aplicar gradualmente programas para que toda la cadena energética, esté cumpliendo permanentemente con los niveles mínimos de eficiencia energética y sin perjuicio de lo dispuesto en la normatividad vigente sobre medio ambiente y los recursos naturales renovables.

ARTÍCULO 6o. OBLIGACIONES ESPECIALES DE LAS EMPRESAS DE SERVICIOS PÚBLICOS. Además de las obligaciones que se desprendan de programas particulares que se diseñen, las Empresas de Servicios Públicos que generen, suministren y comercialicen energía eléctrica y gas y realicen

programas URE, tendrán la obligación especial dentro del contexto de esta ley, de realizar programas URE para los usuarios considerando el aspecto técnico y financiero del mismo y asesorar a sus usuarios para la implementación de los programas URE que deban realizar en cumplimiento de la presente ley.

ARTÍCULO 7o. ESTÍMULOS Y SANCIONES.

1. Para la investigación: el Gobierno Nacional propenderá por la creación de programas de investigación en el Uso Racional y Eficiente de la Energía a través de Colciencias, según lo establecido en la Ley 29 de 1990 y el Decreto 393 de 1991.

2. Para la educación: el Icetex beneficiará con el otorgamiento de préstamos a los estudiantes que quieran estudiar carreras o especializaciones orientadas en forma específica a aplicación en el campo URE.

3. Reconocimiento Público: el Gobierno Nacional creará distinciones para personas naturales o jurídicas, que se destaquen en el ámbito nacional en aplicación del URE; las cuales se otorgarán anualmente. El Ministerio de Minas y Energía dará amplio despliegue a los galardonados en los medios de comunicación más importantes del país.

4. Generales: el Gobierno Nacional establecerá los incentivos e impondrá las sanciones, de acuerdo con el programa de uso racional y eficiente de la energía y demás formas de energía no convencionales, de acuerdo a las normas legales vigentes.

ARTÍCULO 8o. DIVULGACIÓN. El Ministerio de Minas y Energía en coordinación con las entidades públicas y privadas pertinentes diseñará estrategias para la educación y fomento del Uso Racional y Eficiente de la Energía dentro de la ciudadanía, con base en campañas de información utilizando medios masivos de comunicación y otros canales idóneos. Las empresas de servicios públicos que presten servicios de Energía eléctrica y gas deberán imprimir en la carátula de recibo de factura o cobro, mensajes motivando, el Uso racional y Eficiente de la Energía y sus beneficios con la preservación del medio ambiente.

ARTÍCULO 9o. PROMOCIÓN DEL USO DE FUENTES NO CONVENCIONALES DE ENERGÍA. El Ministerio de Minas y Energía formulará los lineamientos de las políticas, estrategias e instrumentos para el fomento y la promoción de las fuentes no convencionales de energía, con prelación en las zonas no interconectadas.

ARTÍCULO 10. El Gobierno Nacional a través de los programas que se diseñen, incentivará y promoverá a las empresas que importen o produzcan

piezas, calentadores, paneles solares, generadores de biogás, motores eólicos, y/o cualquier otra tecnología o producto que use como fuente total o parcial las energías no convencionales, ya sea con destino a la venta directa al público o a la producción de otros implementos, orientados en forma específica a proyectos en el campo URE, de acuerdo a las normas legales vigentes.

ARTÍCULO 11. VIGENCIA. La presente ley rige a partir de la fecha de su promulgación y deroga las disposiciones que le sean contrarias.

ANEXO B. Control de carga solar para celular.

```
.*****
;
; CONTROL DE CARGA SOLAR PARA CELULAR
.*****
;

LIST P=16F873A

#include "P16F873A.INC"

ERRORLEVEL -302

__CONFIG 3F39H

CBLOCK 20H ; inicio de memoria de programa

    VBAT ; voltaje digital batería

    VPAN ; voltaje digital panel

    VCEL ; voltaje digital celular

    VAR1 ; rutina de segundo

    VAR2

    VAR3

    VAR4

    ESTADO ; estado de conexión

    CARGA ; estado de carga

ENDC

.*****
;
; CONFIGURACION DE PUERTOS
```

