

Presentación de un caso práctico

**Universidad Nacional Autónoma de México
Facultad de Estudios Superiores
Campus Aragón**

**Implementación de control de orientación a
celdas fotovoltaicas para diversas
aplicaciones**

**Que para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista**

**Presenta
Javier Ruiz Muñoz**

Asesor: M. en I. Fernando Macedo Chagolla

México, 2006.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**Implementación de control de
orientación de celdas fotovoltaicas
para diversas aplicaciones**

AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme permitido la oportunidad de existir y dejarme llevar la vida que quiero.

A mis padres a quienes siempre he admirado, cuyos principios y consejos siempre fueron considerados, mismos que he llevado a cabo, aún teniendo formas de pensar diferentes.

A mi esposa por su apoyo incondicional, no solo en la elaboración de este trabajo sino en la vida que he compartido con ella.

A mis hijas, cuya existencia me impulsan a mejorar profesional y emocionalmente, con cada etapa de su vida.

Agradezco a la UNAM y a todo el cuerpo de docentes que me inculcaron no solo el conocimiento, además los valores de libertad de pensamiento, que han sido los generadores en gran medida de este trabajo.

A mi asesor de tesis por creer en proyectos pequeños que el día de mañana puedan ser grandes.

A mis amigos que me han enseñado otros tipos de valores con cada muestra de afecto y apoyo.

ÍNDICE

Índice.

Capítulo 1

Introducción	5
Objetivo	7
Antecedentes	8

Capítulo 2

Planteamiento del problema	18
Utilizando energía solar	18
Alimentación fotoeléctrica	19
Aspectos a evaluar	23
Generador Vs. Celda Fotovoltaicas.	24

Capítulo 3

Solución Propuesta (desarrollo de proyecto)	29
Orientación hacia la fuente de energía	29
Diseño de un prototipo de control de orientación	34
Elementos empleados para el diseño del prototipo	34
Manufactura del prototipo de orientación	63
Integración de elementos	64
Accesibilidad para encontrar los elementos	71
Costo de los elementos	72
Costos finales	73
Problemas y soluciones en la implementación del prototipo	73

Capítulo 4

Resultados	75
Bibliografía	79
Referencias	81

Capítulo 1 Introducción

En este “caso práctico” se describe la implementación de un dispositivo electrónico, el cual realiza de forma automática la orientación de un conjunto de celdas fotovoltaicas hacia una fuente emisora de energía luminosa, obteniendo de esta manera la necesaria para su propio consumo, pretendiendo aprovechar el mayor tiempo posible, la existencia o presencia de dicha fuente de energía; considerando que las condiciones climáticas y ubicación geográfica agraciadas con la que cuenta nuestro país, hacen posible la explotación y el uso de una opción mas viable para el medio ambiente en cuanto a la utilización de energía alternativa.

En el capítulo 1 se lleva a cabo el estudio de algunos tipos de energía alternativos mas comunes que se han implementado para sustituir o alternar con el mas común de estos, que es la utilización de los hidrocarburos tales como el carbón o el petróleo, así mismo se analiza la dependencia de estos, los principales problemas ecológicos y económicos que genera, así como sus costos y el tiempo que resta que se acaben este tipo de recursos no renovables; haciendo hincapié en cada uno de los puntos antes mencionados, para poder realizar así una evaluación o comparación de este con la propuesta que se realizara.

En el capítulo 2 se aborda el planteamiento del problema y se analiza un tipo de energía específico para la solución, que es la energía solar como alternativa principal, resaltando las virtudes y desventajas de utilizar tanto energía eléctrica como energía generada a través de los productos obtenidos del petróleo. Así mismo se comentan las principales áreas de aplicación de este tipo de energía y por ende su control.

Al llegar al capítulo 3 se cuenta con los argumentos necesarios para poder realizar la propuesta para desarrollar un sistema de orientación automática de conjuntos de celdas fotovoltaicas, y así llevar a cabo un aprovechamiento al máximo de la energía en forma de radiación luminosa, abordando los principales inconvenientes que se presentaron al desarrollar el prototipo y las soluciones que se dieron.

Finalmente en el capítulo 4 se comentan los resultados obtenidos con el prototipo y una recapitulación de todos los conceptos antes mencionados para contar con parámetros y así poder proporcionar datos comparativos , evaluar costos finales, y la eficiencia para los objetivos convenientes.



Cabe mencionar que la captación de la energía solar es libre de costo, no genera contaminación, está casi libre de mantenimiento, y ha sido desaprovechada durante un largo tiempo, debido a factores tales como costos de implementación, incompatibilidad por los sistemas eléctricos actuales, y el mas importante que es la oposición de empresas que se verían afectadas económicamente por el ingreso de esta tecnología.

INTRODUCCIÓN

Otra cuestión importante en este trabajo, es resaltar la importancia de las celdas fotovoltaicas como resultado circunstancial del proyecto como tal; sin embargo, el punto principal es la adecuación de un circuito electrónico que funge como orientador hacia la fuente de energía y sus diversos módulos tales como cargador de baterías e inversor para el aprovechamiento de esta.

OBJETIVO

Objetivo

Se considera como objetivo principal proponer un servomecanismo de orientación automático, aplicado a celdas fotovoltaicas, el cual ayude al aprovechamiento de la mayor cantidad de la energía luminosa proveniente de una fuente hacia nuestro dispositivo orientador, apoyando la utilización de estos medios de generación de energía, así como resaltar la importancia de implementar este tipo de elementos para que de esta manera se puedan comercializar y por ende, a llevar a cabo su aplicación de una forma común, permitiendo al lector el conocer su funcionamiento básico y sus posibles aplicaciones en un futuro de forma residencial o industrial

Como segundo objetivo, el hacer énfasis en este tipo de energía ya que por el momento, se le da poca aplicación debido tanto a sus costos, como a la poca difusión sobre su utilización.



Antecedentes

Aprovechamiento de energía libre de contaminación

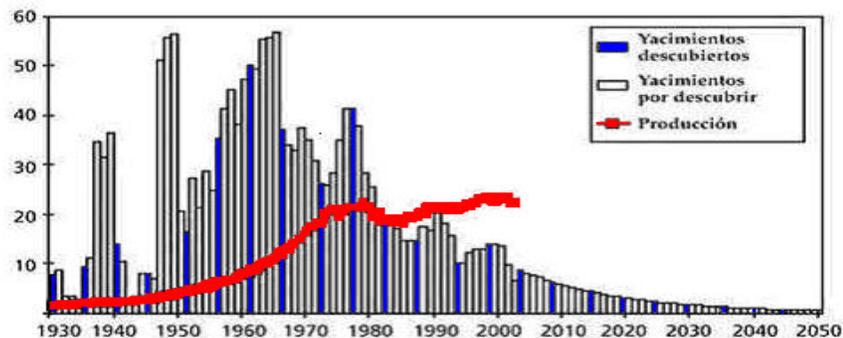
Hoy en día el petróleo representa la fuente de energía por preferencia, a pesar de ser un recurso natural no renovable que se encontrará en un futuro no muy lejano agotado, además de que su utilización trae como consecuencia alta contaminación en sus diferentes formas de uso, así como la generación de desperdicios o merma de poca utilidad, es decir, en pocas situaciones este puede ser reciclado o reutilizado. Alrededor del 0.1 al 0.2% de la producción mundial de este hidrocarburo acaba accidentalmente vertido al mar, esto no parece ser mucho sin embargo, son casi 3 millones de toneladas que contaminan los mares o aguas en un año, causando grandes daños al ecosistema. En el caso de las extracciones sobre tierra, éstas causan contaminación y crean erosión en el medio ambiente, por si fuera poco el petróleo generalmente se utiliza lejos de los puntos de extracción, por lo cual requiere distribuirse, ya sea para ser refinado o para ser entregado como producto final, esto debe de hacerse a lo largo de varios kilómetros a través de oleoductos, gasoductos u otros medios, los cuales también se encuentran propensos a accidentes. Sin embargo, no es el único tipo de contaminación que éstos causan; tenemos que agregar que los derivados del petróleo como los desperdicios, provenientes de los automóviles, gasolineras o industrias e incluso de los hogares o zonas residenciales.⁽¹⁾

Aunado a esto tenemos idea de que aproximadamente dentro de 40 años el petróleo comenzara a agotarse y tendremos que utilizar otro tipo de fuente de energía, pensarlo o hacerlo hasta que este agotado sería un gran error, no existen cifras exactas de cuanto petróleo queda actualmente y si existen mas yacimientos, pero se cuenta con algunas cifras que asesores expertos de varios países han proporcionado y que han coincidido en ellas, y que se reporta que quedan 1 billón 200 mil millones de barriles en el planeta. Actualmente se producen 75 millones de barriles al día, algunos analistas predicen de manera pesimista que alrededor del año 2015 se estarán produciendo unos 90 millones de barriles lo cual significa que hemos llegado al mayor nivel de explotación de los pozos petroleros con los que se cuenta actualmente, y por lo cual la producción deberá ir en declive.⁽²⁾

ANTECEDENTES



Pico de Petroleo



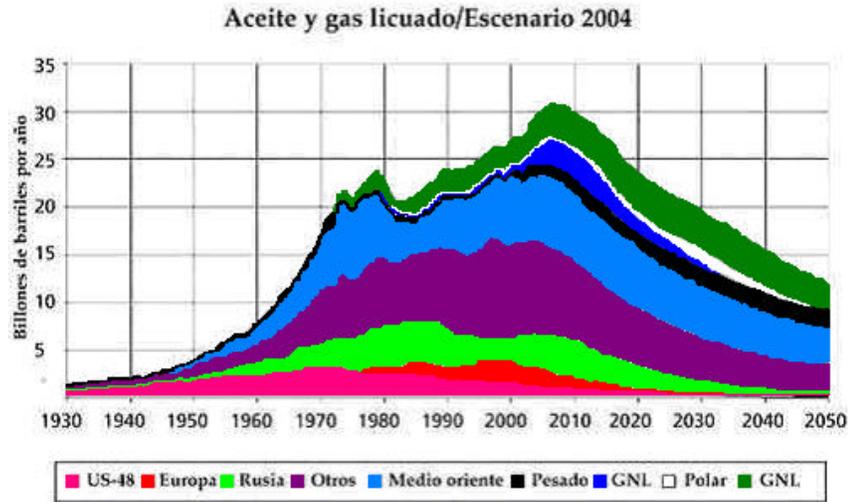
Gráfica 1.1: El creciente déficit entre los descubrimientos y la producción de petróleo a nivel mundial (1 Gb = mil millones de barriles). Fuente: ASPO (Association for the study of peak oli & gas), Boletín N° 57 - Septiembre 2005.

(1) Ciencias de la tierra y del medio ambiente, Luis Echarri.

(2) Cuando se acabe el petróleo, Andrés Buenfil Friedman

En la gráfica anterior se muestra la predicción de cómo el petróleo comenzará a decrementar su producción aun incluso después del descubrimiento de nuevos yacimientos de éste, que incluso cada vez son mas pequeños.

Otra situación preocupante es que en México se ha sobrepasado ya su pico de producción con los yacimientos actualmente explotados y que solo existe una decena de países con capacidad de aumentarlos.



Gráfica 1.2: Producción petrolera a nivel mundial (en miles de millones de barriles), incluyendo petróleo no convencional (petróleos pesados, reservas bajo aguas marinas profundas [AMP], en regiones polares y el gas natural licuado [GNL]). Las áreas debajo de cada curva o "campana" representan las reservas por región o por tipo de combustible. Según este modelo, el pico mundial de producción petrolera ocurriría en el 2007 (cúspide de la "campana" total). Fuente: ASPO, Boletín N° 53 - Mayo, 2005.

Se tiene idea que en México quedan aproximadamente 15 mil millones de barriles y de acuerdo a la producción actual que llega a los mil cuatrocientos barriles al año, solo alcanzará para 11 años considerando que de estos vendemos el 45%.⁽³⁾

El 40% de la energía de algún tipo a nivel mundial es producida a través del petróleo y el 45 % de la energía eléctrica en México se genera a través de algún derivado del petróleo.

La electricidad es el principal tipo de energía que se utiliza en los equipos domésticos e industriales en todo el mundo, debido a que es fácil de transformar en energía mecánica o en cualquiera otra de sus modalidades.

Es irónico que en plantas termoeléctricas se consuma altas cantidades de los derivados del petróleo o carbón, con el objeto de generar calor, que a su vez genera vapor el cual alimenta una turbina para poder tener como producto final energía eléctrica, y por si fuera poco, sabemos simplemente en la generación o transformación de este tipo de energía se desperdicia un gran porcentaje en forma de calor, fricción u otros.

(3) Cuando se acabe el petróleo Andrés Buenfil Friedman

En México hay 30 plantas termoeléctricas, 13 plantas hidroeléctricas y una planta dual -termoeléctrica e hidroeléctrica; Como se ha mencionado anteriormente las centrales termoeléctricas usan calor para producir electricidad. Calientan básicamente agua tratada o gas, los cuales salen a presión y mueven turbinas entonces el movimiento se transforma en energía eléctrica. Para alimentar una central termoeléctrica se pueden utilizar varias fuentes energéticas: carbón, petróleo, gas natural, energía solar geotérmica o nuclear y biomasa entre otras, de los cuales el aprovechamiento o eficiencia de éstas son entre el 30 y 40%.⁽⁴⁾

Como se comentó anteriormente existen varias formas de generar energía eléctrica, sin embargo lo que nunca cambia es que hay que mover una turbina en forma mecánica para llevar a cabo la generación de energía eléctrica.

Otras fuentes alternas para la producción de electricidad son:

Eólica: Energía dependiente de corrientes de viento que mueven rehiletes y éstos a su vez turbinas.

Este tipo de producción de energía es limpia en cuanto a su transformación de energía debido a que utiliza el viento para mover hélices que a su vez conectan a un generador, produciéndose así la energía eléctrica necesaria, este tipo de tecnologías ya es empleada en algunas partes del mundo pero en su mayoría son en las costas, debido a la gran cantidad de corrientes de viento existentes provocadas por el movimiento del mar y que se mantienen generalmente todo el día, sin embargo debido a que las corrientes de viento no se encuentran reguladas por factores de tiempo o clima existe ausencia de éstas en determinados periodos, este tipo de energía eólica es utilizada en los lugares donde se ha implementado pero solo como complemento de las existentes por medios mas comerciales.⁽⁵⁾



Figura1.1: Planta experimental de tarifa en España

Geotérmica: Energía producida por el calor de los yacimientos de agua en contacto con el magma tales como géiseres.

Este tipo de energía es difícil de controlar, a pesar de que existen ya algunas plantas de generación de electricidad a través de este medio en países tales como Italia, nueva Zelanda, Canadá y Japón; esto es debido a que se requiere encontrar yacimientos de magma en contacto con pozos de agua, llamados reserva geotérmica, en los cuales se introducen tuberías para sacar el vapor generado por la reacción del agua en contacto con el magma y que van hacia una turbina generando el movimiento y a su vez electricidad, este vapor ya condensado regresa por otra tubería al pozo o yacimiento para ser recalentada y así seguir el ciclo, también es otra de las alternativas más viables por ser limpia, y no requerir el quemado de combustibles.⁽⁶⁾



Figura 1.2: Actividad volcánica principal elemento de generación de energía en las plantas geotérmicas.

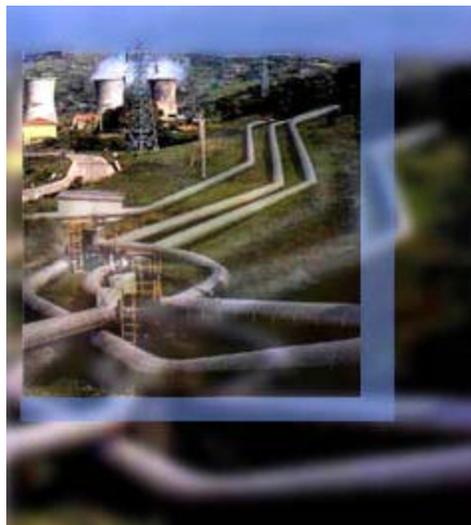


Figura 1.3: Imagen instalación geotérmica en Nueva Zelanda.

(6) Energías alternativas, Jon Legarda, Aitor Salabeirria

Hidráulica: Se obtiene del almacenamiento o caída del agua se aprovecha la energía cinética y la energía potencial.

Este tipo de energía es la más común utilizada en nuestro país, es producida por el aprovechamiento de la energía potencial almacenado en una presa, este tipo de generación de energía tiene solo el inconveniente de depender de la alimentación de ríos, los cuales debido al mal uso de nuestros recursos naturales se encuentran cada vez con menos cantidad de agua que llega a la presa y por lo cual no se tiene una generación constante de electricidad, sin embargo, los factores naturales que provoca la instalación de hidroeléctrica, en cuanto al medio ambiente son mas benéficos que perjudiciales debido a que nutren al medio ambiente que rodea estas instalaciones y en muchas ocasiones se pueden utilizar como criaderos piscícolas e incluso sirven como centros recreativos y para deportes tales como la misma pesca.

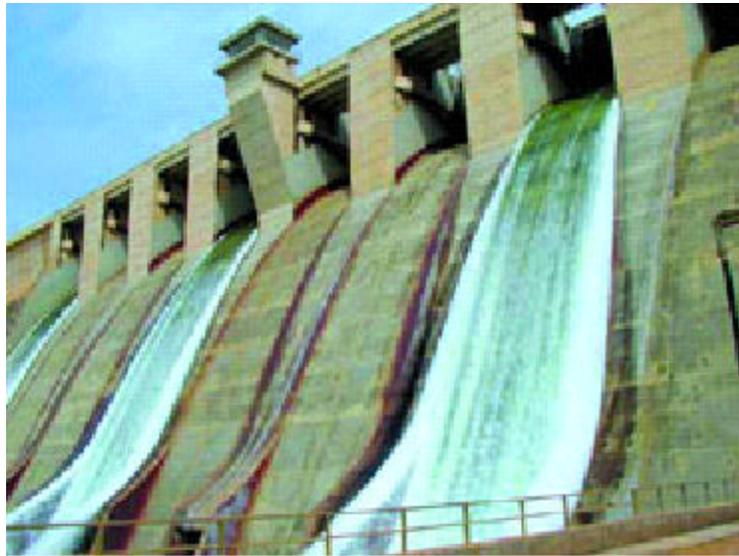


Figura 1.4: Hidroeléctrica en Estados Unidos, uno de los principales métodos de obtención de energía eléctrica en el mundo

Nuclear: Energía liberada durante la fisión o fusión de núcleos atómicos.

Su principio básico de funcionamiento es similar a la termoeléctrica, con la diferencia de que en este caso quien calienta el agua que es convertida en vapor son los materiales radioactivos tales como el uranio enriquecido; es una energía que se considera limpia en el aspecto general, sin embargo existen dos puntos que hacen pensar en su implementación los cuales son , los riesgos que existen en caso de fallas y que pueden llevar hasta una explosión nuclear, y por ende una contaminación radiactiva, la segunda son el manejo de los desechos radioactivos que se producen, ya que no se cuenta con cementerios radioactivos los suficientemente seguros para no producir cambios en la naturaleza o bien contaminación de estos recursos naturales.



Figura 1.5: Instalación termonuclear en Laguna Verde

Renovable o biomasa: También llamada energía alternativa o blanda, este término engloba una serie de fuentes energéticas que en teoría no se agotarían con el paso del tiempo, los materiales utilizados para generar en este caso gases, son materiales biodegradables, tales como plantas, desperdicios o incluso estiércol.

Este tipo de energía aun no se encuentra bien definida en el aspecto de un sistema específico ya que se plantean diferentes tipos de materia biodegradable o por descomposición que pueden ser aprovechables, sin embargo el concepto básico de ésta es en función a la descomposición o combustión de la materia que se utilizaría, desprendiéndose en dos vertientes de aprovechamiento, que sería, como tal una termoeléctrica (combustión de residuos principalmente derivados de plantas y madera) y aprovechamiento de gases generados por descomposición o fermentación (tal como ocurre generalmente con estiércol, algunos granos y productos derivados de la caña como el alcohol). Como consecuencia sabemos que en la primera existiría una contaminación por el simple hecho de quemar un producto y que genera partículas desprendidas de la materia sólida, y la segunda se consideraría más óptima ya que la combustión de estos gases está más libre de contaminantes por sus propiedades puras.

Este tipo de generación es empleada en algunos países tales como Estados Unidos, Gran Bretaña, España etc, por la generación a través de la combustión de residuos vegetales, en cambio en países tales como España, ya se ha implantado un sistema en donde se obtiene biogás extraído de la fermentación de residuos orgánicos, y en este mismo país existe un plan conjunto con Alemania, Lituania, Finlandia y Portugal para promover este tipo de generación de energía.

Como dato adicional ya existe en Estados Unidos en particular en el zoológico de Nueva York en aprovechar el excremento de los elefantes asiáticos para poder generar energía.



Figura 1.6: Instalación de planta generadora de biogás en España

ANTECEDENTES

Energía maremotriz: Se encuentra en etapas experimentales y se genera a través del movimiento de las olas del mar.

El aprovechamiento del movimiento de las mareas así como el oleaje han dado como resultado la implementación de mecanismos aún experimentales de creación de energía eléctrica, esto ha sido posible con la colocación de toberas con turbinas de aire aprovechando la energía potencial del movimiento del mar provocando una exhalación e inhalación de aire que se encuentra en las toberas moviendo las turbinas que a su vez generan electricidad o bien estableciendo una costa no natural similar a una presa y forzar a el movimiento de agua a entrar por una determinada área donde se encuentren las turbinas

En países tales como Rusia en el mar de Barents, el estuario de Severn en Gran Bretaña, bahía de Fundy entre Estados Unidos y Canadá y algunas otras partes se ha tratado de realizar la implementación de este tipo de aprovechamiento; sin embargo, resultan hasta el momento costosa y con un impacto en el medio ambiente principalmente creado por el estancamiento de agua aumentando fitoplancton, alteración de corrientes y sedimentos.

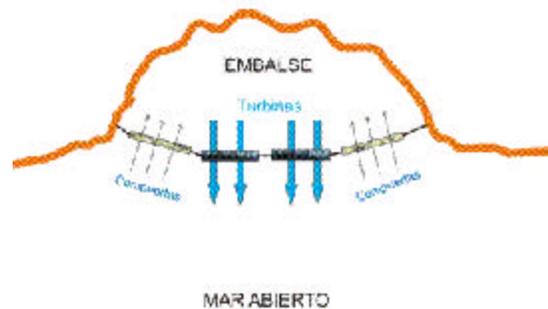


Figura 1.7: Esquema de funcionamiento básico de una instalación maremotriz



Figura 1.8: Instalación de generación mareomotriz en La Rance Francia

Solar: Energía eléctrica producida en el Sol radiante obtenida como resultado de reacciones químicas en materiales semiconductores. Se genera eficientemente al tener una área con buena iluminación solar preferentemente de manera directa, no genera desechos contaminantes en el proceso de conversión, fácil de implementar en equipos electrónicos.

La energía solar es por el momento la alternativa más viable para sustituir a las alternativas antes mencionadas, debido a que estas se pueden realizar incluso de forma individual, es decir que no necesariamente se debe de obtener mediante una planta generadora o convertidora, en otras palabras, se pueden realizar instalaciones comerciales, residenciales, o industriales en el mismo lugar donde se requieran sin necesidad de terceros, obviamente obteniendo esta energía de la cantidad de arreglos solares o celdas fotovoltaicas necesarias, y manteniendo una cierta cantidad almacenada para hacer uso en caso de ausencia de la luz solar. No se requiere prácticamente de elementos difíciles de encontrar o sustituir pero por el momento si son costosos.

En nuestro caso nos centraremos sobre el estudio de energía solar ya que por el momento representa una fuente inagotable de energía (aproximadamente 20 millones de años según estudios de la NASA⁽⁷⁾; que no hemos sabido aprovechar, debido a la oposición por parte de los propios intereses de empresas petroleras en todo el mundo, así como las compañías automotrices, esto aunado al alto costo de implementación de energía solar y a la falta de desarrollos aplicables a los equipos de uso común en nuestra vida cotidiana.

PLANTEAMIENTO

Capítulo 2 Planteamiento del problema

Utilizando energía solar

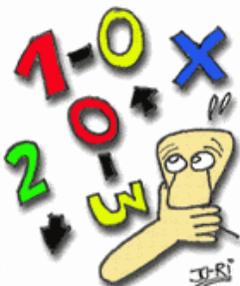
Para poder plantear la solución más viable y comparativa es necesario conocer algunos conceptos básicos del funcionamiento de los elementos tales como las celdas fotovoltaicas, así como la manera en la cual llevan a cabo la transformación de la energía y la manera en la cual se recibe la radiación de la fuente luminosa o solar, por lo cual en este capítulo nos introduciremos a ésta y una vez que se haya examinado se procederá a tomar todos los factores necesarios para la propia solución.

Uno de los puntos principales por los cuales deberíamos utilizar energía solar, es debido a que éste tipo de energía es completamente libre de contaminantes en su transformación, además de que no genera costos de utilización, es decir tenemos de forma gratuita éste tipo de energía, además de vernos geográficamente favorecidos por un buen clima en un gran porcentaje en casi todo el año en algunos lugares de nuestro país.

El aprovechamiento de la energía solar se puede dividir en dos partes, una a través de calor ó generación de electricidad, para las cuales se puede utilizar colectores térmicos o celdas fotovoltaicas respectivamente, uno de los problemas principales que se presentan, es que la luz o el calor, no se encuentran en el momento en el cual se necesita, es decir el sol da luz y calienta de día, y generalmente la luz y el calor son requeridos en ausencia de éstos; sin embargo, podemos almacenar éstos tipos de energía generados durante el día, para ser aprovechados en el momento preciso.

Otra de las razones fundamentales de utilizar la energía eléctrica es su fácil distribución, el manejo, y la facilidad de su transformación en otro tipo de energía tal como la mecánica, que comparándolo con la distribución de petróleo o gas, resulta ser mucho mas económico distribuirle y controlarle.

La adecuación para la utilización de éste tipo de energía relativamente sería sencilla y no muy costosa, debido a que la mayoría de aparatos electrónicos y de comunicaciones utilizan en su interior; eso significa que la mayoría de los equipos electrónicos tales como televisores, radios, computadoras, equipos de comunicaciones como switches, routers entre otros utilizan generalmente de 12 a 24 volts de corriente directa; solo los aparatos eléctricos como lavadoras, refrigeradores requieren 120 volts de corriente alterna, sin embargo existe la posibilidad de implementar estos con motores de corriente directa, sin la necesidad de realizar grandes cambios en sus demás componentes; o bien a través de un inversor o diferentes tecnologías, convertir la corriente obtenida a través de las celdas solares en corriente alterna útil para estos equipos, tal como se ejemplifica en el siguiente gráfico.



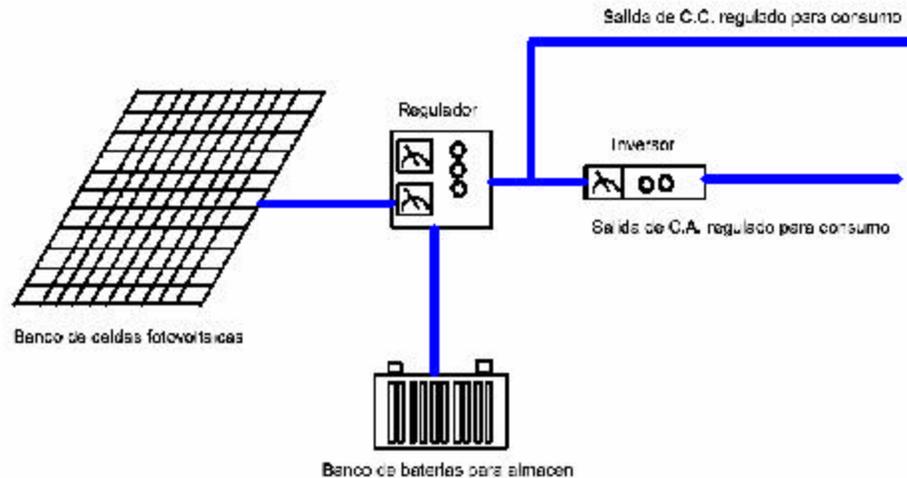


Figura 2.1 Sistema autónomo de alimentación fotoeléctrica con inversor para alimentación de CA.

Por lo anterior y algunos motivos más se cree conveniente la utilización de energía solar como una alternativa viable para la implementación residencial e incluso industrial.

Esta investigación no pretende evaluar los tipos de energía y sus conveniencias, lo que se quiere realizar (acondicionar) un dispositivo para tener un mejor aprovechamiento de esta en prácticamente todo el período de tiempo que ésta este presente.

Aun así es conveniente realizar estos comentarios, debido a que el propio dispositivo deberá ser autosuficiente, es decir que nó será necesario adicionar una fuente de energía externa para que éste funcione como un mejor ejemplo de su aplicación e implementación.

Alimentación fotoeléctrica

En esta parte de la investigación analizaremos el cómo es que la energía solar es convertida a energía eléctrica , con el objeto de comprender dos de las partes principales del prototipo, que son las celdas fotovoltaicas y los fototransistores.

El sol emite energía radiante producida cómo efecto de reacciones nucleares de fusión, es decir la descomposición o integración de átomos de diferentes elementos en escalas casi infinitas, este tipo de reacciones llegan a la tierra a través del espacio llamados fotones, manifestados en forma de onda electromagnética o millones de fotones de diferentes frecuencias, midiendo esta cantidad en watt-hora y su potencia en watt.

Sin embargo, es necesario obtener la cantidad de energía por unidad de tiempo y de área, que llega de forma perpendicular denominada irradiancia, soleamiento o insolación considerando como unidades los watts/m² y el langley /día.

PLANTEAMIENTO

Para poder llegar a tomar cifras con aproximaciones, es necesario llevar acabo el estudio de traslación y rotación de la tierra con respecto al sol y como se sabe, la tierra efectúa un movimiento elíptico alrededor de éste, encontrando al sol en uno de los focos de ésta elipse, la elíptica que es la trayectoria de la tierra tiene acercamientos máximos y mínimos al sol llamados perihelio y afelio respectivamente; además hay que considerar también que la tierra en su eje de rotación tienen 23.45° de inclinación y por lo cual aun en el afelio y perihelio cada continente tiene una radiación o insolación diferente en cada estación del año.

Perihelio	Máxima aproximación al sol	1.45 x 10 ⁸ Km.	4 de enero de cada año	1,395 W/m ²
Afelio	Posición más separada al sol.	1.54 x 10 ⁸ Km.	5 de julio de cada año	1,308 W/m ²

Tabla 2.1: Posición máxima y mínima de la tierra con respecto al sol.

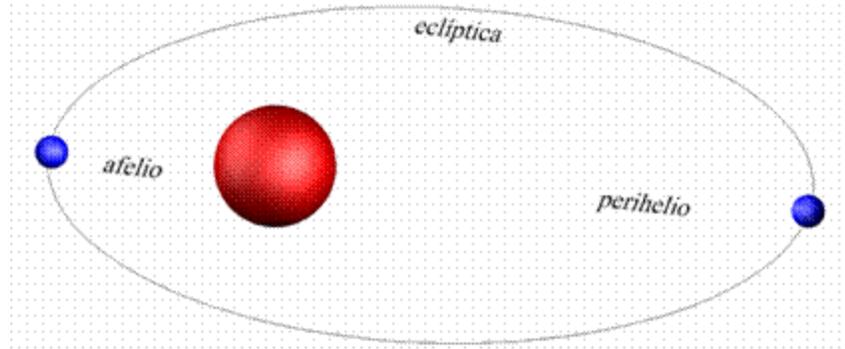


Figura 2.2: Muestra la posición de la tierra con respecto al sol en su afelio y perihelio.

Solsticio de invierno	21 de diciembre	Menos rayos solares en el hemisferio norte	Más rayos solares en el hemisferio sur
Equinoccio de primavera	21 de marzo	Soleamiento igual en ambos hemisferios	Soleamiento igual en ambos hemisferios
Solsticio de verano	22 de junio	Mayor insolación en el hemisferio norte	Menor insolación en el hemisferio sur
Equinoccio de otoño	22 o 23 de septiembre	Soleamiento igual en ambos hemisferios	Soleamiento igual en ambos hemisferios

Tabla 2.2: Soleamiento en hemisferios, relacionados por fechas.

PLANTEAMIENTO

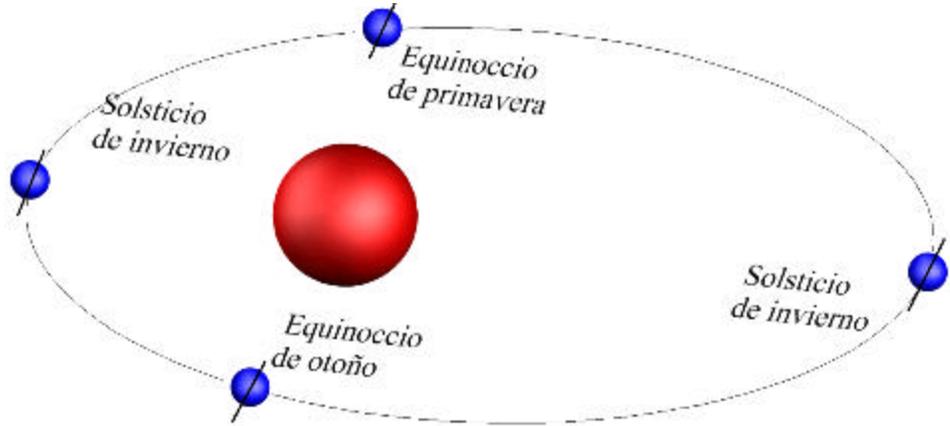


Figura 2.3: Posición de la tierra con respecto al sol relacionando las diferentes estaciones del año.

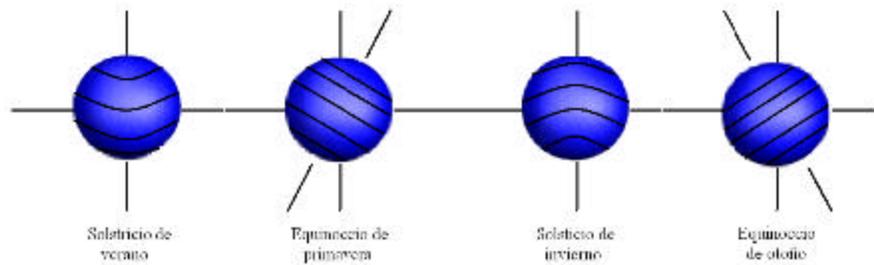


Figura 2.4: Posición de la tierra con respecto al ángulo de 23.45° y a la estación del año.

Reflejo de lo anterior, es la ruta o trayectoria que sigue el sol (percibido desde la tierra) dependiendo de la posición en la elíptica el sol se podrá observar que tiene una trayectoria más hacia el norte o hacia el sur.

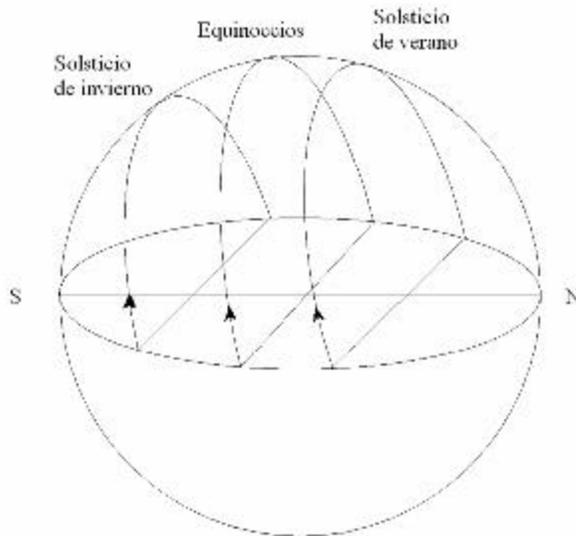


Figura 2.5: Trayectoria del sol desde latitud 16° (Cd. de México) durante solsticios y equinoccios.

De lo anterior, podemos plantear los siguientes puntos:

- ? La trayectoria del sol percibida desde la tierra no es fija.
- ? La insolación recibida es variable en cada posición de la tierra de acuerdo a la elíptica.
- ? La insolación depende de las condiciones atmosféricas y latitud de cada región.

Para fines prácticos se considera una radiación promedio por unidad de tiempo de $1,367 \text{ watts/m}^2$ que es la cantidad de radiación recibida en el límite superior de la atmósfera y que se le denomina como constante solar.

Esta atmósfera se fijo convencionalmente a unos 2,000 Km. de altura y se divide en troposfera, estratosfera, ionosfera y exosfera.

Existen perdidas por absorción al paso de las cuatro divisiones antes mencionadas, además de factores como nubosidad entre otros, por lo cual esta insolación se ve disminuida y llega al suelo terrestre con un promedio de $1,000 \text{ watts/m}^2$.

Dispersión: Es la cantidad de energía solar que se recibe en relación al área, llamada densidad y que puede alcanzar 1KW/m^2 dentro de la atmósfera terrestre.

Este factor se aplica principalmente a que la luz solar al llegar a nuestra atmósfera se disipa casi uniformemente en toda esta a partir de un punto con mayor luminosidad que es el sol, y que normalmente es por ese motivo por el cual en su mayoría las celdas solares no se apuntan directamente a la fuente luminosa, el ángulo utilizado normalmente es de 45° .

Intermitencia: Es el período de tiempo en el cual está presente éste tipo de energía solar a lo largo del día, debiendo aprovechar esta captación cuando esta presente y a su vez almacenarlo en baterías para cuando no lo esta. Esto tiene que ver principalmente por la interrupción de las nubosidades al paso frente a la fuente luminosa o bien en los casos de eclipses de sol.

El módulo receptor se puede clasificar en 5 tipos:

Pasivos: Es la captación de la energía mediante dispositivos colocados estáticamente aprovechando la orientación y arquitectura donde se colocan.

Activos: Este tipo de elementos aprovechan al 100% la cantidad de energía que reciben ya que se orientan a la fuente luminosa.

De baja energía: Cuando la energía se guarda en baterías y se aprovecha de este almacén en el momento que se requiere.

De media energía: Para éste tipo de arreglo se utilizan concentradores adicionales a la energía luminosa recibida tales como lentes o espejos, para aumentar la potencia.

De alta energía: Este arreglo combina al activo y al de media energía, es decir se orienta y concentra energía.

Energía Fotovoltaica: efecto de conversión de energía solar en energía eléctrica, producido por el efecto fotovoltaico consistente en producción de corriente y diferencia de potencial aplicado a materiales semiconductores como consecuencia de la absorción de radiación solar o luminosa.

Los semiconductores como su nombre lo dice, bajo ciertas características permiten la conducción de electricidad a través de ellos, están compuestos generalmente de silicio y germanio llamados por su efecto de conductibilidad eléctrica intermedia debido a que se encuentran compuestos de un aislante y un conductor, que se intercambian cuando se conduce energía, es decir la porción aislante cede o gana electrones para convertirse en un conductor y así para la parte opuesta.

Se clasifican en dos tipos que son tipo n y tipo p; esto se consigue añadiendo impurezas al materia semiconductor en el cual a este proceso se le llama dopado, en el caso del silicio se le añaden impurezas de fósforo consiguiendo un material tipo n y si se le añade boro se convierte en un semiconductor tipo p.

Para la construcción de un arreglo de celdas fotovoltaicas que produzca una corriente continua de 12V con iluminación de $1\text{KW}/\text{m}^2$, se requieren 10 de estas y cada una se construye de un disco monocristalino de silicio dopado, con su superficie expuesta al sol hasta que esta se haga de tipo n en su superficie superior y en su superficie inferior tipo p, complementada con los contactos eléctricos correspondientes para hacer circular corriente eléctrica protegiéndolas del medio ambiente a través de dos laminas de vidrio. Al conjunto de estos módulos montados sobre soportes mecánicos se les llama panel fotovoltaico, y la cantidad de corriente y voltaje depende directamente de la forma de conexión de estos, que en concreto puede ser serie o paralelo y que de acuerdo a esta configuración podemos alcanzar cualquier valor de tensión y corriente que se desee. Sus aplicaciones dependiendo de las áreas se pueden clasificar en:

Aplicaciones remotas: en donde se desea alimentar pequeños elementos electrónicos tales como radiofaros, repetidores, etc y que se encuentran respaldados por baterías y su ubicación es lejana a la energía eléctrica convencional.

Aplicaciones de uso rural: es cuando se aplica a las áreas lejanas de la población y su utilidad se aplica al riego, molinos, correo entre otros.

Aplicación de autogeneración: son lugares donde se encuentran alimentados por energía eléctrica convencional y la solar es utilizada como respaldo de esta en caso de falla o falta.

Grandes centrales: implementadas en algunas zonas residenciales y que son generadas o captadas a través de una central (tal como en el desierto de Arizona E.U. conocido como Arizona Solar Center) la cual alimenta en el día a esta zona y en la noche se utiliza la energía convencional.