.*****
,

BSF STATUS,RP0 ;BANCO 1

CLRF TRISB ; 0 salida - 1 entrada

CLRF TRISC ; como salida para los LED's y los controles

MOVLW B'00000000' ; se justifica donde se quieren los datos y se escoge el canal

MOVWF ADCON1

BCF STATUS, RP0 ; banco 0

MOVLW B'00000001' ; se selecciona el canal y la frecuencia de oscilación, se activa el modulo a/d

MOVWF ADCON0

CLRF ESTADO ; se borra la variable del estado de conexión

CLRF CARGA

CLRF PORTC

CLRF PORTB

.*****
,

; DECLARACION DE VARIABLES E INICIO DEL PROGRAMA

.*****
,

INICIO CALL TEST ; busca si hay dispositivos conectados

MOVLW 00H ; compara con el estado, aquí no hay nada conectado

XORWF ESTADO,0

BTFSC STATUS,2

```

GOTOINI
MOVLW    03H        ; si está conectado batería y panel
XORWF    ESTADO,0
BTFSC    STATUS,2
GOTOCARGBAT        ; se va a cargar la batería
MOVLW    05H        ; si está conectado celular y panel
XORWF    ESTADO,0
BTFSC    STATUS,2
GOTOCARGCEL        ; se va a cargar el celular
MOVLW    06H        ; si está conectado celular y batería
XORWF    ESTADO,0
BTFSC    STATUS,2
GOTOCARGBC        ; carga el celular con la batería
MOVLW    07H        ; si está conectado el celular, la batería y
el panel
XORWF    ESTADO,0
BTFSC    STATUS,2
GOTOCARGBPC        ; carga el celular con el panel y la batería
INI
BCF      PORTC,0    ; clarea todos los habilitadores
BCF      PORTC,1    ; y los puertos
BCF      PORTC,2
CLRF CARGA

```

```

CLRF ESTADO
CLRF PORTB
GOTOINICIO
CARGBAT BSF      PORTB,0 ; habilita el LED de indicación
batería BSF      PORTC,0 ; habilita el paso de corriente del panel a
BCF      PORTC,1 ; deshabilita el resto de pasos de corriente
BCF      PORTC,2
BSF      CARGA,0 ; activa la bandera de carga
BSF      PORTC,2 ; habilita carga batería celular
CALL SEG
CALL SEG
CALL SEG
CALL SOLCEL ; revisa si esta el celular conectado
MOVLW    6EH
SUBWF    VCEL,0
BTFSC    STATUS,0 ; en uno es mayor
GOTOCARGBAT ; es mayor no está conectado el celular y
sigue cargando la batería
BCF      PORTC,2 ; es menor
BCF      PORTB,0 ;esta conectado el celular y se va a revisar
de nuevo que está conectado

```

```

BCF      PORTC,0
BCF      CARGA,0
BCF      PORTC,1
BCF      PORTC,2      ;
GOTOINICIO
CARGCEL BSF      PORTC,7      ; carga el celular, habilita el LED
BSF      PORTC,1      ; habilita el paso de corriente
BCF      PORTC,0
BCF      PORTC,2
BSF      CARGA,0
CALL SOLCEL      ; revisa si todavía está el celular
MOVLW   6EH      ; y si sobrepaso el valor
SUBWF   VCEL,0
BTFS   STATUS,0      ; en uno es mayor
GOTOCARGBC      ; es menor está conectado y sigue
cargando
BCF      PORTC,2      ; es mayor
BCF      PORTB,1      ; se desconectó el celular o sobrepaso el
voltaje
BCF      PORTC,1
BCF      PORTC,0
BCF      PORTB,0

```

```

BCF      CARGA,0
BCF      PORTC,7
GOTOINICIO
CARGBPC BSF      PORTC,2 ; carga con la batería y el panel
BSF      PORTB,1
BSF      PORTC,1
BSF      PORTC,7
BCF      PORTC,0
BCF      PORTB,0
BSF      CARGA,0
CALL SOLCEL
MOVLW    6EH
SUBWF    VCEL,0
BTFSS    STATUS,0 ; en uno es mayor
GOTOCARGBC ; es menor
BCF      PORTC,2 ; es mayor
BCF      PORTB,1
BCF      PORTC,1
BCF      PORTC,0
BCF      PORTB,0
BCF      CARGA,0