Aplicación práctica.

Como se ha planteado anteriormente, éste tipo de generación de energía es óptima y se encuentran ya diversas aplicaciones comerciales, sin embargo sus costos son elevados y éstas solo son utilizadas por una pequeña parte de la población. A continuación tenemos un ejemplo muy significativo de hasta donde podemos llegar a aplicarlo.

Energía solar en la Estación Espacial Internacional (EEI).

La Estación Espacial Internacional, a través de un banco de celdas fotovoltaicas mantiene proporcionando electricidad para iluminación, electricidad para los equipos de comunicaciones, así como hasta en los sistemas de supervivencia más indispensables tales como las bombas de aire y filtros, además esta conectada a los sistemas de calefacción y calentamiento de aire y agua, recibiendo la energía directamente irradiada del sol que va de los 4×10^{23} kilovatios.



Figura 2.6: Estación Espacial Internacional, puesta en orbita y alimentada por energía solar.

Esta estación espacial cuenta con 8 arreglos de celdas fotovoltaicas de 34 metros de largo por 11 metros de ancho, las cuales en su conjunto abarcan un área de 2,500 m² que es un poco más de la mitad de un campo de fútbol, y que son controladas por “una computadora” para mantener su orientación, sin embargo debido a la propia ruta de la orbita de esta estación, no siempre se encuentra en contacto con la fuente de iluminación, para lo cual se hace necesario el uso de un bloque de baterías recargables de níquel-hidrogeno, consistente en 38 celdas conectadas en serie cuya vida útil esta por arriba de los 5 años y que en su conjunto proporcionan una potencia de 110 KW, los cuales aun alimentando los mecanismos relacionados de soporte de vida y otros

sistemas restan 46 KW de energía que son utilizados en investigaciones, en comparación este arreglo podría alimentar una comunidad aproximadamente de 50 hogares.

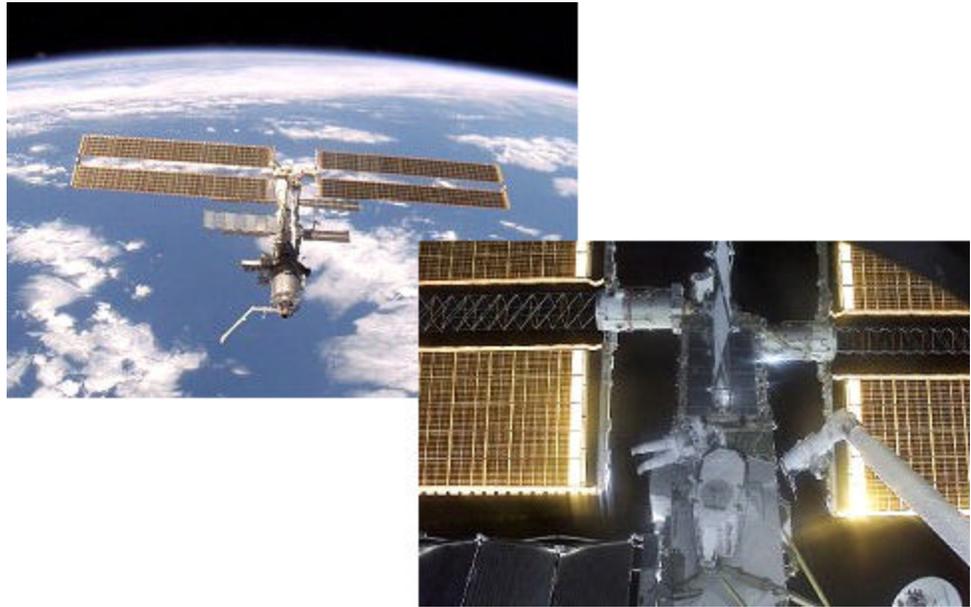


Figura 2.7: Derecha se observa el tamaño de conjunto para alimentar a la EEI, izquierda se muestra un astronauta realizando mantenimiento a la estación y se aprovecha para comparar el tamaño del conjunto de celdas.

De acuerdo a lo anterior se propone un dispositivo activo captador de energía solar de baja energía con respaldo para almacenar y alimentar dispositivos electrónicos tal como se lleva a cabo en la estación espacial internacional, pero con un costo mucho inferior a este.

Aspectos a evaluar

Principalmente recaen en los costos de fabricación y la tecnología necesaria para ésto, debido a que aun en nuestro país no existen maquiladoras que proporcionen este tipo de elementos, aunando con esto el costo de instalación y la falta de personal técnico con los conocimientos para llevar a cabo esto en aplicaciones prácticas de utilidad para la población.

Otro aspecto son las dimensiones que ocupa el arreglo para poder proporcionar la energía requerida por toda la carga existente o bien el número de elementos electrónicos a alimentar.

El área geográfica también es otro factor importante, desde este punto de vista, ya que estamos beneficiados por la ubicación geográfica de nuestro país.

Por otra parte existen los elementos electrónicos, mecánicos y demás componentes necesarios para llevar a cabo su instalación y funcionamiento, en nuestro caso es necesario además de los puntos

anteriores, el comentar los aspectos de materiales en cuanto a su fácil acceso en cómo y dónde conseguirlos, el costo que representa cada uno de estos. Otro factor importante es la adecuación de estos materiales a la construcción de nuestro prototipo, debido a que no se emplean ningún tipo de piezas especiales para la manufactura de este elemento, por lo cual la adaptación de todos y cada uno de los componentes representó en su momento ciertas dificultades para ser agregados en el proyecto y que fueron resueltos en su momento, cabe señalar que la evolución del proyecto se comenta con cada uno de sus pasos o fases así como los problemas, soluciones o sustituciones de estos elementos.

Hay que tomar en cuenta que el prototipo es un dispositivo que puede plantearse aplicaciones domésticas, industriales o bien espaciales, que esta fue una de nuestra propuesta principal, sin embargo en general se considera que es una propuesta que podría servir a varias áreas, dependiendo del enfoque o la aplicación en la cual se quiera adaptar dicho dispositivo.

El prototipo mide aproximadamente 40 x 40 cm. con un peso de 2.5kg y que puede controlar 2 grados de libertad (simultáneos) y girar más de 365 grados por lo cual no existe limitante en seguir objetos que orbiten alrededor de este, su carga puede ser de 2kg en cada extremo sin afectar su funcionamiento mecánico o electrónico.

Esto es importante mencionarlo, debido a que solo representa una maqueta de lo que esto podría llegar a ser, ya que como se comentó, para obtener la energía necesaria para alimentar energía eléctrica a varios elementos electrónicos o eléctricos es necesario aumentar el número de celdas solares, que incrementan el peso del elemento, sin embargo el circuito electrónico no sufre cambios significativos en su diseño o bien en su costo.

Pese a lo comentado anteriormente se considera que ésta sí es una fuente alternativa de producción de energía que podría reducir los altos consumos de hidrocarburos para la generación de ésta.

Generador Vs. Celdas Fotovoltaicas.

Para llevar a cabo el planteamiento del problema se considera necesario partir de parámetros tales como costos, facilidad de obtención, generación, y distribución de la energía eléctrica al cual consideramos como producto final. Motivo por el cual llevamos a continuación la siguiente comparación.

Para llevar a cabo la generación de energía en una central termoeléctrica que utiliza como materia prima productos derivados del petróleo, es necesario previamente hacer un estudio para localizar un pozo petrolero, el cual requiere actualmente de tecnología satelital, para realizar la ubicación de éste, una vez que se ha localizado es necesario conocer la factibilidad de realizar la explotación y esto se realiza conociendo la cantidad de producto o productos útiles que se obtendrán de este así como el tiempo de vida útil que este tendrá, como siguiente paso hay que realizar la adquisición de la infraestructura necesaria para este caso

PLANTEAMIENTO

dependiendo si se trata de un pozo petrolero en tierra, o en agua, una vez realizado esto se requiere la propia instalación de esta indispensable los recursos humanos para operarla, así como los tiempos necesarios para mantener una producción, ya contando con esto ahora requerimos determinar en donde se almacenara y el punto de distribución además de los medios para llevar a cabo esto, tendremos que pensar también en como y donde refinar este producto, y por ende donde volver a almacenar y distribuir, una vez terminado este proceso tenemos ya en nuestra estación termoeléctrica el producto final que puede ser petróleo refinado, diesel o algún otro producto funcional para la planta. Ahora si ya podemos producir electricidad, pero debemos pensar en los costos que esto nos representara a corto, mediano, y largo plazo.

Consideremos para fines prácticos solo la generación de electricidad a través de una pequeña planta de energía que funcionará con gasolina, obteniendo el costo de la materia prima y la eficiencia de esta planta.

Tomemos la planta del catálogo anexo a continuación la planta más pequeña con un costo de \$4,000 pesos mexicanos, un costo de litro de gasolina a \$6.24 pesos mexicanos, por un período de 6 ½ horas y hay que dejar descansar un período de 1 hr. entre las 6 ½ hrs.

GENERADOR DE CORRIENTE ELECTRICA 800 WATTS 1.8 hp MIKEL 'S.

Generador de Corriente Eléctrica 1.8hp, 800 Watts

- Dispositivo para recargar baterías de 12V/8,3 A
- Fácil de transportar a cualquier lado debido a su práctica asa y a su peso ligero tan sólo 20kg.
- No maltrata ninguna superficie debido a sus soportes inferiores de goma
- Larga duración de la carga hasta 5 horas
- Protector de seguridad contra sobrecarga
- Atractivo diseño súper compacto

CARACTERÍSTICAS:

Potencia de salida: 800 W/1.8 HP

Voltaje: 120 Volts

Frecuencia: 60Hz

Amperaje: 6,7A

Fase: Monofásica

Capacidad del tanque: 4 litros

Trabaja 6 ½ horas

Tabla 2.3: Tabla de valores de planta generadora de energía eléctrica mediante el uso de un motor de combustión interna.

PLANTEAMIENTO

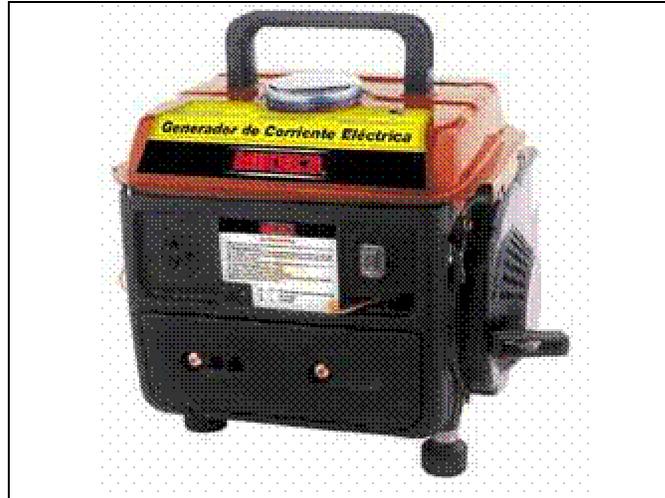


Figura 2.8: fotografía de la planta generadora obtenida de catalogo de venta.

¡Suponiendo que la planta pudiera trabajar las 12 hrs. continuas!

Significa que estaríamos pagando a

6.24 pesos x 4 litros = \$24.96

\$24.96 /6.5 hrs. = \$3.84 pesos por hora

En 12 horas es necesario llenar en dos ocasiones el tanque por lo cual:

El costo por 12 horas seria de \$46.08; en un mes gastaríamos \$1,382.40; y, en un año = \$ 16,588.80

Sin considerar el costo de la planta, mantenimiento y otros como cambio de aceite, afinación etc.

De esta planta de energía estaríamos obteniendo 120 volts con 800W
Y calculando la corriente de salida nos proporciona:

$$P = vi$$

$$V = 120v$$

$$P = 800W$$

$$\text{Por lo tanto } i = 800/120$$

$$i = 6.7 A$$

Para el conjunto de celdas solares que nos proporcionen esta cantidad de energía tenemos los siguientes cálculos:

Costo de celda solar de 1 volt a 400mA \$ 50 pesos

Número de celdas solares para un modulo que entregue 12 V a 1.5 A y obtener a la salida del inversor 120V/1.5A

se requieren 12 celdas en un modulo que nos proporcione 12Vdc

Para alcanzar unos 10 A se requieren

$$10A / 0.4A = 25 \text{ módulos (10 celdas cada uno para mantener los 12 volts)}$$

Por lo tanto

12 celdas para formar un modulo de 12V
y 25 módulos de 12V a 400mA para formar 10 A
da un total de 250 celdas por \$50 pesos
da un total de \$12,500

9.5 x 6.5 cm.

ocupando un área plana de aproximadamente 1.7 mts. x 1 mt. en cuanto a las celdas solares

Ahora en el caso de las celdas solares es necesario la integración de un dispositivo inversor, cuya función es aumentar y cambiar el voltaje de 12Vdc a 127Vca, así como regular la salida de éste además de almacenar energía en un banco de baterías la cual proveerá de ésta en caso de ausencia de luz solar.

En el capítulo 3 se dará a conocer el diagrama y consideraciones de diseño para este elemento.

Con esto se tiene una energía durante aproximadamente 12 hrs. del día luz, por un periodo de mas de 3 años y el único mantenimiento necesario es la limpieza de la superficie de las fotoceldas y las baterías recargables.

A continuación se presenta un cuadro comparativo con las ventajas y desventajas de cada uno de los sistemas comentando los puntos más relevantes.

Sistema.	Planta eléctrica.	Fotoceldas.
Costo a 1 año.	\$16,588	\$12,500
Mantenimiento a 3 años.	\$10,000	\$3,000
Tiempo de descanso.	1h por cada 6h de trabajo.	Ninguno.
Crecimiento.	Ninguno.	Aceptable modificando o agregando.
Almacén de energía.	En paralelo.	En paralelo.
Contaminación.	La emitida por un motor de combustión.	Ninguna.
Periodo total de trabajo en un día.	18 hrs. ½.	Depende de la iluminación.
Energía almacenada.	Para 5 hrs.	Para 5 horas o más modificando el banco de baterías.

Tabla 2.4: Cuadro comparativo de ventajas y desventajas de una planta generadora y un conjunto de celdas fotovoltaicas.

PLANTEAMIENTO

Como se ha expuesto con anterioridad, los conjuntos de celdas fotovoltaicas se pueden alimentar de la fuente a través de dos tipos de radiación que como se comentó puede ser por dispersión y directa.

Analizando el caso de dispersión que es el método mas común en el que se instalan las celdas y de acuerdo a el ejercicio realizado con las celdas propuestas se obtiene que a la luz del día por dispersión en un ángulo fijo sin que estas se encuentren en movimiento, además de tener una baja variación de voltaje se tiene un rango menor en cuanto a tiempo de obtención de energía, y con los bancos de celdas apuntando a toda hora del día en radiación directa se disminuye el factor de variación de voltaje y se aumenta el tiempo de recepción de energía proveniente de la fuente.

Capítulo 3

Solución Propuesta (desarrollo de proyecto)

Orientación hacia la fuente de energía

PROPUESTA

Existe una aplicación espacial similar a la propuesta o prototipo referente a este tipo de aprovechamiento de energía, por lo cual comenzaremos a describir las consideraciones y requerimientos de materiales para el funcionamiento de nuestra propuesta, debido a que la orientación de los módulos de celdas fotovoltaicas en la estación espacial internacional, se orientan a través de una computadora, y además es necesario el uso de un programa especializado; la propuesta que se realiza en cambio, es un circuito completamente electrónico, automático y autónomo de bajo costo.

Partimos de la consideración de que es necesario orientar las celdas fotovoltaicas, debido a que éstas deberán mantener una condición óptima de recepción en cuanto a la energía fotoeléctrica proveniente de la fuente de luz, en este caso nuestro sol, de otra manera al no poder tener de frente a esta fuente en todo momento, la energía recibida por los rayos solares se perdería paulatinamente de su línea de vista y de cualquier ángulo que estas pudieran aprovechar al máximo la luz solar hasta quedar completamente aisladas y por lo tanto perderla por completo; para respaldar este planteamiento se llevara a cabo en este capítulo la realización de pruebas con celdas fotovoltaicas iguales en su construcción, dimensiones y capacidades para poder tomar lecturas y respaldar lo comentado.

Consideremos que la luz solar que viaja del sol a la tierra a través del espacio llega en línea recta, al encontrarse con la atmósfera parte de esta energía es absorbida o dispersada y se le conoce como radiación o luz difusa, otra gran parte llega al interior también en línea recta, a esta se le conoce como radiación directa; de las cuales la radiación directa es la más intensa y necesaria.

Las celdas fotovoltaicas pueden generar electricidad a través de cualquiera de estas dos energías, ya sea directa o difusa, sin embargo se podrán obtener mejores resultados si estas reciben radiación directa, por lo que se pretende dar a entender que incluso en días nublados en los cuales no se observe el sol estas celdas fotovoltaicas podrán trabajar, no obstante las condiciones óptimas de operación, implican presencia de luz solar directa y con los paneles orientados lo mejor posible hacia la fuente de luz con la finalidad de aprovechar al máximo esta energía, de lo anterior los bancos de celdas fotovoltaicas, deberán colocarse completamente perpendiculares a la fuente de luz, las pequeñas desviaciones no influyen en la generación significativa de electricidad pero al estar completamente alineadas la mejora.

PROPUESTA

En el caso comercial, estos bancos de celdas fotovoltaicas permanecen fijas y se orientan al sur, y mantienen aproximadamente una alimentación difusa del 90% de la luz del día y el 10% restante en condiciones optimas cuando el ángulo de colocación de las celdas apuntan directamente al cenit.

Con el objeto de comprobar este funcionamiento se colocaron un par de celdas fotovoltaicas en una azotea, una de ellas fija a 45 grados, y otra móvil, apuntando directamente a la fuente luminosa, es decir, en todo momento perpendicular hacia la fuente; tomando lecturas y obteniendo los valores con respecto a la hora; se anotan los valores de voltaje en la tabla 3.1.

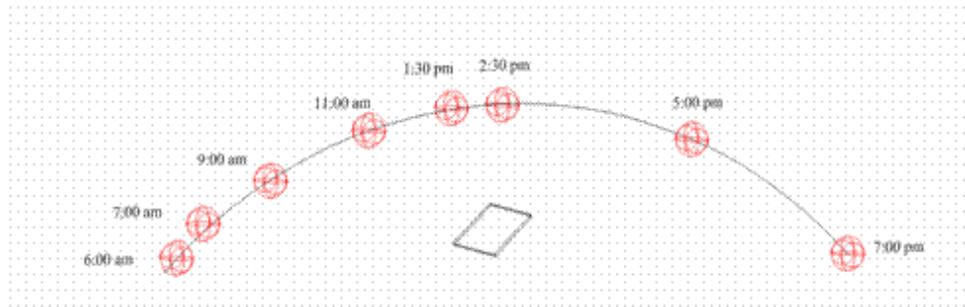


Figura 3.1: Movimiento y trayectoria del sol a lo largo del día, con respecto a una celda fotovoltaica fija (posición pasiva).