```

```

        BCF      PORTC,7
GOTOINICIO
CARGBC  BSF      PORTC,2    ; carga el celular con la batería
        BSF      PORTB,1
        BCF      PORTC,1
        BCF      PORTC,0
        BCF      PORTB,0
        BSF      CARGA,0
CALL SOLCEL
        MOVLW    6EH
        SUBWF    VCEL,0
        BTFSS    STATUS,0  ; en uno es mayor
        GOTOCARGBC        ; es menor
        BCF      PORTC,2    ; es mayor
        BCF      PORTB,1
        BCF      PORTC,1
        BCF      PORTC,0
        BCF      PORTB,0
        BCF      CARGA,0
        BCF      PORTC,7
GOTOINICIO

```

```

CONVER  BSF      ADCON0,2 ; inicia conversión
LOO     BTFSC   ADCON0,2 ; pregunta si termino conversión
      GOTOLOO
      MOVFADRESH,0 ; mueve el resultado al acumulador
      RETURN ; retorna
TEST MOVLW B'00000001' ; selecciona el canal 0
      MOVWF   ADCON0
      CALL SEG ; un segundo de estabilización
      CALL CONVER
      MOVWF   VPAN ; se mueve el valor
      MOVLW  B'00000000' ; se desactiva el modulo
      MOVWF   ADCON0
      MOVLW  0A1H ; comparación con 6V
      SUBWF   VPAN,0
      BTFSC   STATUS,0 ; en uno es mayor
      GOTOSPAN ; es mayor si esta conectado el panel
      BCF     ESTADO,0 ; es menor no esta conectado el panel
      BCF     PORTC,4
SIG     MOVLW  B'00001001' ; selecciona el canal 1
      MOVWF   ADCON0
      CALL SEG

```

```

CALL CONVER
MOVWF    VBAT
MOVLW    B'00001000' ; desactiva el modulo
MOVWF    ADCON0
MOVLW    0CH
SUBWF    VBAT,0
BTFSC    STATUS,0 ; en uno es mayor
GOTOSBAT ; es mayor
BCF      ESTADO,1 ; es menor
BCF      PORTC,5
SIG1 BTFSC    ESTADO,0
      GOTOHAY ; está conectado el panel
NPAN BTFSC    ESTADO,1
      GOTOHAY1 ; está conectada la batería
      BCF      ESTADO,2
      BCF      PORTC,6
      RETURN
HAY   BSF      PORTC,1 ; habilita carga panel celular
      GOTORCEL
HAY1 BSF      PORTC,2 ; habilita carga batería celular
RCEL CALL SEG

```

```

CALL SEG

CALL SEG

MOVLW    B'00010001' ; selecciona el canal 0

MOVWF    ADCON0

CALL SEG

CALL CONVER

MOVWF    VCEL

MOVLW    6EH

SUBWF    VCEL,0

BTFSS    STATUS,0 ; en uno es mayor

GOTOSCEL ; es menor

BCF      ESTADO,2 ;es mayor

BCF      PORTC,6

SIG2 BCF      PORTC,1

      BCF      PORTC,2

      RETURN

SPAN BSF      ESTADO,0

      BSF      PORTC,4

      GOTOSIG

SBAT BSF      ESTADO,1

      BSF      PORTC,5

```

```

                GOTOSIG1
SCEL BSF      ESTADO,2
                BSF      PORTC,6
                GOTOSIG2
SEG           MOVLW    .1
                MOVWF   VAR4
X4           MOVLW    .150      ; rutina de 1 seg.
                MOVWF   VAR1
X1           MOVLW    .100
                MOVWF   VAR2
X3           MOVLW    .9
                MOVWF   VAR3
X2           NOP
                NOP
                DECFSZ  VAR3,1
                GOTOX2
                DECFSZ  VAR2,1
                GOTOX3
                DECFSZ  VAR1,1
                GOTOX1
                DECFSZ  VAR4,1