HORA	Volts Fotocelda fija	Volts Fotocelda directa	HORA	Volts Fotocelda fija	Volts Fotocelda directa
6:00am	0	0	6:34am	0.5	0.54
6:02am	0.15	0.19	6:36am	0.54	0.59
6:04am	0.18	0.19	6:38am	0.58	0.65
6:06am	0.19	0.2	6:40am	0.63	0.7
6:08am	0.2	0.21	6:42am	0.67	0.74
6:10am	0.21	0.22	6:44am	0.74	0.8
6:12am	0.26	0.28	6:46am	0.78	0.83
6:14am	0.28	0.3	6:48am	0.8	0.86
6:16am	0.3	0.32	6:50am	0.82	0.86
6:18am	0.33	0.36	6:52am	0.83	0.88
6:20am	0.36	0.39	6:54am	0.87	0.9
6:22am	0.37	0.4	6:56am	0.9	0.93
6:24am	0.41	0.44	6:58am	0.92	0.94
6:26am	0.44	0.48	7:00am	0.93	0.95
6:28am	0.46	0.5	7:10am	0.93	0.95
6:30am	0.48	0.52	7:20am	0.93	0.95
6:32am	0.49	0.53	7:30am	0.93	0.95

PROPUESTA

HORA	Volts Fotocelda fija	Volts Fotocelda directa	HORA	Volts Fotocelda fija	Volts Fotocelda directa
7:40am	0.93	0.95	13:30pm	1.02	1.04
7:50am	0.93	0.96	13:40pm	1.02	1.04
8:00am	0.94	0.97	13:50pm	1.01	1.04
8:10am	0.94	0.97	14:00pm	1.01	1.04
8:20am	0.94	0.97	14:10pm	1	1.04
8:30am	0.94	0.97	14:20pm	0.98	1.03
8:40am	0.94	0.97	14:30pm	0.96	1.03
8:50am	0.95	0.98	14:40pm	0.94	1.01
9:00am	0.95	0.98	14:50pm	0.92	1.01
9:10am	0.96	0.99	15:00pm	0.86	1
9:20am	0.96	0.99	15:10pm	0.83	0.99
9:30am	0.96	0.99	15:20pm	0.8	0.99
9:40am	0.97	0.99	15:30pm	0.75	0.98
9:50am	0.97	0.99	15:40pm	0.71	0.98
10:00am	0.98	0.99	15:50pm	0.69	0.97
10:10am	0.98	0.99	16:00pm	0.67	0.96
10:20am	0.98	1	16:10pm	0.62	0.96
10:30am	0.98	1	16:20pm	0.57	0.96
10:40am	0.99	1	16:30pm	0.52	0.96
10:50am	0.99	1	16:40pm	0.5	0.96
11:00am	0.99	1	16:50pm	0.47	0.94
11:10am	0.99	1	17:00pm	0.45	0.94
11:20am	1	1.02	17:10pm	0.42	0.93
11:30am	1	1.02	17:20pm	0.39	0.92
11:40am	1.01	1.02	17:30pm	0.37	0.9
11:50am	1.01	1.02	17:40pm	0.35	0.87
12:00pm	1.01	1.02	17:50pm	0.33	0.85
12:10pm	1.01	1.02	18:00pm	0.3	0.8
12:20pm	1.02	1.03	18:05pm	0.27	0.8
12:30pm	1.02	1.03	18:10pm	0.24	0.74
12:40pm	1.02	1.03	18:15pm	0.19	0.7
12:50pm	1.02	1.03	18:20pm	0.17	0.65
13:00pm	1.03	1.04	18:24pm	0.15	0.59
13:10pm	1.03	1.04	18:28pm	0.12	0.54
13:20pm	1.03	1.04	18:30pm	0.1	0.53

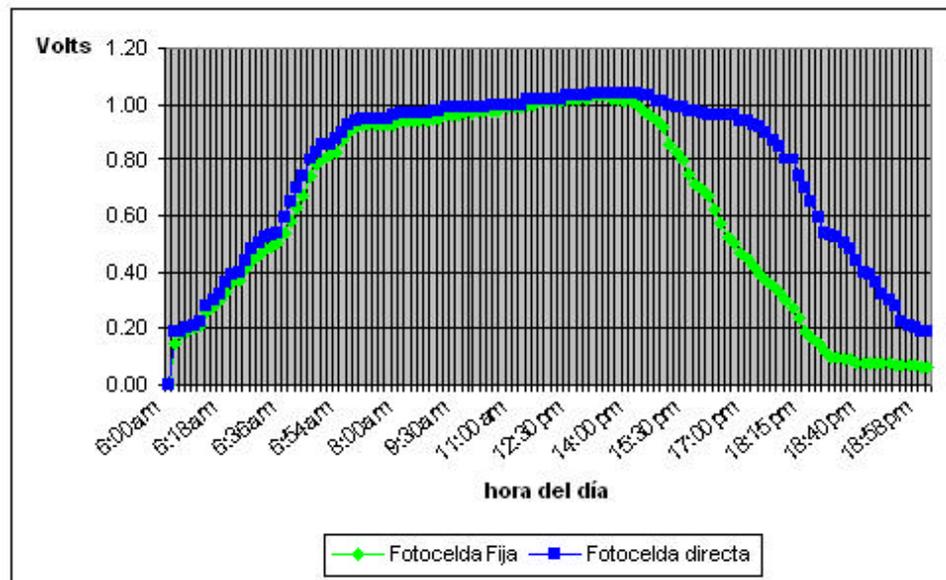
PROPUESTA

HORA	Volts Fotocelda fija	Volts Fotocelda directa	HORA	Volts Fotocelda fija	Volts Fotocelda directa
18:32pm	0.1	0.52	18:48pm	0.08	0.3
18:34pm	0.09	0.5	18:50pm	0.07	0.28
18:36pm	0.09	0.48	18:52pm	0.07	0.22
18:38pm	0.08	0.44	18:54pm	0.07	0.21
18:40pm	0.08	0.4	18:56pm	0.07	0.2
18:42pm	0.08	0.39	18:58pm	0.06	0.19
18:44pm	0.08	0.36	19:00pm	0.06	0.19
18:46pm	0.08	0.32			

Tabla 3.1: Tabla de valores de voltajes obtenidos en un modulo de celda fotovoltaica, pasiva y activa con respecto a las horas del día. (fuente directa tomadas en el mes de febrero)

De lo anterior concluimos que la celda fotovoltaica que mantiene la orientación con respecto a la fuente luminosa, mantiene un periodo mas largo de tiempo registrado por el multímetro, y además se percibe que el voltaje por lo tanto es mas constante y levemente mayor que sin orientar.

A continuación se muestran las gráficas comparativas de la celda fotovoltaica 1 y 2 en el que se muestra una curva para la celda numero 1 que esta fija al inicio cercano a cero en su cenit al punto de valor máximo en cuanto a voltaje y tendiendo a cero cuando avanza el atardecer, sin embargo para la gráfica que representa a la celda cuya orientación es perpendicular tiene una mayor continuidad en cuanto al voltaje obtenido.



Gráfica 3.2: Representación de los valores de voltajes obtenidos en celdas fotovoltaicas.

De la gráfica 3.2 y la tabla 3.1 se obtienen los siguientes datos estadísticos, que nos permiten interpretar la colección de datos obtenidos a lo largo de un día en cuanto a voltaje obtenido de las celdas fotovoltaicas, del cual nos permite interpretar la conveniencia de orientar las celdas hacia la fuente luminosa.

	Sin orientar	Orientada	Diferencia
MODA	0.93	0.99	0.01
VARIANZA	0.13	0.09	0.03
PROMEDIO	0.63	0.77	0.14
MINIMO	0	0	0
MAXIMO	1.03	1.04	0.53

Tabla 3.2: Resultados estadísticos obtenidos a través de las lecturas de voltaje de celdas fotovoltaicas.

Como se puede observar en la tabla 3.2 existe una diferencia de potencial de por lo menos 6 centésimas de volts, una varianza mayor en las celdas fotovoltaicas, que en las orientadas y un promedio de 14 décimas mayor al orientar las celdas fotovoltaicas.

En la grafica 3.2 se puede percibir que en el caso de la celda fotovoltaica fija el voltaje empieza a decrementarse desde las 2:30 PM o 3:00 PM, mientras que en la celda fotovoltaica orientada este comienza a decrementar desde las 5:00 PM.

A través de una hoja de calculo podemos realizar un filtrado de los datos expuestos en la tabla 3.1 y considerar como voltaje efectivo a 0.50 V por cada fotocelda y esto nos permite obtener que los rangos de operación de las fotoceldas fija y orientada.

Celda fotovoltaica	Fija	Orientada
Hora inicio 0.5V	06:30	06:30
Hora fin 0.5V	16:30	18:32
Horas de operación	10	12:02

Tabla 3.3: Rango de horas en operación de las celdas fotovoltaicas.

De lo anterior se concluye que por la diferencia entre promedios y horas en operación de las fotoceldas orientadas es conveniente el diseño de un mecanismo de orientación automática para el mayor aprovechamiento de la recepción y generación de energía eléctrica.

Diseño de un prototipo de control de orientación

En función al planteamiento y comprobación de este diseño en el apartado anterior, se considera necesario la implementación de un dispositivo electrónico y mecánico que realice de forma automática esta función, dado que para el experimento realizado esta operación se realizó de manera manual, obteniéndose los resultados antes mencionados.

Se deberá considerar que este dispositivo pueda realizar esta orientación con una carga mínima que será representada por la cantidad de energía que se requiere solo para alimentar este propio circuito, dado que por el momento se desea que por lo menos este sea autosuficiente y no requiera de una fuente adicional para cumplir con su función.

Es importante hacer notar que el dispositivo contiene dos servomecanismos, uno de estos mueve al dispositivo de izquierda a derecha y el otro de arriba hacia abajo, y la cantidad de par cinemático o fuerza depende directamente de la relación en tren de engranes, por lo cual para una mayor carga será posible en un futuro rediseñar o modificar solo este tren de engranes para soportar una carga mayor en cuanto a peso y por lo cual será posible adicionar elementos de celdas fotovoltaicas que alimenten otros dispositivos adicionales sin la necesidad de modificar el circuito principal.

Elementos empleados para el diseño del prototipo

En esta sección se enumeran y explican los elementos que integran el prototipo propuesto, de acuerdo al diagrama de bloques de operación que se muestra en la figura 3.3 así como las características y funcionamiento de cada uno de ellos, la forma de integración, los problemas encontrados con su propia solución, y como resultado el diseño final.

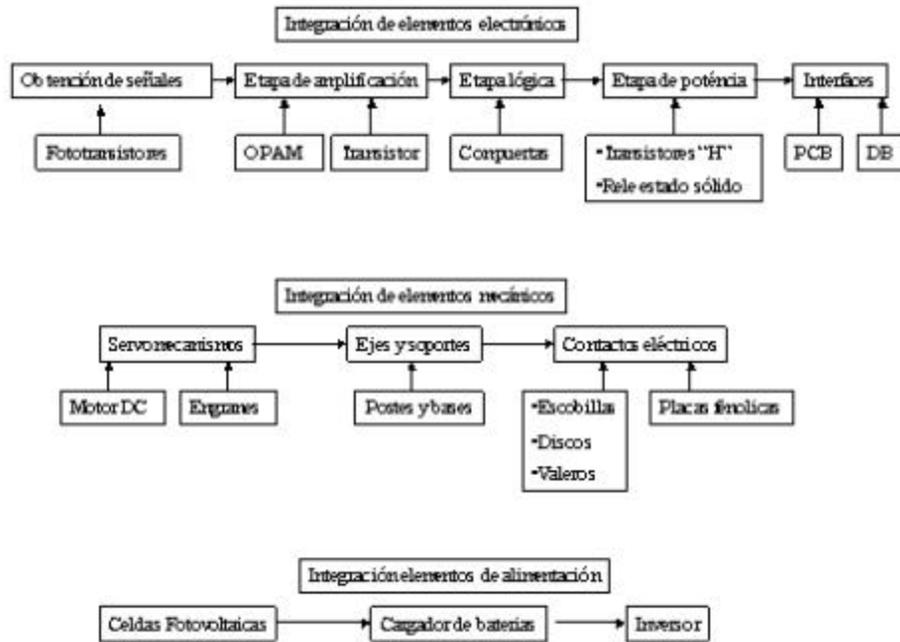


Figura 3.2: Diagrama a bloques de integración de elementos electrónicos, mecánicos y de alimentación.

Integración de elementos electrónicos.

Obtención de señales.

Fototransistores.

La selección de este dispositivo se realiza principalmente por que su respuesta a la fuente de fotoelectrones es mayor a la de un fotodiodo, en cuanto a la sensibilidad y voltaje generado, además de que cuenta con una configuración en la cual aún cuando esta fuente no fuera suficiente, el fototransistor se podría conectar a otra fuente de alimentación y así aumentar el voltaje en su salida, a continuación se analiza y se profundiza en las características de éste.

Los fototransistores son básicamente un transistor común y corriente, en el cual la excitación en su base, se recibe a través de fotones los cuales generan la corriente necesaria para su funcionamiento, el cual se puede clasificar de dos formas:

- ? Como un transistor normal, esto significa que se puede excitar la base para que pueda circular corriente entre colector y emisor. (I_b en modo común)
- ? Como un fototransistor, en donde su funcionamiento es para el cual se ha diseñado, la excitación de la base se lleva a cabo a través del

sensor óptico que actúa como base del transistor, es decir cuando la luz incide en este sensor, hace las veces de corriente de base (I_P modo de iluminación).

El fototransistor se puede utilizar simultáneamente de ambas formas aún cuando por su utilidad o aplicación la pata correspondiente a la base generalmente no se utiliza es decir ($I_{B=0}$); en el caso de ser utilizada simultáneamente la excitación en base común así como la excitación por iluminación la corriente en base es igual a $I_{BT=IB} + I_P$. Este caso o modo de empleo es utilizado en caso de requerirse aumentar la sensibilidad del transistor debido a la baja o escasez de iluminación, incrementando la corriente de la base a través de la ayuda por polarización externa.

Cabe hacer mención que el fototransistor es la equivalencia entre un transistor común conectado con un fotodiodo entre la base y su colector como se muestra en la siguiente figura.

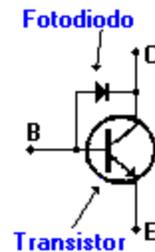


Figura 3.3: Se muestra una equivalencia de un fototransistor, conformado por un transistor NPN y un Fotodiodo.

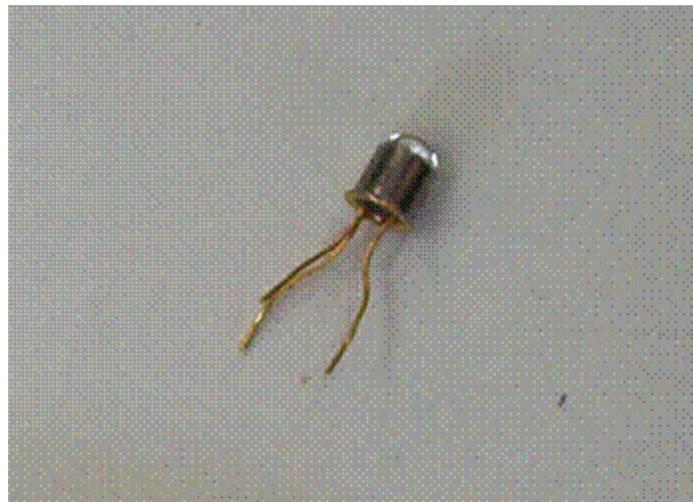


Figura 3.4: Imagen del fototransistor empleado en el desarrollo del prototipo

PROPUESTA

Valores de fototransistor obtenidos al colocarlo a la luz

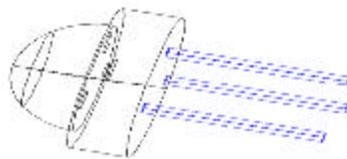
Los siguientes valores se obtuvieron al colocar el fototransistor en una protoboard o tarjeta de pruebas, con el colector conectado hacia la entrada del amplificador operacional y el emisor conectado a la tierra de la fuente como se especifica en la figura 3.5.

Condición	Resistencia de fototransistor	Voltaje entre terminales del fototransistor	Voltaje en salida del fototransistor
Sin luz	1.2 MO	0.111V	3.8V
Lámpara	88.3 KO	0.1V	3.4V
	77.7 KO	0.095V	3.2V
	72.3 KO	0.086V	3.0V
	67.9 KO	0.062V	2.8V
	64.9 KO	0.061V	2.7V
	61.5 KO	0.056V	2.5V
	59 KO	0.027V	2.2V
	10.59 KO	0.013V	1.9V
	9.9 KO	0.000V	0.088V
Iluminación máxima	0.648 KO	0.008V	1.5V

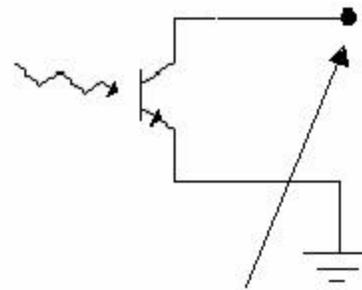
Tabla 3.4: Tabla de valores obtenidos del fototransistor, comparando resistencia y voltaje.

Su diagrama de conexión en este prototipo se muestra a continuación:

PROPUESTA



vista 3d fototransistor



hacia el amplificador

Figura 3.5: Figura Izquierda, muestra una vista tridimensional del fototransistor. Figura derecha diagrama electrónico de conexión del fototransistor en el prototipo.

Como se podrá apreciar en la figura el fototransistor básicamente funcionará como una compuerta, emitiendo a determinada cantidad de energía luminosa un margen de voltaje que será considerado entre los rangos de 1 y 0 lógicos.



De lo cual resumiremos en la siguiente tabla los valores de acuerdo al rango de voltaje útil o que serán interpretados como una señal para ser amplificada.

Rango	Voltaje
0	3.8 a 2.2
1	2.1 a 0

Tabla 3.5: Rango de voltajes que serán considerados como lógicos para alimentar a los circuitos posteriores en el diseño (valores obtenidos del fototransistor).

Es importante mencionar que la configuración propuesta para la conexión de el fototransistor consume o circula a través de él solo 0.7 mA. cuando éste recibe una fuente luminosa y tiene una circulación de 0.0mA cuando éste no recibe ninguna señal luminosa a través de él.

Para nuestro diseño se emplearon 5 fototransistores que colectan la energía luminosa y orientan al dispositivo, 4 de ellos se reparten de la siguiente manera; izquierda, derecha, abajo y arriba, posicionados estratégicamente a los extremos antes mencionados con el objeto de alinear las celdas fotovoltaicas dependiendo de el lugar hacia donde se mueva. El quinto fototransistor se coloca al centro de estos cuatro y éste nos permitirá sensar la cantidad promedio de luz que se esta recibiendo y en su caso para determinar si existe fuente luminosa, para saber si requiere redireccionarse al punto de partida o mantiene su posición.

PROPUESTA

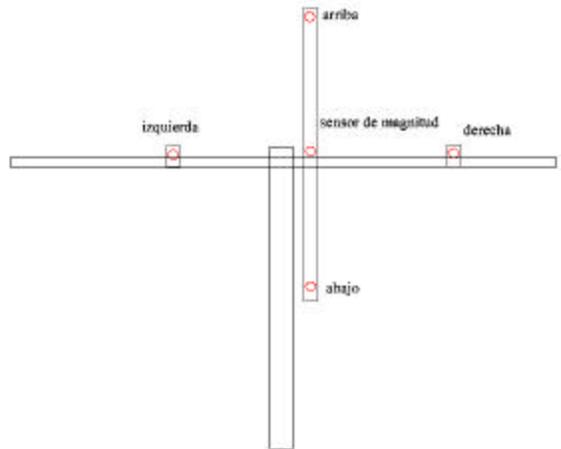


Figura 3.6: Figura anterior, se observa la distribución de los 5 fototransistores para capturar la señal de entrada.

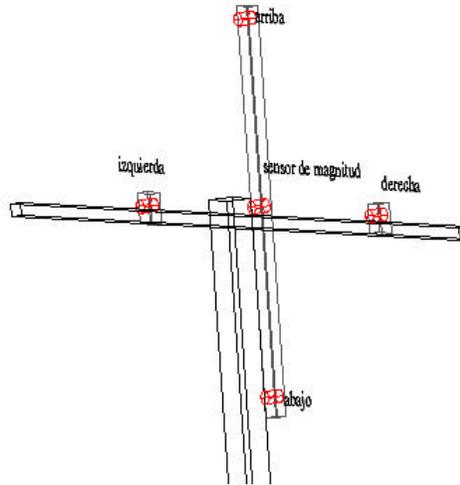


Figura 3.7: .Muestra una vista angular del la distribución de fotosensores .

PROPUESTA

Como se comentó con anterioridad, este elemento se podría conectar a una fuente de alimentación en el caso de que la fuente luminosa fuera demasiado débil, sin embargo este tendría un consumo mayor de corriente y para nuestro caso la sensibilidad a los fotones es relativamente la necesaria, y en caso de que sea débil, el circuito amplificado esta diseñado para solventar esta situación.

Etapas de amplificación.

Amplificación de voltaje utilizando amplificadores operacionales.

De acuerdo con los valores obtenidos anteriormente, será necesario amplificar este voltaje y la corriente con el objeto de poder manipularlo y así poder trabajar con valores útiles para las siguientes etapas, dado que en su mayoría los circuitos trabajan en rangos promedio de 5v.

En ésta sección únicamente nos preocuparemos por la amplificación de la señal en cuanto a su magnitud, es decir la amplificación del voltaje, por lo que será de gran utilidad la comprensión básica de los amplificadores operacionales, dispositivos electrónicos, especializados o preferidos, para llevar acabo ésta acción, dadas sus características de funcionamiento y su estabilidad así como su bajo consumo de energía.

Como sabemos el amplificador operacional es un elemento electrónico lineal de propósito general, maneja frecuencias desde 0Hz hasta aquellas que son definidas por el fabricante, manejando voltajes del orden de los μV hasta decenas de volts, los cuales también se encuentran definidos por el fabricante, se caracterizan por sus entrada diferencial (inversor y no inversor) y ganancia de voltaje alta que va en función de los arreglos con los cuales se maneje y que son generalmente mayores a 105 (es decir amplifica hasta 105 veces el voltaje de entrada). Se conoce comúnmente como OPAM por la contracción de amplificador operacional, se alimenta de valores positivos y negativos, algunas de sus características generales son:

PROPUESTA

Resistencia de entrada, (R_{en}), tiende a infinito.