```

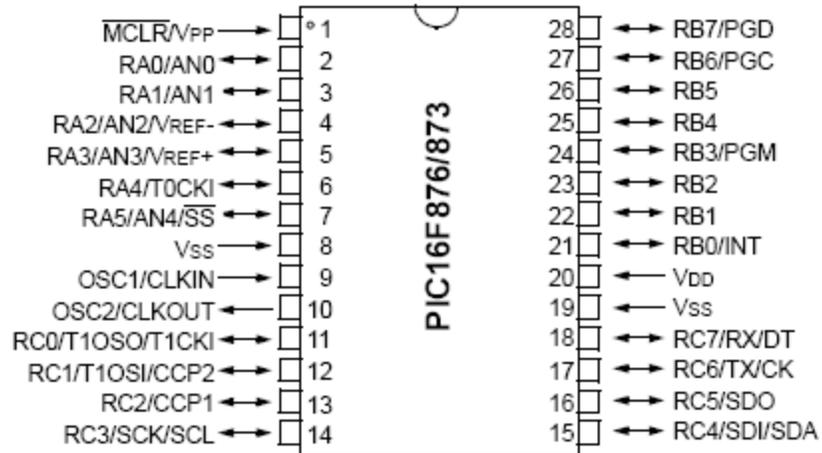
```

        GOTOX4
        RETURN
SOLCEL  MOVLW    B'00010001' ; selecciona el canal 0
        MOVWF    ADCON0
        CALL SEG
        CALL CONVER
        MOVWF    VCEL
        RETURN
SOLBAT  MOVLW    B'00001001' ; selecciona el canal 0
        MOVWF    ADCON0
        CALL SEG
        CALL CONVER
        MOVWF    VBAT
        MOVLW    B'00001000' ; selecciona el canal 0
        MOVWF    ADCON0
        RETURN
END

```

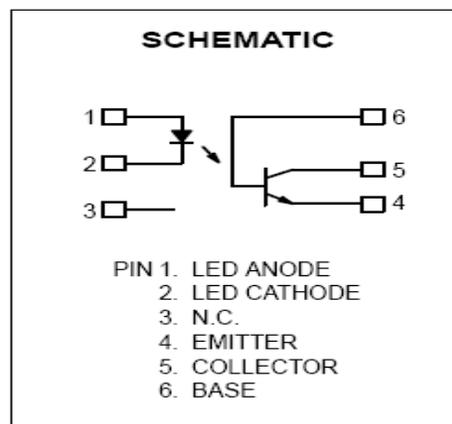
ANEXO C. Diagrama de pines.

Figura 21. Diagrama de pines (Microcontrolador 16F873A).



Fuente: DataSheet.

Figura 22. Diagrama de pines (Optoacoplador 4N25).



Fuente: DataSheet.

ANEXO D. DataSheet optoacoplador 4N25.

MOTOROLA SEMICONDUCTOR TECHNICAL DATA

Order this document
by 4N25/D



6-Pin DIP Optoisolators Transistor Output

The 4N25/A, 4N26, 4N27 and 4N28 devices consist of a gallium arsenide infrared emitting diode optically coupled to a monolithic silicon phototransistor detector.

- Most Economical Optoisolator Choice for Medium Speed, Switching Applications
- Meets or Exceeds All JEDEC Registered Specifications
- *To order devices that are tested and marked per VDE 0884 requirements, the suffix "V" must be included at end of part number. VDE 0884 is a test option.*

Applications

- General Purpose Switching Circuits
- Interfacing and coupling systems of different potentials and impedances
- I/O Interfacing
- Solid State Relays

MAXIMUM RATINGS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
INPUT LED			
Reverse Voltage	V_R	3	Volts
Forward Current — Continuous	I_F	60	mA
LED Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Output Detector Derate above 25°C	P_D	120	mW
		1.41	mW/°C
OUTPUT TRANSISTOR			
Collector–Emitter Voltage	V_{CE0}	30	Volts
Emitter–Collector Voltage	V_{ECO}	7	Volts
Collector–Base Voltage	V_{CBO}	70	Volts
Collector Current — Continuous	I_C	150	mA
Detector Power Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ with Negligible Power in Input LED Derate above 25°C	P_D	150	mW
		1.76	mW/°C

4N25 *
4N25A *
4N26 *
[CTR = 20% Min]
4N27
4N28
[CTR = 10% Min]