?? Resistencia de salida, (R_o), tiende a cero.

?? Ganancia de tensión de lazo abierto, (A), tiende a infinito

?? Ancho de banda (BW) tiende a infinito.

$v_o = 0$ cuando $v_+ = v_-$

Ya que la resistencia de entrada, R_{en} , es infinita, la corriente en cada entrada, inversora y no inversora, es cero. Además el hecho de que la ganancia de lazo abierto sea infinita hace que la tensión entre las dos terminales sea cero, como se muestra a continuación:

$$\begin{aligned}v_+ - v_- &= \frac{v_o}{A} \\v_+ - v_- &= 0 \\v_+ &= v_-\end{aligned}$$

Existen una gran gama de configuración o conexión del amplificador operacional, tales como inversor, no inversor, diferenciador filtros pasabaja, filtros pasaalta etc, para nuestro caso nos centraremos sobre la configuración en modo no inversor y en concreto se maneja la siguiente ecuación para el calculo de la ganancia del OPAM, y la formula para el cálculo de la ganancia del voltaje.

$$A = 1 + (R_f / R)$$

$$v_o = \left(1 + \frac{R_f}{R} \right) v_i$$

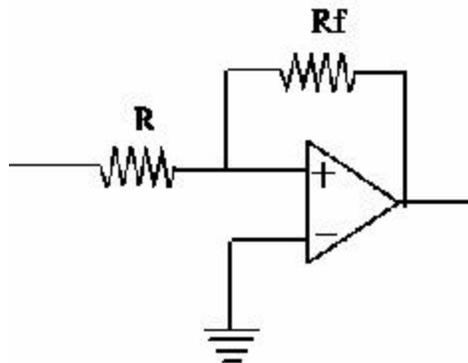


Figura 3.8: Diagrama esquemático de un amplificador operacional no inversor.

De lo anterior, recalcaremos que en éste caso utilizaremos un amplificador operacional en modo no inversor con retroalimentación, cuya ganancia se encontrara dada principalmente por:

$$V_o/V_i = A$$

y

$$A = 1 + (R_f / R)$$

En el caso del diseño del prototipo, estas resistencias son igual a:

$$R_f = 10 \text{ KW}$$

$$R = 1 \text{ KW}$$

De lo anterior obtenemos que nuestra ganancia es:

$$A = 11$$

A continuación se muestra el diagrama esquemático de la conexión de nuestro amplificador operacional con los elementos electrónicos utilizados hasta el momento.

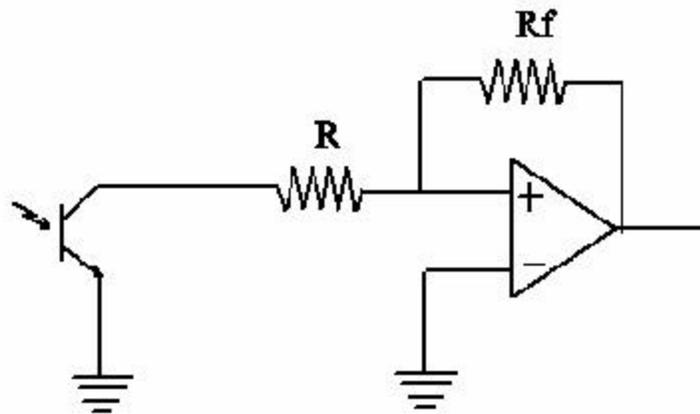


Figura 3.9: Integración de los elementos con el amplificador operacional como será utilizado en el prototipo.

Por otra parte la elección de un circuito real que responda a nuestras necesidades físicas es uno que se encuentra de manera comercial a un bajo costo y que es el más comúnmente ocupado para casos de estudio y aplicaciones técnicas en la mayoría de los circuitos, se trata del amplificador LM741.

Este circuito integrado maneja varias escalas de integración, por lo cual diferentes parámetros de alimentación tales como el voltaje y por ende se ve modificada la corriente que se maneja influyendo la potencia calorífica disipada, también es fabricado por varias empresas dedicadas a la construcción de pastillas de circuitos integrados tales como Motorola, Hitachi etc, sin embargo, para fines prácticos, nosotros emplearemos un circuito de mediana escala de integración cuya hoja de datos técnicos nos podrá proporcionar información adicional.

PROPUESTA

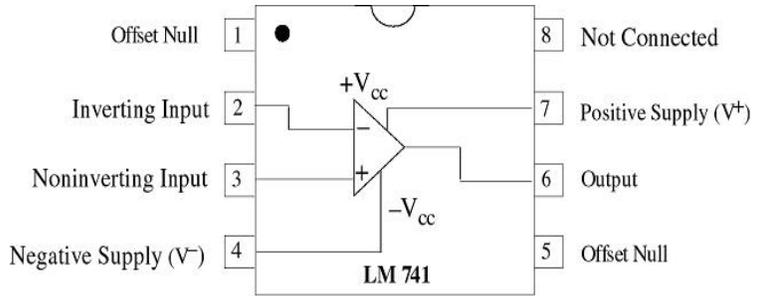


Figura 3.10: configuración interna del circuito integrado LM741.

Una vez obtenido el voltaje necesario efectuamos la tabla de respuestas aplicando el primer dispositivo para mantener una bitácora de su comportamiento.

PROPUESTA

Condición	Voltaje en salida del fototransistor.	Resistencia de fototransistor	Voltaje entre terminales del fototransistor	Voltaje en la Salida del Amplificador
Sin luz tapado	3.8V	1.2 MO	0.111V	3.6V
Lámpara	3.4V	88.3 KO	0.1V	3.4V
	3.2V	77.7 KO	0.095V	3.4V
	3.0V	72.3 KO	0.086V	3.54V
	2.8V	67.9 KO	0.062V	3.4V
	2.7V	64.9 KO	0.061V	3.5V
	2.5V	61.5 KO	0.056V	3.5V
	2.2V	59 KO	0.027V	3.5V
	1.9V	10.59 KO	0.013V	3.3V
	1.5V	9.9 KO	0.008V	3.4V
Iluminación máxima	0.088V	0.648 KO	0.000V	3.24V

Tabla 3.6: Valores de voltajes registrados en la implementación del circuito del prototipo

Se debe considerar que para los amplificadores operacionales el límite de salida en cuanto a corriente es de 5 a 10 mA. Para efectos teóricos o de calculo y para fines prácticos se deberá considerar el especificado por el fabricante; que en este caso para el amplificador operacional LM741 es de 25mA, motivo por el cual la siguiente etapa se encarga de incrementar este valor para ser acoplado a las compuertas lógicas a través de un transistor.

Etapa de amplificación.

Amplificación de corriente utilizando transistores .

Como se comentó anteriormente, ahora será necesario llevar a cabo la amplificación de la corriente eléctrica, y esto lo llevaremos a cabo a través de un transistor, en el que se acoplará la señal que se obtiene a la salida del amplificador operacional para que realice el incremento de corriente necesaria para la siguiente etapa, para llevar a cabo esto, es necesario conocer la teoría básica de semiconductores así como los tipos existentes de transistores para llevar a cabo la selección adecuada de este aplicado en el prototipo.

En el desarrollo del circuito requerimos un transistor 2n4403 que se utiliza en cada etapa de amplificación proveniente de los fototransistores, por lo anterior son necesarios 5 de estos, en la etapa de potencia se requieren 4 transistores tip 41c en configuración H pero estos pertenecerán a la etapa de amplificación de potencia.

Las características principales o de interés del transistor 2n4403, son aquellas que nos permiten el uso o implementación de este transistor en el diseño de este prototipo; dentro de estas tenemos la ganancia β en corriente que va desde 30 a 60, y que debido a esta característica primordial es como fue seleccionado; otra característica es el manejo de voltaje y su consumo entre emisor y colector la cual es baja.

Se muestra el diagrama esquemático del circuito propuesto incluyendo al transistor 2n4403.

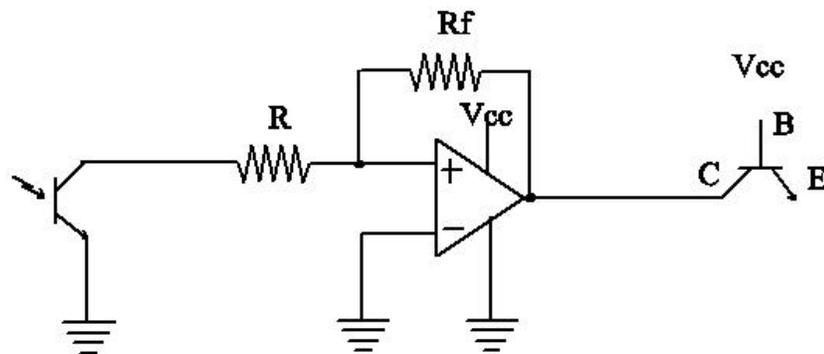


Figura 3.11: Integración del transistor en el circuito del prototipo.

Etapa lógica.

Manejo de señales con compuertas lógicas.

La etapa lógica en este circuito principalmente esta diseñada para responder bajo un patrón de diseño en el cual nos pueda proporcionar solo la respuesta deseada hacia los circuitos ejecutores de movimiento, pasando por una etapa de amplificación de corriente y voltaje, dado que de no existir este enviaría señales paralelas las cuales no podrán darnos la respuesta esperada.

Para tal circuito es necesario plantear lo siguiente:

Giro a la izquierda

- ? Al recibir señal en fototransistor derecho y señal en el fototransistor central no gira.
- ? Al recibir señal en fototransistor izquierdo y señal en el fototransistor central gira hacia la izquierda.
- ? Al recibir señal en ambos fototransistores y señal en el fototransistor central mantener estático.
- ? Al no recibir señal en ambos (izquierdo y derecho) y no recibir señal en el fototransistor central ubicarse a el punto de partida o inicial girando a la izquierda.
- ? Al no recibir señal en ambos (izquierdo y derecho) y recibir señal en el fototransistor central mantener la posición actual.
- ? Al recibir señal solo en el fototransistor izquierdo girar a la izquierda.

Para cualquier otra combinación mantener posición actual.

Dadas estas condiciones se propone la tabla de verdad que cumpla con los requisitos solicitados, considerando que existen dos circuitos idénticos pero con los movimientos hacia arriba y abajo.

En donde:

Derecho = A
 Izquierdo = B
 Central = C
 Función lógica deseada = F

PROPUESTA

PROPUESTA

A	B	C	F
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	1	1
0	1	0	1
1	1	0	0
1	1	1	0
1	0	1	0
1	0	0	0

Tabla 3.7: tabla de verdad correspondiente al los valores de respuesta necesarios para el movimiento hacia la izquierda.

De la tabla de verdad anterior se obtiene que:

$$F = \overline{A}BC + A\overline{B}C + \overline{A}B\overline{C}$$

Simplificando

$$F = \overline{A}BC + \overline{A}B(\overline{C} + C)$$

Se pueden obtener las siguientes dos funciones

$$F1 = \overline{A}BC + \overline{A}B$$

$$F1' = \overline{A}(\overline{B}C + B)$$

De estas anteriores se obtienen los siguientes circuitos lógicos



PROPUESTA

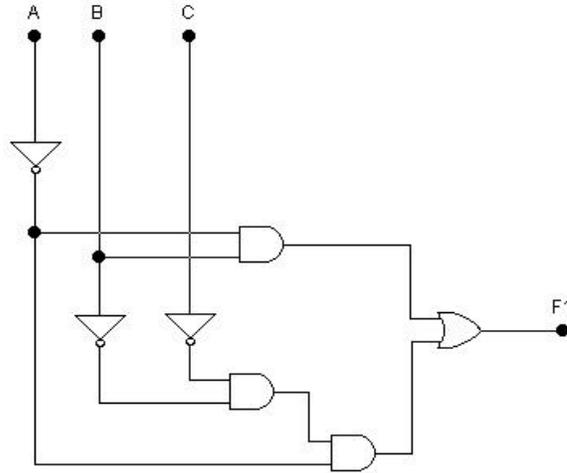


Figura 3.12: Propuesta numero uno de circuito resultante de la ecuación F.

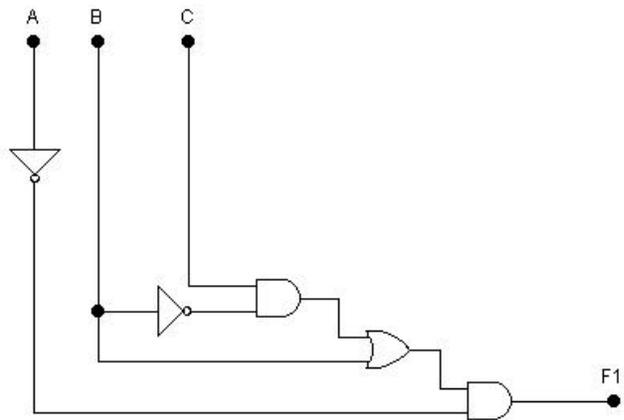


Figura 3.13: Propuesta numero dos de circuito resultante de la ecuación F'.

Por mapa de Karnaugh

De acuerdo a la tabla 3.4 de verdad planteada anteriormente se colocan las respuestas deseadas en un mapa de Karnaugh.

A/BC	0	1	11	10
0	1	0	1	1..
1	0	0	0	0

Tabla 3.8: Mapa de Karnaugh de acuerdo a la tabla 3.4.

Se obtiene la siguiente función:

$$F = \overline{A} B + \overline{A} C$$

Simplificando

$$F = \overline{A} (B + C)$$

Se obtiene el siguiente circuito:

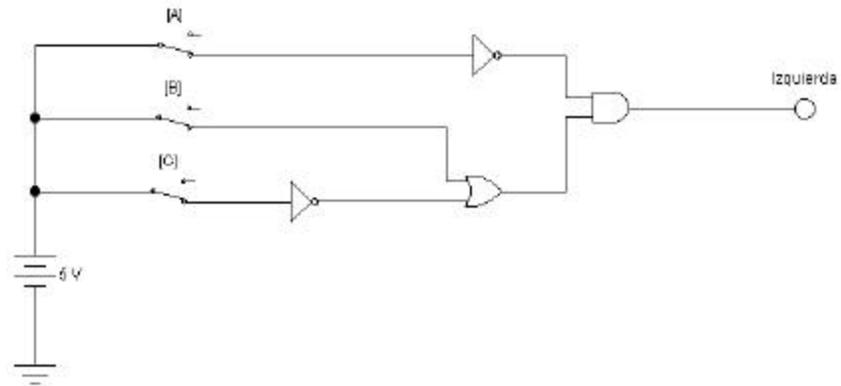


Figura 3.14: Circuito resultante de mapa de Karnaugh para el movimiento a la izquierda.

PROPUESTA

De las tres propuestas anteriores se tomara como definitivo el circuito de la tabla 3.14 dado que es el que se ajustara a nuestros propósitos finales y se ocupa un numero menor de compuertas lógicas.

Por lo cual es necesaria la implementación física de este a través de tres circuitos comerciales que son:

SN74LS04 con 6 compuertas inversoras

SN74LS08 con 4 compuertas AND

SN74LS32 con 4 compuertas OR

Como el prototipo debe de realizar funciones inversas dado que el motor debe de girar en sentido contrario se plantea un circuito paralelo con funciones opuestas y eliminado al tercer fototransistor, por lo tanto el diseño parte de lo siguiente:

Giro a la derecha

Para tal circuito es necesario plantear lo siguiente:

Al recibir señal en fototransistor derecho y señal en el fototransistor central gira hacia la derecha.

Al recibir señal solo en el fototransistor derecho gira a la derecha

Para cualquier otra combinación mantener posición actual.

Dadas estas condiciones se propone la tabla de verdad que cumpla con los requisitos solicitados, considerando que existen dos circuitos idénticos pero con los movimientos hacia arriba y abajo.

En donde:

Izquierdo = A

Derecho = B

Central = C

Función lógica deseada = F



A	B	C	F
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	1	0
0	1	0	0
1	1	0	0
1	1	1	0
1	0	1	1
1	0	0	1

Tabla 3.9: Tabla de verdad correspondiente a las respuestas necesarias para el movimiento a la derecha.

PROPUESTA

De la tabla de verdad anterior se obtiene que:

$$F = \overline{A}BC + A\overline{B}C$$

Simplificando

$$F = \overline{A}B(C + \overline{C})$$

Finalmente se obtiene:

$$F = \overline{A}B$$

Por mapa de Karnaugh

De acuerdo a la tabla 3.9 planteada anteriormente se colocan las respuestas deseadas

A/BC	0	1	11	10
0	0	0	0	0
1	1	1	0	0

Tabla 3.10 Mapa de Karnaugh de acuerdo a la tabla 3.9.

Se obtiene la siguiente función:

$$F = \overline{A}B$$

En este caso las ecuaciones son exactamente iguales de estas anteriores se obtiene el siguiente circuito lógico.

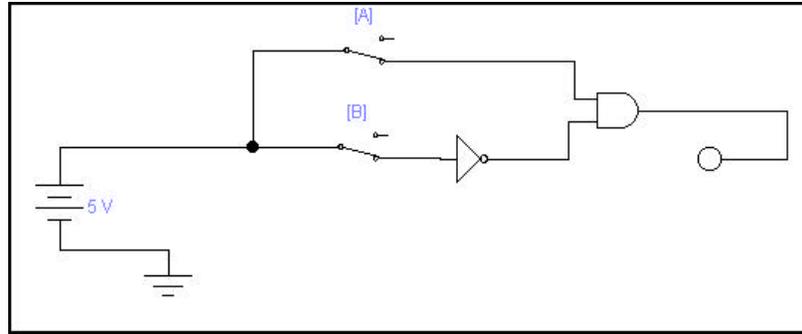


Figura 3.15: Circuito resultante de mapa de Karnaugh para movimiento a la derecha.

PROPUESTA

Por lo que es necesaria la implementación física de este a través de dos circuitos comerciales que son:

- SN74LS04 con 6 compuertas inversoras
- SN74LS08 con 4 compuertas AND

Los circuitos de las figuras 3.14 y 3.15 serán integrados en uno solo, para obtener el resultado esperado, cabe hacer notar que las circuitos integrados pueden incluir el armado de ambos circuitos para ahorro compuertas y utilizarlas todas en su totalidad.

Así mismo se requiere el uso de resistencias de 330 W por cada entrada al circuito lógico para aumentar la impedancia de entrada a este circuito.

El circuito de la figura 3.16 muestra el diseño de la etapa lógica utilizado para realizar el movimiento de izquierda – derecha, que es igual al de arriba – abajo, en donde “A”, “B” y “C”, son los fototransistores dispuestos en el prototipo para recibir la señal (mostrados en la figura 3.3). de esta manera se asegura el movimiento orientado sin contraponer señales.

IZQUIERDA				DERECHA			
A	B	C	F	A	B	C	F
0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1	0
0	1	1	1	0	1	1	0
0	1	0	1	0	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0
1	1	1	0	1	1	1	0
1	0	1	0	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0	0	1

Tabla 3.11 Tablas de verdad correspondientes a las respuestas necesarias de izquierda – derecha.

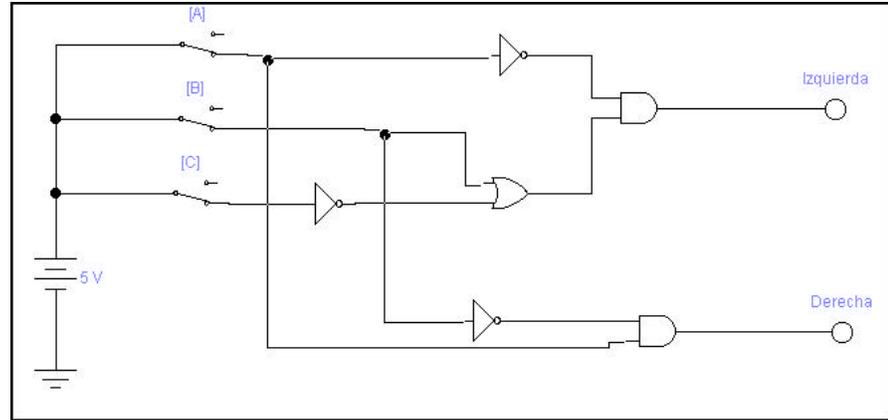


Figura 3.16: Circuito resultante que integra los movimientos de izquierda – derecha (se utilizaran dos circuitos exactamente iguales, empleando el segundo para el movimiento de arriba – abajo).

PROPUESTA

A continuación se muestra el diagrama de la etapa lógica integrada con los elementos tratados con anterioridad.

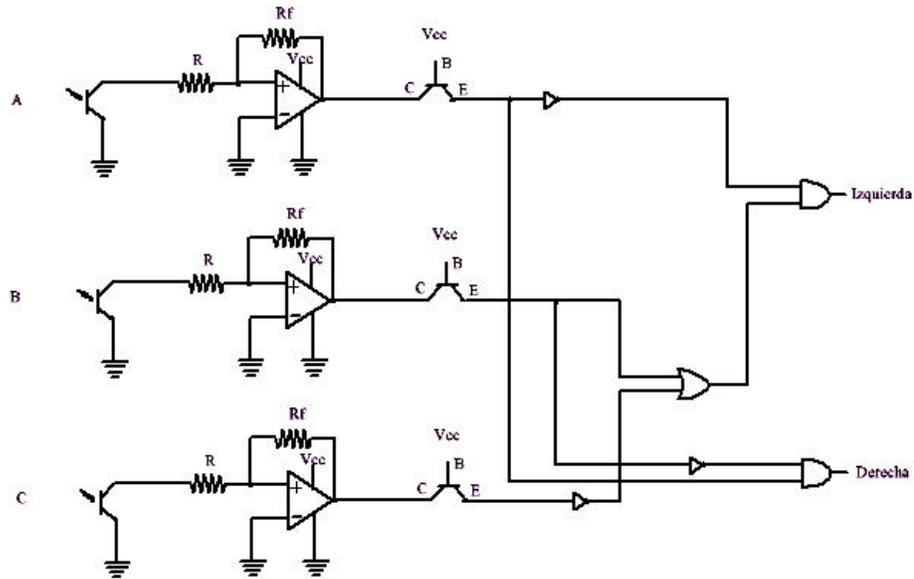


Figura 3.17: Circuito resultante que integra todos los elementos analizados hasta ahora para responder a las señales en fototransistores de izquierda – derecha.

Electrónica de potencia

Relevadores de Estado sólido y transistores en configuración "H".

En esta etapa la electrónica de potencia esta determinada por los elementos amplificadores que proporcionaran energía eléctrica necesaria para alimentar a los motores de corriente directa; existe la posibilidad de implementarse a través de relevadores mecánicos o lógicos, dependiendo de los voltajes o corrientes; debiéndose tomar en cuenta solo los consumos de corriente para que estos funcionen, así como la cantidad de corriente, voltaje y tipo de corriente (CA o CD) necesario para que los motores conectados a este funcionen.

En el caso del prototipo se utilizaran motores de corriente directa que funcionan desde 0.63 Vdc y 0.55 mA por lo cual se puede utilizar relevadores electromecánicos, relevadores de estado sólido o algún arreglo de transistores.

Para el prototipo fueron analizados dos tipos de elementos, relevadores de estado sólido y el arreglo de transistores en configuración H, llamado así por la forma física que estos adquieren al ser colocados.

Los relevadores mecánicos se descartaron dado a el mantenimiento al que están sujetos, así como a las fallas y factores de carbonización y desgaste en sus contactos que se van creando por el uso.

Para los relevadores de estado sólido se proponen circuitos EDR201A, los cuales contienen un par de switches normalmente abiertos.

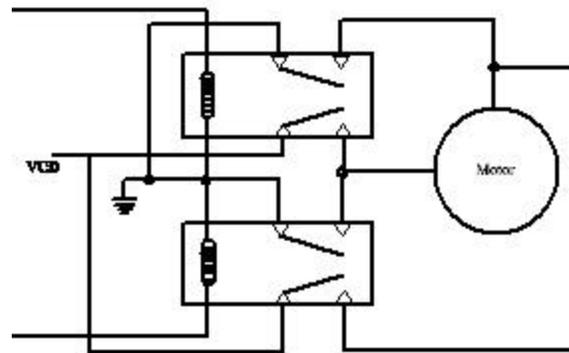


Figura 3.18: Propuesta numero uno de la etapa de potencia hecha con relevadores de estado sólido.

Otra alternativa es utilizar un arreglo de transistores, conocido comúnmente como arreglo H, a continuación se muestra en la figura 3.19 el esquema de conexión de los transistores conectados entre si.

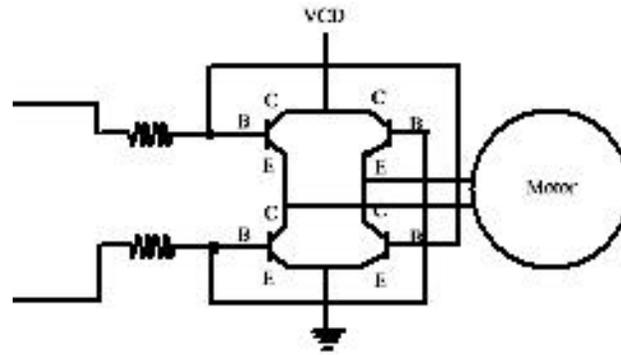


Figura 3.19: Propuesta numero dos de la etapa de potencia realizada con transistores en configuración "H".

Sensores de retorno y selector de función

PROPUESTA

En el caso de aplicación en la tierra, dado que la fuente de iluminación saldrá por el oriente y se ocultara por el poniente, el sistema quedara ubicado en esa ultima posición y a la salida del sol no se encontrara dirigido hacia los rayos solares, por lo cual a este diseño se agregan dos sensores magnéticos, colocados uno sobre el eje de rotación o soporte vertical y otro sobre el horizontal, con el objeto de que estos al perder la fuente de rayos solares, regrese a la posición original, para que al siguiente día este se encuentre perfectamente dirigido hacia el oriente.

Una virtud de esta implementación; es que estos sensores pueden ser reposicionados, con el objeto de poder modificar en caso necesario o reajustar la o las posiciones de inicio o de retorno.

Para esta implementación, se requirió dos sensores magnéticos utilizados comúnmente en sistemas de seguridad o alarmas comerciales, un circuito 2n33 (opto acoplador) y fueron colocados en los arillos del prototipo especificados en las figuras.

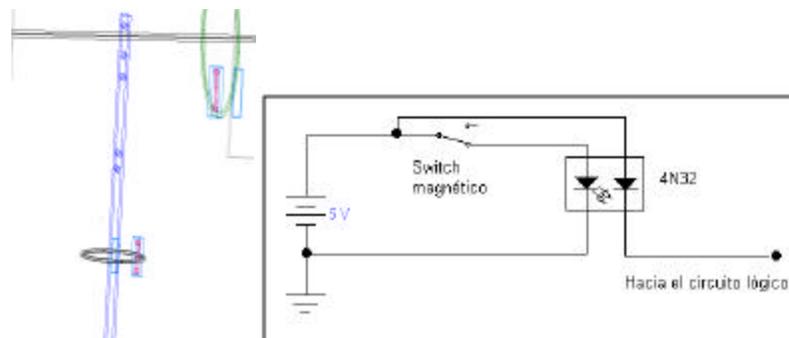


Figura 3.20: Figura izquierda muestra los anillos con los sensores magnéticos de posición de retorno y a la derecha la parte del circuito implementada para su funcionamiento.

El selector de función tiene por objeto hacer que el circuito funcione de dos maneras y comportamiento general del prototipo en tres que son como se comentan a continuación:

- 1.- Parte de una posición original, sigue la fuente luminosa, y retorna a origen en caso de ausencia de esta.
- 2.- Parte de una posición cualquiera, hasta que una fuente se atravesase en su campo de detección, sigue la fuente y en caso de perderla se queda en la ultima posición.
- 3.- Parte de una posición cualquiera, hasta que la fuente se atraviesa en su campo de detección sigue la fuente y en caso de perderla, gira indefinidamente en los dos planos hasta encontrar una fuente de luz.

Para las dos primeras solo es necesario colocar el selector en 1 o en 2 y para la tercera función es necesario eliminar la conexión de los sensores de origen o retorno para que estos no detecten la señal.

El circuito final con estas implementaciones se muestra a continuación:

PROPUESTA

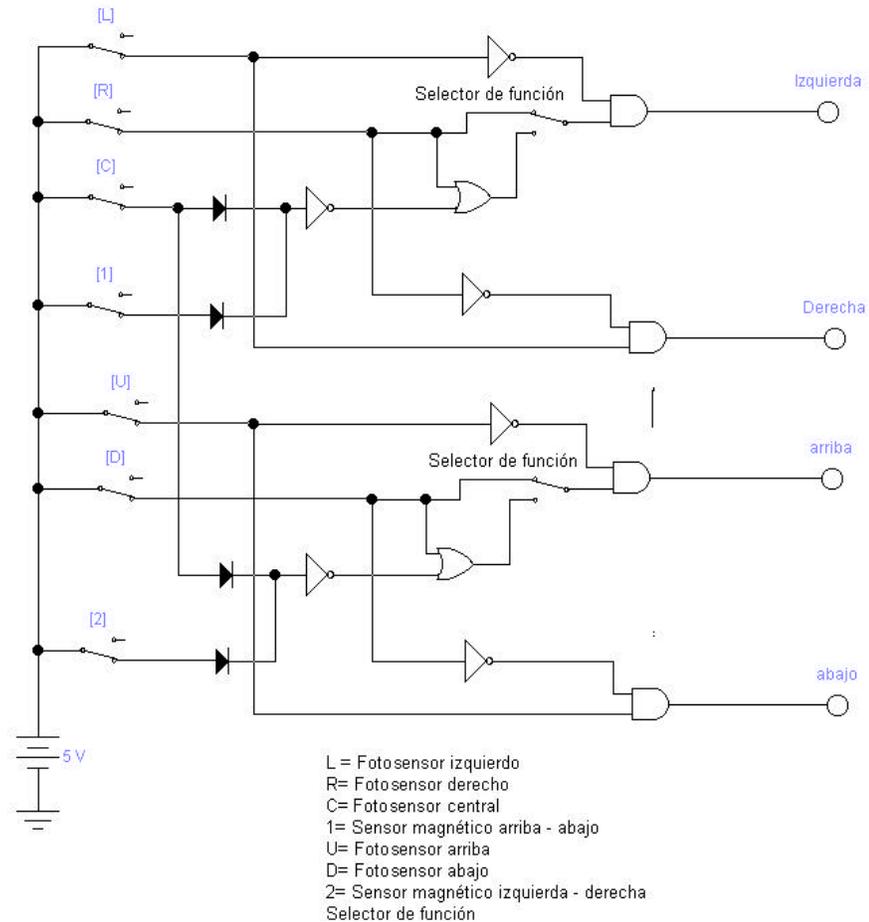


Figura 3.21: Muestra el circuito del prototipo con la implementación con los switches de posición o de retorno así como el selector de función.

Para lo comentado anteriormente es necesario utilizar dos sensores magnéticos BP547 que vienen acompañados con un imán permanente. Y se muestra en la siguiente figura.

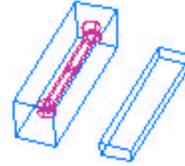


Figura 3.22: Switch magnético empleado para el retorno a posición original.

PROPUESTA

Finalmente se muestra el circuito completo y de la manera en la cual será implementado en este prototipo.

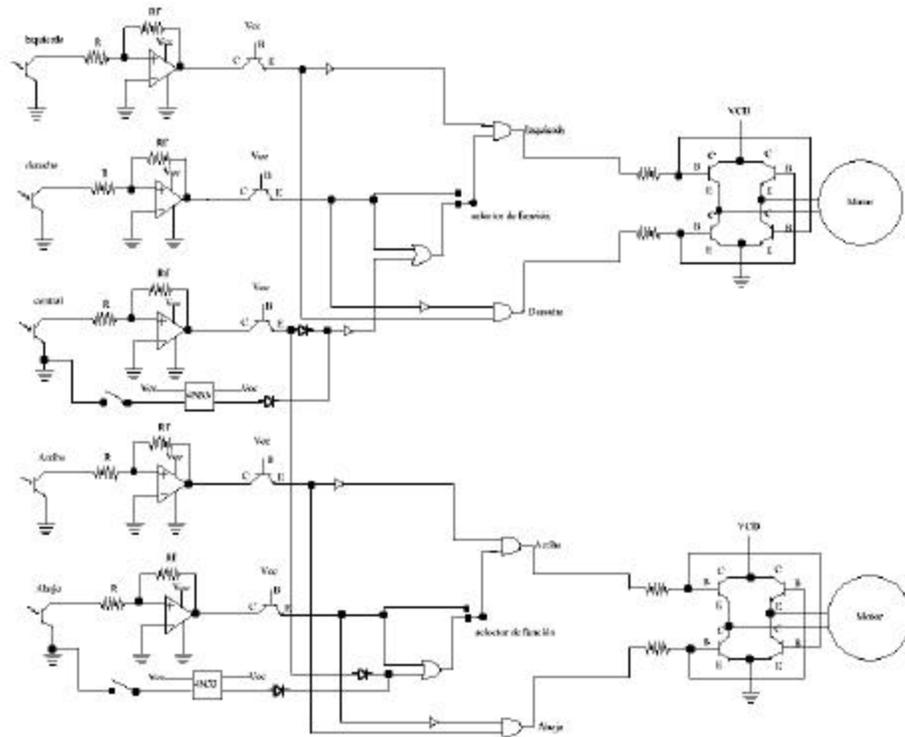


Figura 3.23: Circuito final integrando todos los elementos y que es utilizado en este prototipo.

Integración de partes electrónicas

Este apartado principalmente trata la integración de los elementos electrónicos en las placas fenolicas así como el cableado y las interfaces útiles; dado que el circuito electrónico final se construyo y termino en el inicio de este capitulo solo se procederá a mostrar el diagrama o circuito impreso realizado en PCB para su elaboración, impresión y soldado de elementos electrónicos e interfaces.

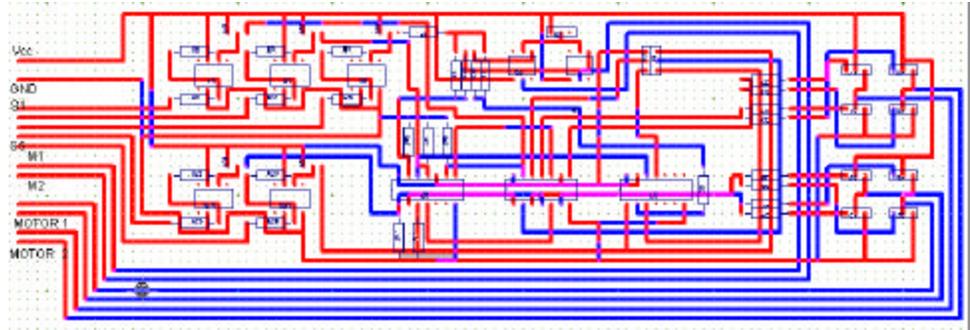


Figura 3.24: Circuito final realizado en el programa PCB para su impresión en tarjetas fenolicas con todos los elementos utilizados en este prototipo.

Para finalizar el diagrama a bloques expuesto en la grafica 3.3 en la integración de elementos electrónicos, se integrara a el circuito impreso, realizado en el programa PCB que muestra finalmente la disposición de elementos electrónicos, y a su vez se incluye la disposición de cableado e interfaces para la conexión con el prototipo.

Interfaces.

Integrando los conectores tipo DB.

Se utilizan interfaces de computadora conocidas como conectores DB, los cuales nos permiten manipular o desarmar el prototipo de la circuitería para fines prácticos.



503 0025 DS-25P

Plug 25 Posiciones



503 0030 DS-25S

Receptáculo 25 Posiciones

Figura 3.25: Conectores tipo DB utilizados para facilitar el manejo y diagnóstico.

El conector DB25 macho, es utilizado para realizar las conexiones provenientes de la placa fenólica colocada en el prototipo y que maneja las señales eléctricas provenientes de los fotosensores.

En conjunto es utilizado un conector DB25 hembra el cual lleva estas señales hacia el circuito impreso que maneja las señales electrónicas y entrega las respuestas para el cual fue diseñado.

Integración de elementos mecánicos.

En esta etapa se procederá a conocer cada una de los elementos mecánicos o físicos que componen al prototipo, conociendo sus dimensiones así como la forma en la cual se fue integrando para dar como resultado el prototipo final.

Cabe mencionar que este prototipo contó con varias modificaciones dado a los diversos problemas que se presentaron o a las diferentes alternativas con las que se contaba para solucionar ciertos detalles de implementación o funcionamiento; en la siguiente figura se muestra un bosquejo del diseño que se deseaba obtener.

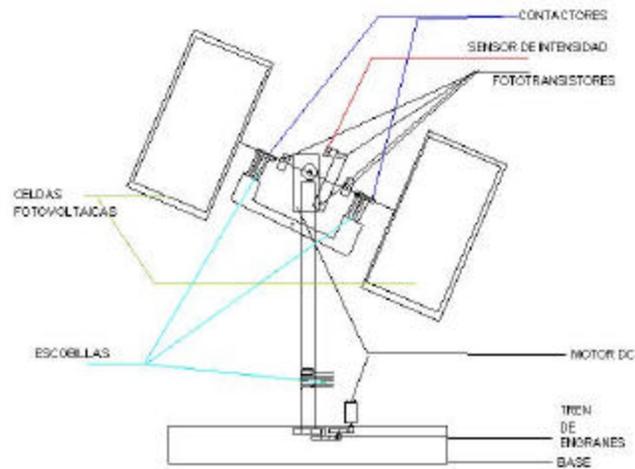


Figura 3.26: Bosquejo de prototipo planeado para la realización del proyecto.

PROPUESTA

Servomecanismos

Motor eléctrico de Corriente directa

Los motores empleados para este prototipo son de CD empleados comúnmente para cepillos de dientes eléctricos o bien juguetes, los cuales su voltaje mínimo de funcionamiento es de 0.63 a 0.86V y con un consumo entre 0.55 y 0.73 mA.



Figura 3.27: Vistas del motor eléctrico de CD utilizado en el prototipo.

Alto	1.5 cm
Ancho	2 cm
Largo	3.5 cm
Diámetro de eje	3 mm.
Peso	70 gr.

Tabla 3.12: Tablas de dimensiones del motor de DC.

PROPUESTA

Tren de engranes

Con el objetivo de ampliar la potencia mecánica y reducir la velocidad de acción del motor, se implementan con engranes plásticos tipo lineal acoplados a los motores de corriente directa, los cuales proporcionaran una relación de transferencia entre velocidad y potencia, la realizada en este prototipo se definió por la cantidad de peso que se tenía en los dispositivos que estos soportarían.

Ejes y soportes.

Los ejes de rotación o soportes están hechos de materiales metálicos, y hacen girar la resultante del par cinemático proveniente del tren de engranes así como proporcionan el soporte para los mecanismos y elementos electrónicos utilizados en este prototipo.

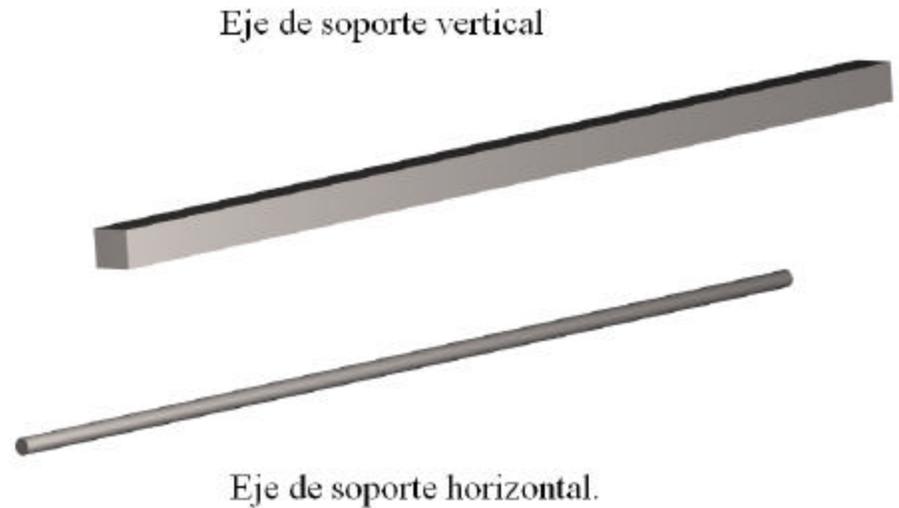
Se encuentran en conjunto con una serie de valeros los cuales cumplen la función de proporcionar el centro de gravedad y son aprovechados a su vez para conducir las señales eléctricas provenientes de los sensores así como enviar señales a los servomecanismos o motores.