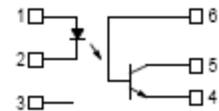
*Motorola Preferred Devices

STYLE 1 PLASTIC



STANDARD THRU HOLE
CASE 730A-04

SCHEMATIC



PIN 1. LED ANODE
2. LED CATHODE
3. N.C.
4. EMITTER
5. COLLECTOR
6. BASE

TOTAL DEVICE

Isolation Surge Voltage ⁽¹⁾ (Peak ac Voltage, 60 Hz, 1 sec Duration)	V _{ISO}	7500	Vac(pk)
Total Device Power Dissipation @ T _A = 25°C Derate above 25°C	P _D	250 2.94	mW mW/°C
Ambient Operating Temperature Range ⁽²⁾	T _A	-55 to +100	°C
Storage Temperature Range ⁽²⁾	T _{stg}	-55 to +150	°C
Soldering Temperature (10 sec, 1/16" from case)	T _L	260	°C

4N25 4N25A 4N26 4N27 4N28
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_A = 25°C unless otherwise noted)⁽¹⁾

Characteristic	Symbol	Min	Typ ⁽¹⁾	Max	Unit	
INPUT LED						
Forward Voltage (I _F = 10 mA)	T _A = 25°C T _A = -55°C T _A = 100°C	V _F	— — —	1.15 1.3 1.05	1.5 — —	Volts
Reverse Leakage Current (V _R = 3 V)		I _R	—	—	100	μA
Capacitance (V = 0 V, f = 1 MHz)		C _J	—	18	—	pF
OUTPUT TRANSISTOR						
Collector–Emitter Dark Current (V _{CE} = 10 V, T _A = 25°C)	4N25,25A,26,27 4N28	I _{CEO}	— —	1 1	50 100	nA
(V _{CE} = 10 V, T _A = 100°C)	All Devices	I _{CEO}	—	1	—	μA
Collector–Base Dark Current (V _{CB} = 10 V)		I _{CBO}	—	0.2	—	nA
Collector–Emitter Breakdown Voltage (I _C = 1 mA)		V _{(BR)CEO}	30	45	—	Volts
Collector–Base Breakdown Voltage (I _C = 100 μA)		V _{(BR)CBO}	70	100	—	Volts
Emitter–Collector Breakdown Voltage (I _E = 100 μA)		V _{(BR)ECO}	7	7.8	—	Volts
DC Current Gain (I _C = 2 mA, V _{CE} = 5 V)		h _{FE}	—	500	—	—
Collector–Emitter Capacitance (f = 1 MHz, V _{CE} = 0)		C _{CE}	—	7	—	pF
Collector–Base Capacitance (f = 1 MHz, V _{CB} = 0)		C _{CB}	—	19	—	pF
Emitter–Base Capacitance (f = 1 MHz, V _{EB} = 0)		C _{EB}	—	9	—	pF
COUPLED						
Output Collector Current (I _F = 10 mA, V _{CE} = 10 V)	4N25,25A,26 4N27,28	I _C (CTR) ⁽²⁾	2 (20) 1 (10)	7 (70) 5 (50)	— —	mA (%)
Collector–Emitter Saturation Voltage (I _C = 2 mA, I _F = 50 mA)		V _{CE(sat)}	—	0.15	0.5	Volts
Turn–On Time (I _F = 10 mA, V _{CC} = 10 V, R _L = 100 Ω) ⁽³⁾		t _{on}	—	2.8	—	μs
Turn–Off Time (I _F = 10 mA, V _{CC} = 10 V, R _L = 100 Ω) ⁽³⁾		t _{off}	—	4.5	—	μs
Rise Time (I _F = 10 mA, V _{CC} = 10 V, R _L = 100 Ω) ⁽³⁾		t _r	—	1.2	—	μs
Fall Time (I _F = 10 mA, V _{CC} = 10 V, R _L = 100 Ω) ⁽³⁾		t _f	—	1.3	—	μs
Isolation Voltage (f = 60 Hz, t = 1 sec) ⁽⁴⁾		V _{ISO}	7500	—	—	Vac(pk)
Isolation Resistance (V = 500 V) ⁽⁴⁾		R _{ISO}	10 ¹¹	—	—	Ω
Isolation Capacitance (V = 0 V, f = 1 MHz) ⁽⁴⁾		C _{ISO}	—	0.2	—	pF

1. Always design to the specified minimum/maximum electrical limits (where applicable).

2. Current Transfer Ratio (CTR) = I_C/I_F × 100%.

3. For test circuit setup and waveforms, refer to Figure 11.

4. For this test, Pins 1 and 2 are common, and Pins 4, 5 and 6 are common.