Los postes de los ejes de rotación tienen en este proyecto una tarea primordial, dado que a través de estos podemos hacer el cierre de circuitos a tierra, por lo cual están interconectados con ésta como si fuera una tierra física o común del circuito.

Los valores se encuentran aislados de estos postes, a excepción de uno de ellos que es el que conduce hacia tierra o neutro de nuestra fuente de alimentación.

A continuación se muestra el esquema de las piezas antes mencionadas.

PROPUESTA



Eje	Horizontal	Vertical
Alto		32.5 cm
Ancho		0.7 mm
Largo	35cm	0.7 mm
Diámetro de eje	2.0mm.	
Peso	130gr.	500gr

Tabla 3.13: Tablas de dimensiones de los ejes de rotación y soporte.

Acrílico

El acrílico es utilizado para la realización de la base del soporte, así como para el contenedor del tren de engranes y piezas varias en el prototipo.

Se utiliza acrílico de 3mm transparente, en algunos casos tales como el soporte de los fototransistores este se pega para obtener 6mm y se monta sobre el soporte horizontal.



Dimensiones	Alto	Largo	Ancho
Soporte fototransistor izquierdo y derecho	2.5cm	0.8cm	6mm
Soporte fototransistores arriba abajo y sensor de magnitud	10.5cm	0.8cm	6mm
Cruceta horizontal	14.5cm	2.5cm	3mm
Cruceta vertical izquierda y derecha	7.0cm	2.5cm	3mm
Base superior e inferior	20.8cm	13.5cm	3mm

Tabla 3.14: Tablas de dimensiones de los ejes de rotación y soporte.

PROPUESTA

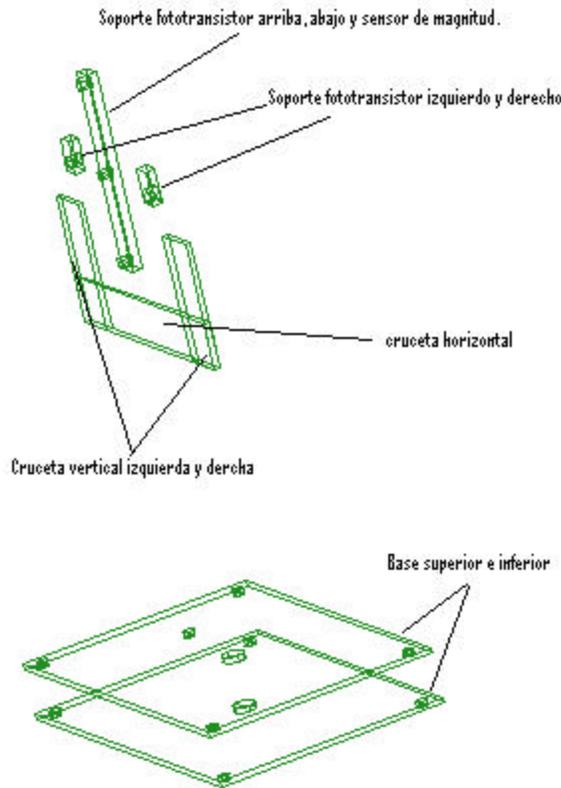


Figura 3.29: Cortes y posiciones de material acrílico de 3mm utilizado en el prototipo.

**Contactos eléctricos
(tres posibles opciones)**

Para el manejo de las señales electrónicas en giros de mas de 360 grados fue necesario adaptar algún dispositivo que transmitiera las señales provenientes de los sensores o fototransistores hacia la parte electrónica, sin perder contacto, para esto fueron analizados tres métodos



Escobillas

Elemento conformado por círculos concéntricos colocados en los postes o soportes a los cuales se les añade una tira metálica que los envuelve (pero no los sujeta) y a su vez estos se fijan en una placa fenolica los cuales mantienen siempre el contacto físico y por lo tanto la transferencia de las señales, mientras que los anillos giran a su vez que lo hace el eje.

Discos

Se realizo dos impresiones en placa fenolica de 9 anillos concéntricos , los cuales se colocaron cara a cara para mantener el contacto entre la impresión de cobre en cada lado, sujeto uno de estos al poste o eje el cual gira libremente a la par y el otro se mantiene fijo en una posición.

Valeros

Los valeros tienen la finalidad de establecer el contacto eléctrico de los circuitos o señales electrónicas provenientes de los fototransistores, así como el manejo de las señales o voltajes de corriente tales como tierra o neutro así como los voltajes necesarios para uno de los motores que ejecuta el movimiento de arriba – abajo.

PROPUESTA

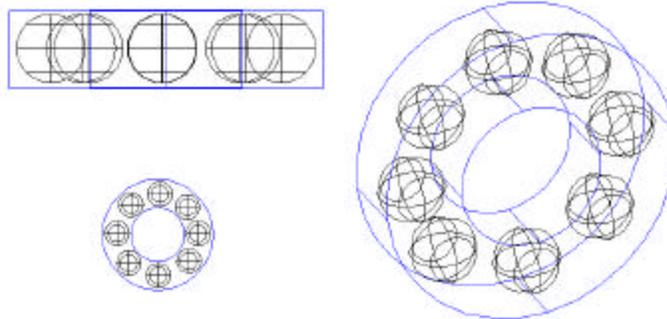


Figura 3.30: Vistas de los valeros utilizados en el prototipo.

Valero	Horizontal	Vertical
Diámetro ext.	1.5 cm.	2.2 cm.
Diámetro int.	0.7 cm	0.9 cm
Ancho	0.5 cm	0.6 cm
Peso	100gr	150gr

Tabla 3.15: Tablas de dimensiones de los valeros horizontales y verticales.

PROPUESTA

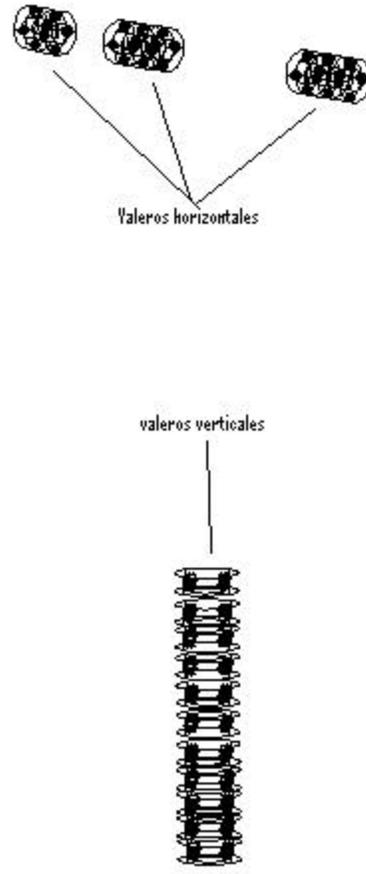


Figura 3.31: Disposición de los valeros horizontales y verticales, utilizados como contactores o transmisores de las señales electrónicas.

Placas fenolicas

Las placas fenolicas además de servir para realizar los circuitos impresos del prototipo, sirvieron para realizar las juntas entre los ejes y los valeros, así como los contactos de soldadura hacia las interfaces.

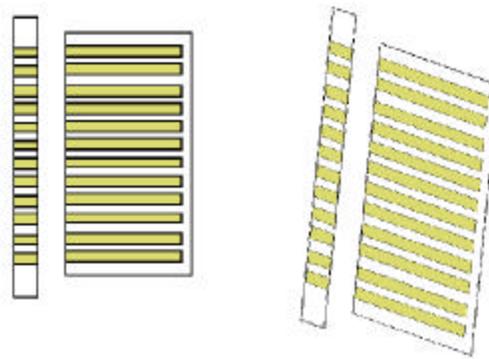


Figura 3.32: Vistas de las placas fenolicas utilizadas en el prototipo.



Dimensiones	Alto	Largo	Ancho
Fenolica horizontal izquierda.	7 cm.	2 cm.	1mm
Fenolica horizontal izquierda.	1.5 cm	2 cm.	1mm
Fenolica vertical juntura	11 cm.	0.9 cm	1mm
Juntura vertical conectores DB.	10 cm	5.5 cm	1.5 mm

Tabla 3.16: Tablas de dimensiones de las placas

PROPUESTA

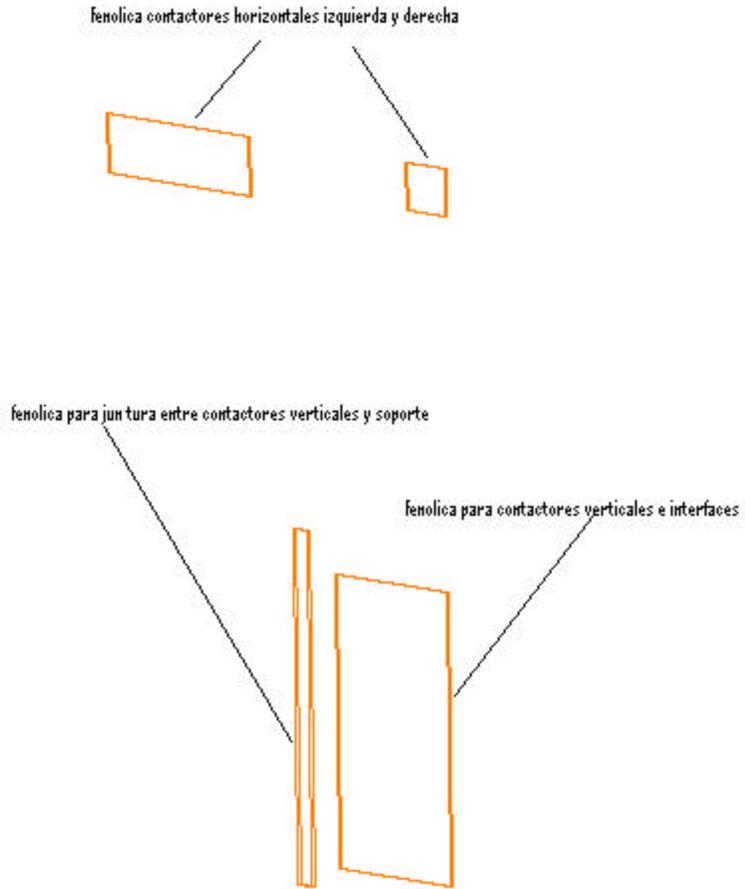


Figura 3.33: Disposición y ubicación de las placas fenolicas utilizadas en la realización del prototipo.

Manufactura del prototipo de orientación

En este apartado se tratara el como se consigue el armado y diseño del prototipo planteado, especificando cada uno de los pasos a seguir, incluyendo los problemas enfrentados y sus soluciones.

Planteamiento del diseño

Inicialmente la parte mas importante era el especificar el tipo de dispositivo mecánico que llevaría a cabo la tarea de orientación, debido a que la parte electrónica, es prácticamente estable y va en función al mecanismo.

Integración de los elementos

Para fines prácticos, dividiremos la manufactura del prototipo en dos partes, que son; las partes mecánicas y las electrónicas.

Integración de partes mecánicas.

El prototipo es prácticamente una cruz con la parte horizontal mas elevada de lo normal, formado por dos ejes, a los cuales se les colocan correspondientemente los servomecanismos formados por motores y tren de engranes, para realizar los movimientos necesarios (2 grados de libertad) de forma independiente y simultanea, permitiéndonos girar libremente mas de 360 grados alrededor de sus ejes, es decir no tendremos limitantes en cuanto a la cantidad de giros que este prototipo tenga que dar, y que a su vez sirven de soporte para los elementos tales como celdas fotovoltaicas, 5 fotosensores 1 sensor de retorno, y los valeros que sirven de contactores eléctricos.

Armado de la base de acrílico y el tren de engranes para el movimiento izquierda – derecha.

Se cortan dos partes de acrílico exactamente de las mismas dimensiones, las cuales nos servirán para albergar al primer tren de engranes, sujetas entre ellas a través de tornillos estándar de 2" y con tuercas cuadradas para dar la separación precisa entre ellas (estos tornillos son cortados a la medida).

Se realizan perforaciones agregando el motor de forma vertical con el poste o eje hacia abajo el cual hace contacto con el tren de engranes diseñado para conformar así el par cinemático que llega hasta el engrane final sobre el cual esta montado el eje, poste o soporte del prototipo.

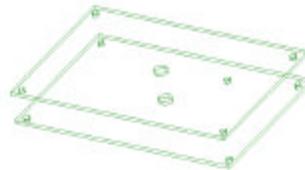


Figura 3.34a

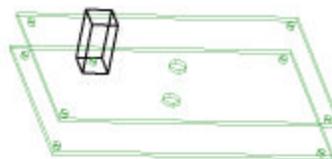


Figura 3.34b

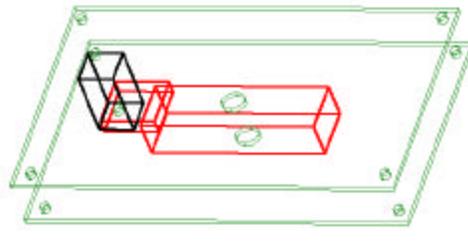


Figura 3.34 c

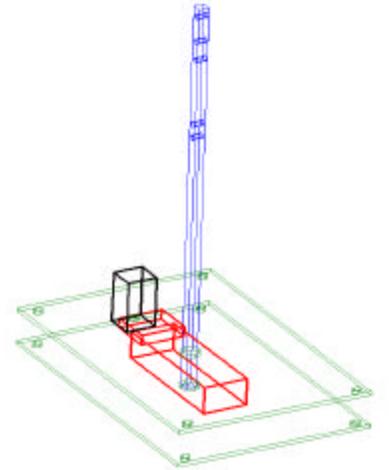


Figura 3.34 d

Figura 3.34: a) disposición de las placas de acrílico utilizadas como base. b) Integración del motor que realizara giro de izquierda a derecha. c) Colocación de el servomecanismo o tren de engranes dispuesto para el prototipo. d) colocación del eje de rotación y soporte vertical.

PROPUESTA

Agregando placa fenolica y valeros contactores al soporte vertical

El soporte vertical recibe a los valeros contactores verticales que irán separados del eje a través de la placa fenolica y que a su vez sirve de aislante entre estos y como terminal para soldar los cables que llevaran la señal específica.

Cabe mencionar que la placa fenolica aísla del contacto entre los valeros y el poste o soporte vertical, al mismo tiempo sirve para que los valeros ajusten exactamente al tamaño necesario dado que la diferencia entre diámetros es de 2 cm., de acuerdo a las dimensiones proporcionadas anteriormente; esta placa fenolica a su vez lleva cortes y cables soldados hacia los elementos que son requeridos, pasando entre los espacios dejados entre el balero y el soporte.

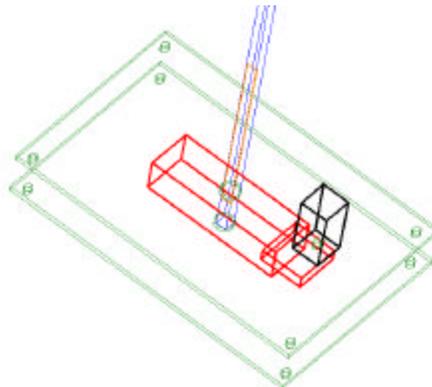


Figura 3.35a

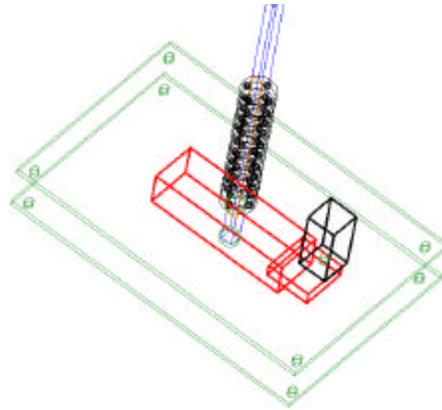


Figura 3.35 b

Figura 3.35: a) Colocación de la placa fenolica aislante y de ajuste al porte vertical y valeros. b) Integración de los valeros verticales contactores.

PROPUESTA

Armado de eje horizontal, colocación de valeros horizontales, servomecanismo de movimiento arriba – abajo y montaje de fotosensores.

Una vez colocado el eje vertical, se procede a montar el eje horizontal, así como los fototransistores y demás elementos para permitir la configuración necesaria para el funcionamiento del prototipo.

Se realiza el montaje de las partes como se muestra en las graficas siguientes.

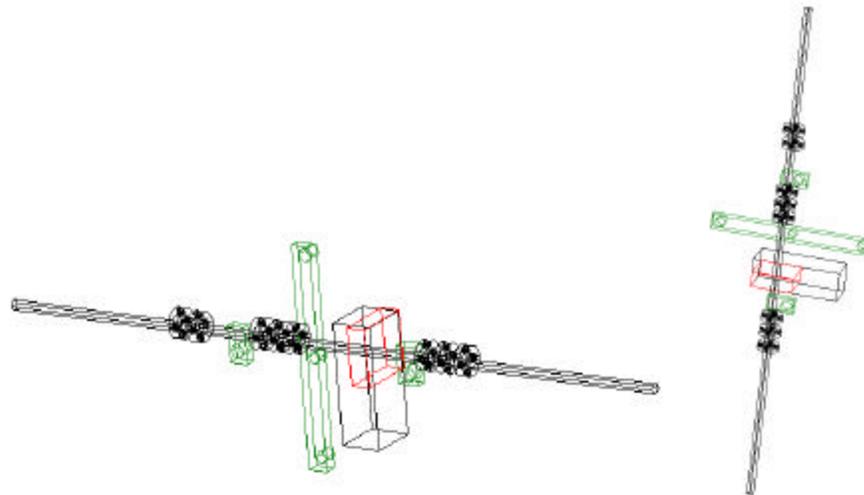


Figura 3.36: Vista del soporte horizontal, integrando servomecanismo arriba – abajo; soportes para fotosensores; y valeros contactores verticales.

Como se observa en este eje van montados el servomecanismo o tren de engranes, el motor de movimiento hacia arriba hacia abajo, los soportes para los 5 fototransistores utilizados además de los valeros que cumplen la función de contactores para el manejo de las señales electrónicas.

Cabe mencionar que estos contactores se encuentran aislados entre el eje que los soporta y los mismos valeros, por medio de el mismo cableado que se conecta a estos y a través de cinta de aislar, finalmente se sellan o se fijan con pegamento Loctite.

El soporte horizontal también se encuentra en contacto con el eje vertical, dado que este pasa por una perforación del eje vertical y una escobilla de cobre se encuentra en contacto en todo momento con ambos ejes.

Finalmente se muestra el prototipo con todos los elementos antes mencionados agregando algunos otros elementos secundarios obviados por la naturaleza de su utilidad.

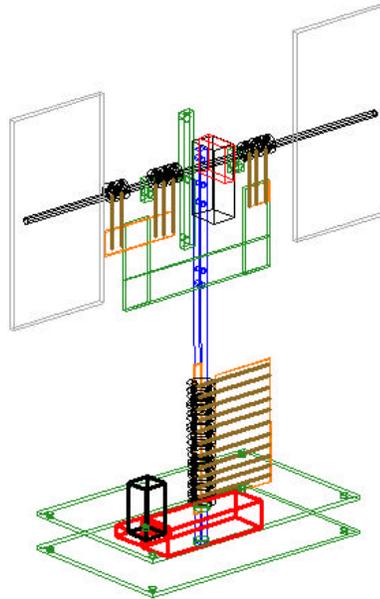


Figura 3.37: Vista final del prototipo incluyendo cada etapa y elemento comentado anteriormente.

Manejo de cableado

Una vez ya armado el prototipo es necesario, llevar a cabo el manejo y soldadura de los cables que nos permitirán llevar las señales hacia el circuito electrónico que manejara los servomecanismos, como se ha observado en la integración de los elementos estas señales prácticamente proveerán de la información para el funcionamiento de toda la etapa electrónica 7 cables de señal principalmente hacia el circuito, 4 de ellos hacia los servomecanismos 1 para el manejo del voltaje proveniente de las celdas fotovoltaicas y el común o tierra.

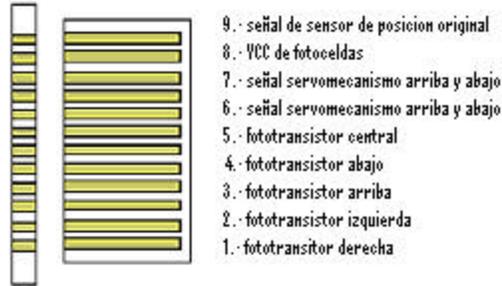


Figura 3.38: Placas fenolicas y su manejo o disposición de señales electrónicas.

Adicionalmente el valero colocado en la parte inferior de la base se encuentra conectado a el soporte vertical el cual maneja la tierra o común del circuito.

PROPUESTA

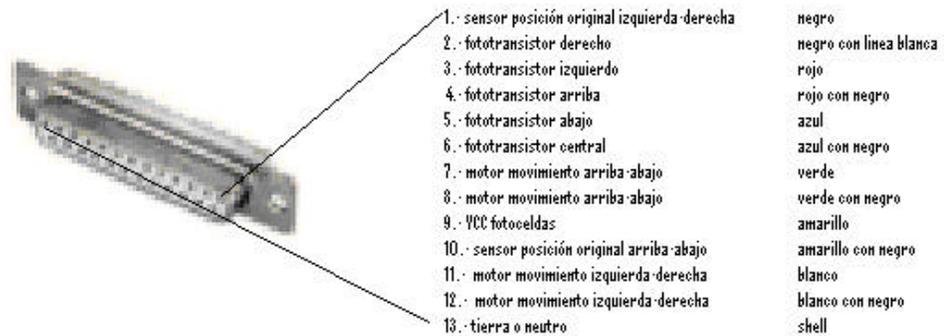


Figura 3.39: Disposición de las señales que se manejan en el conector DB9 Hembra y Macho.

Como se desea que el prototipo apunte directamente a una fuente de luz, se considero que en las condiciones normales, esta aparece de oriente a poniente, por lo cual se requería que este contenga un sensor (magnético) el cual será el punto inicial de partida o de retorno a la posición original, siendo móvil o ajustable con el objeto de recalibrar o ajustar el punto de partida.

Por lo cual por el motivo antes expuesto se agrega el cableado necesario para el manejo de esta señal.

Integración de etapa de alimentación

Celdas solares

Para este prototipo se estudiaron 2 tipos de celdas solares comerciales marca steren modelo PS-815 y PS-723 cuyas características se analizaran a continuación y el por que se lleva a cabo la selección de una de estas dos.

Ambas celdas solares están hechas de sílice, un material natural, tienen una alta respuesta sobre un ancho largo de longitud de onda; el valor de voltaje y corriente producido por las celdas puede incrementarse dependiendo de su conexión en serie y en paralelo, colocadas directamente a la luz del sol, tienen una respuesta mayor en su funcionamiento, o bien con una fuente de luz artificial incandescente de 100 W colocada aproximadamente entre 10 y 15 cm., obteniendo así su máximo desempeño como si fuera expuesta a la luz solar, y esto con el objeto de no dañar la celda y no por más de 3 minutos, este módulo puede trabajar solo con luz de día, no existiendo limitante en la cantidad de voltaje y corriente obtenida por estas, dependiendo de su configuración o conexión.

El mantenimiento en estas celdas, es solo limpieza con trapo suave y limpiador de vidrios, con el objeto de mantener su óptima recepción de luz y no rayarles.

La diferencia entre los dos modelos de celdas propuestas se resumen en el siguiente cuadro comparativo.

Modelo/características	PS-815	PS-723
Dimensiones	6x9 cm	12x9 cm
Cantidad de celdas	1	3
Máximo voltaje	1.2V	4.5V
Máxima corriente	400mA	300mA
Observaciones	Valor individual	Valores dependiendo de cómo se conecten las tres celdas que integran al módulo

Tabla 3.17: Tabla comparativa de las características de las celdas fotovoltaicas analizadas.

De la tabla 3.17 antes expuesta, podemos comentar que en cuestión de dimensiones y cantidad de voltaje y corriente que se puede obtener de estas, se selecciona el modelo PS-815 para los propósitos expuestos en el diseño del prototipo.

De lo anterior se colocan 35 celdas fotovoltaicas que se encontraran conectadas de la siguiente manera 6 de estas se conectaran en paralelo con el objeto de proporcionarnos el voltaje de 6 volts y 6 módulos de 6 celdas se conectaran en serie, que proporcionaran la corriente de 2.4 A requeridos por el circuito diseñado y la carga de respaldo.

La configuración antes comentada se debe a que el prototipo contara con una batería de 6V y 7A, la cual se recargara a través de este conjunto de celdas fotovoltaicas, así como el circuito del prototipo requiere de 5.4 volts y 300mA de alimentación como carga máxima en operación mayor.

Circuito Inversor

Los circuitos inversores tienen la finalidad de transformar o convertir la energía en corriente directa o corriente continua en corriente alterna, para ser aprovechada por equipos, tales como televisiones, radios, computadoras e incluso motores, en los cuales su funcionamiento es a la inversa, que la de un eliminador de baterías, el cual convierte a la corriente alterna en directa.

Cabe mencionar que estos circuitos pueden ser tan eficientes como se deseen, y dependen de los elementos electrónicos con que este diseñado; en concreto, la potencia de estos depende de los elementos que lo integran.

Dado que la magnitud de la corriente y voltaje son menores y se requiere que estos proporcionen una magnitud mayor y una mayor corriente, la fuente inicial de alimentación tiene una mayor demanda y por ende una menor duración.

Es importante comentar que a pesar de que los dispositivos comerciales comunes tales como electrodomésticos funcionan en su mayoría con corriente directa y en magnitudes no máximas de 12 o 24 volts, a excepción de lavadoras, bombas de agua y refrigeradores (algunos de los tres últimos aparatos electrodomésticos ya se están fabricando con motores de dc. en su mayoría las lavadoras), por lo cual sería incongruente o ilógico que al obtener energía eléctrica de la transformación solar se tenga que acondicionar con inversores para que internamente se vuelva a transformar en dc.

El objetivo de proponer este circuito es demostrar que aun con ciertas limitantes, esta energía puede ser aprovechada por cualquier elemento eléctrico o electrónico diseñado en la actualidad.

El circuito propuesto a continuación solo forma parte de los elementos con los que se puede acondicionar este prototipo, y no es parte primordial del funcionamiento del diseño propuesto, solo se comentara que este circuito requiere 6 volts de entrada con una corriente de 500mA para proporcionar 127 volts a 0.5A .

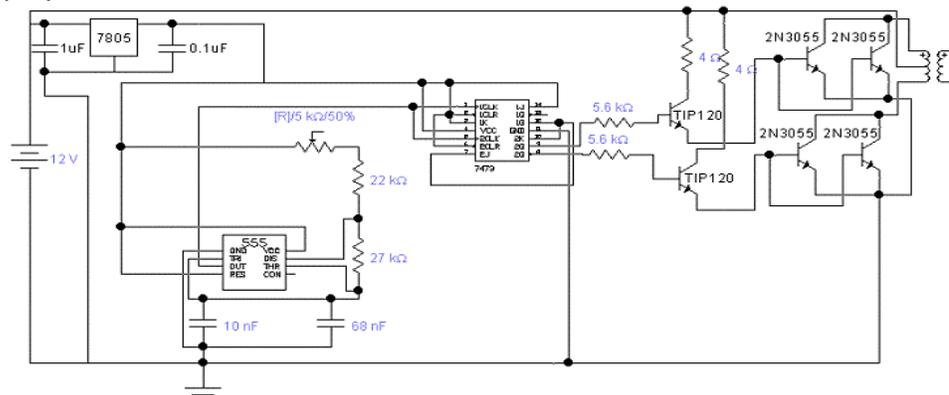


Figura 3.40a

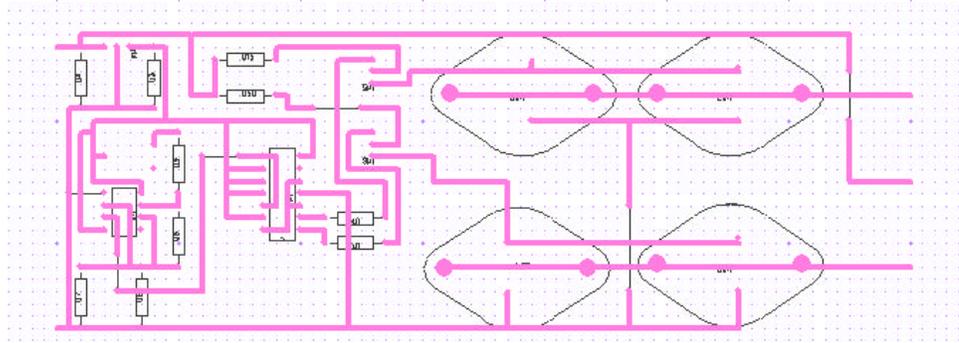


Figura 3.40b

Figura 3.40a muestra el circuito utilizado como inversor para obtener con este 127VAC. Figura 3.40b muestra el circuito impreso realizado en el programa PCB.

PROPUESTA

Circuito Cargador de baterías.

Este es otro circuito adicional, se puede implementar con el prototipo y tiene la finalidad de cargar y recargar energía en las baterías, para que estas proporcionen energía al circuito en caso de ausencia de luz solar durante la noche o bien cuando este lo requiera.

Accesibilidad para encontrar los elementos

Para la realización de este proyecto se consideraron materiales mecánicos y electrónicos de uso común, los cuales pueden ser adquiridos en el mercado, y su costo es mínimo, por lo cual no causaría ningún problema para conseguir refacciones.

Quizás vale la pena mencionar que el inconveniente en este proyecto es la adecuación de estos materiales, es decir la implementación, debido a que en el transcurso o realización de el prototipo se fueron adecuando estos materiales y cambiándose continuamente hasta mejorar el funcionamiento, u obtener los resultados deseados.

Este caso es específico para los ejes metálicos que van sujetos a los servomecanismos y que sujetan a la estructura en general, otro caso lo tenemos con las escobillas originalmente propuestas con el objeto de permitir que el dispositivo tuviera un libre giro y que este pudiera ser mayor a los 365 grados de rotación; y que a final del prototipos fueron cambiados por diferentes elementos, hasta llegar al resultado; deseado, estos cambios, se encuentran documentados en el apartado de desarrollo de prototipo y se profundizara mas en él, por que se realizaron dichas modificaciones o cambios.

Aun cuando se comenta este tipo de situaciones, vale la pena reiterar que todos y cada uno de los elementos si pueden ser conseguidos de manera comercial.

Costos de los elementos

A continuación se enlista cada uno de los elementos empleados, sus cantidades, así como su costo real.

PROPUESTA

Elemento	Utilidad	Cantidad	Precio unitario
Fototransistor	Sensor de orientación	5	10
Lm741	Amplificación de señales	5	5
2n4403	Amplificación de corriente	5	7
R de 330	Atenuación en entrada lógica	8	0.25
R de 120	Atenuación en sensor magnético	2	0.25
TIP 41A	Modulo de potencia en "H"	8	7
74ls08	Etapa lógica	1	4.94
74ls04	Etapa lógica	1	4.94
Motores de dc	servomecanismos	2	25
Engranés	servomecanismos	8	10
Valeros de 1"	Contactos verticales	8	15
Valeros de ½"	Contactos horizontales	5	10
Acilico	Armado de base y crucetas	50 cm"	150
Placa fenolica	Circuito impreso	20x15	50
74ls32	Etapa logica	1	6
Eje horizontal	Soporte horizontal	1	25
Eje vertical	Soporte vertical	1	10
74ls73	Circuito inversor	1	6.9
Ne555	Circuito inversor	1	4.37
7805	Circuito inversor	1	4.94
2n3055	Circuito inversor	1	23
Tip 120	Circuito inversor	2	5.52
R 5.6K 1/2W	Circuito inversor	1	0.25
R 22K 1/2W	Circuito inversor	1	0.25
CE 1m 50v	Circuito inversor	1	1.5
CE 10MF 50V	Circuito inversor	1	2
R 3 ^E 9 ½	Circuito inversor	1	0.25
Potenciometro 5K	Circuito inversor	2	1.5
Capacitor 0.1 mf	Circuito inversor	1	2
4n32	Acoplamiento de sensor de retorno	2	10
Sensor magnético	Sensor de retorno	2	15

Elemento	Utilidad	Cantidad	Precio unitario
Batería de 6 v a 7 A	Almacén de energía	1	100
Transformador 1/20	inversor	1	35
Fotoceldas	Recepción de energía	36	60
Switch 1 polo 2 tiros	Cambio de modalidad	2	10
Interfaces DB25	Conexión prototipo-circuito	2	5

Tabla 3.18: Costos individuales de cada uno de los elementos utilizados en el prototipo.

Costos finales

Los costos finales son resumidos como la suma de todos los elementos eléctricos, electrónicos, mecánicos y otros utilizados en la implementación del prototipo, se agrega un porcentaje del 20% adicional por cualquier situación o gasto de adecuación de material o materiales, así como posibles gastos de transporte para su adquisición, este porcentaje se toma en aproximación, para tomar una referencia, dado que para este prototipo fue completamente realizado a mano en su totalidad sin la necesidad de recurrir a empresas especializadas, para la realización de piezas especiales o hechas a la medida por algún tercero.

Costo materiales	\$3,153.88
Incremento del 20%	\$3,784.65

Tabla 3.19: Costo final del material empleado para la construcción del prototipo.

Problemas y soluciones en la implementación del prototipo

Los principales problemas encontrados en este diseño, fueron las adecuaciones mecánicas y contactos necesarios para el manejo de las señales electrónicas.

Contactos electromecánicos

Como se podrá observar en el prototipo final, los valeros se utilizaron para mantener el contacto eléctrico entre los fototransistores y las terminales finales para llevar la señal de estos hacia los circuitos para el manejo y su transformación.

Cabe señalar, que se realizaron tres cambios en la propuesta, dado que los anteriormente estudiados no satisfacían las necesidades o bien su funcionamiento no fue el óptimo.

El primer diseño integro roscas metálicas lisas unidas a través de cables hacia los fototransistores y montados sobre un lápiz con el centro hueco; los contactos hacia la circuiteria se llevo a cabo con escobillas metálicas que rodeaban a los anillos, sin embargo, debido a la falta de un centro

perfecto, es decir, a la falta de precisión de rodamiento sobre un eje rígido, éstos perdían contacto sobre las escobillas y por lo cual se perdía la señal para que el circuito trabajara.

La segunda propuesta se llevo a cabo con dos placas fenolicas impresa con anillos concéntricos las cuales al girar mantenían contacto con sus propios anillos, para la misma finalidad antes mencionada, se presento que al realizar la impresión la placa fenolica se deforma o bien con el calentamiento o transportación por lo cual esta se encontraba pandeada en ciertas áreas teniendo como consecuencia también la perdida de contacto y por lo cual la perdida de la misma señal antes mencionada.

Al final el prototipo funciono con los valeros que se describieron en la etapa de integración, dándonos el resultado esperado.

PROPUESTA

Postes de soporte y centro de giro.

Originalmente los postes se habían implementado con alambre rígido (tomado de ganchos de ropa), pero al utilizarse o cambiarse los contactos eléctricos, como se menciona anteriormente, se tubo la necesidad de cambiar, por lo menos el poste vertical, para obtener un mayor relleno al diámetro de los rodamientos, sin embargo, al implementar este la varilla horizontal sufrió varios dobleces por lo que no se pudo acondicionar nuevamente ya que quedo muy torcido y su giro muy oscilante.

Las solución al primer poste se llevo a cabo cambiándolo por un eje de una impresora de matriz de puntos sobre el cual corre el cabezal, sin embargo, ahora el problema esta en como montar los valeros sin que estos hicieran contacto sobre el poste, también metálico, esto fue resuelto con una placa fenolica, que aumento el ancho del poste lo necesario como para que el balero quedara en la posición deseada, así como aislante entre el poste y el balero.

Para el segundo caso del poste o eje fue aun mas complejo por dos situaciones, una de ellas el poste al ser retirado del conjunto de engranes al cual estaba adherido, agregando el diámetro y ya no podía ser sustituido pos otro igual, dado que aumentando el centro del engrane que lo soportaba, no podía utilizarse un poste con mayor diámetro dado que los valeros horizontales eran muy chicos como para montarse en un poste como el utilizado en el vertical.

Se consigue una varilla de soporte, utilizada en organizadores verticales de cableado estructurado quedando mas adecuado para los fines.

Capítulo 4

Resultados

RESULTADOS

Como se ha apreciado en los capítulos anteriores, se tiene como resultado un prototipo cuyas características, elementos o componentes y costos son sencillos y baratos, con un ejemplo de aplicación práctica comercial, sin embargo este mismo dispositivo, puede ser utilizado para diversas aplicaciones, tales como orientador hacia señales electromagnéticas, alimentación de energía eléctrica en sondas espaciales que viajen a través del espacio y el universo, calentadores solares, y algunas otras para los fines que los lectores puedan implementar, a su vez comentamos que este diseño, puede variar en su configuración e incluso de ser de utilidad integrarse en una sola pastilla para reducir el consumo de energía, tamaño y para facilitar su manejo.

También se puede incluir desarrollo de interfaces para su manejo a través de una computadora y programas visuales, orientado a objetos o propósitos adicionales a los realizados este trabajo.

Las modalidades de operación de este prototipo, son para poder apreciar la facilidad y versatilidad de adaptarse a cualquier otro diseño electrónico, que responda a características de diseño específicas dado que este proyecto puede ser implementado incluso con interfaces para equipo de computo, y así mismo a través de programas gráficos, monitorear su comportamiento (posición), así como su desempeño.

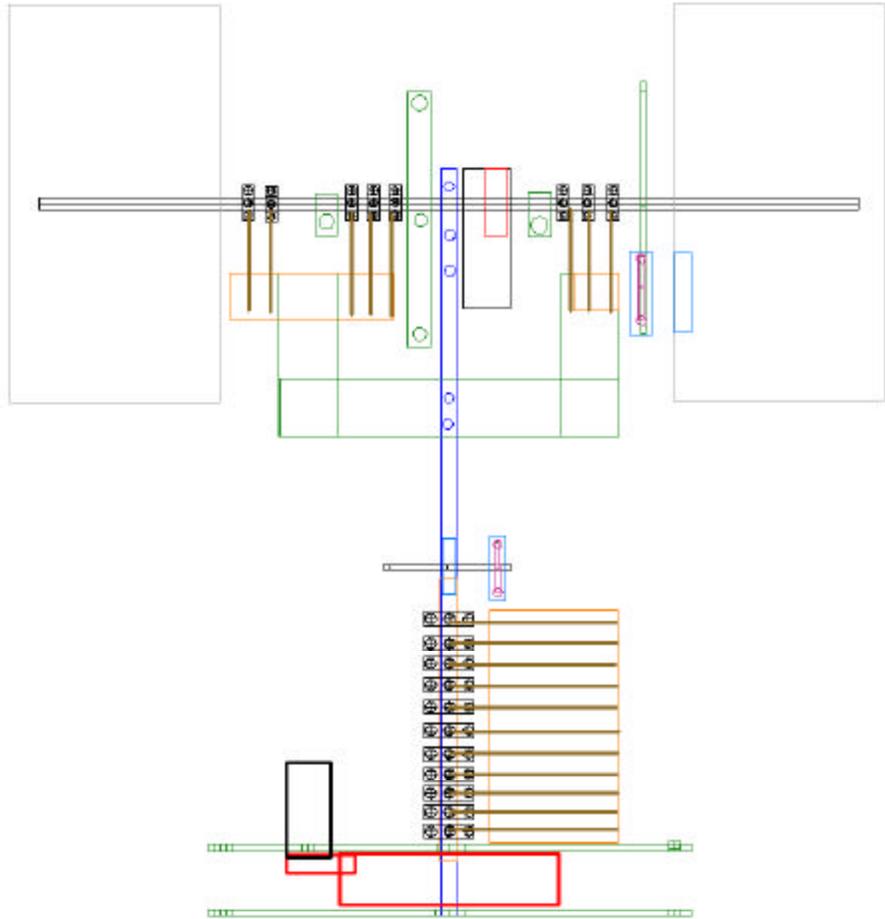
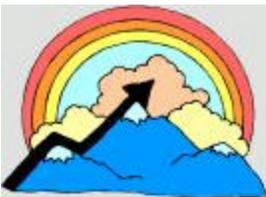
La elaboración de este trabajo se realizo pensando en medios electrónicos útiles para la utilización de energía alterna que aumenten la obtención de esta a través de orientación hacia la fuente de manera automática y de bajo consumo; que a diferencia a la ocupada comúnmente, tales como los hidrocarburos o los combustibles que llevan a cabo una combustión y por ende contaminación y que afectan a nuestro medio ambiente, aumentando la temperatura y cuyos desechos de producción son mas perjudiciales que benéficos para la vida en nuestro planeta.

La eficiencia respecto a una celda sin orientar fue comprobada y resumida en aproximadamente dos horas mas de servicio en línea, dada el beneficio de dicha orientación, como se pudo concluir la alimentación de este dispositivo es mínima y lo mejor es que consume energía de la que se obtiene.

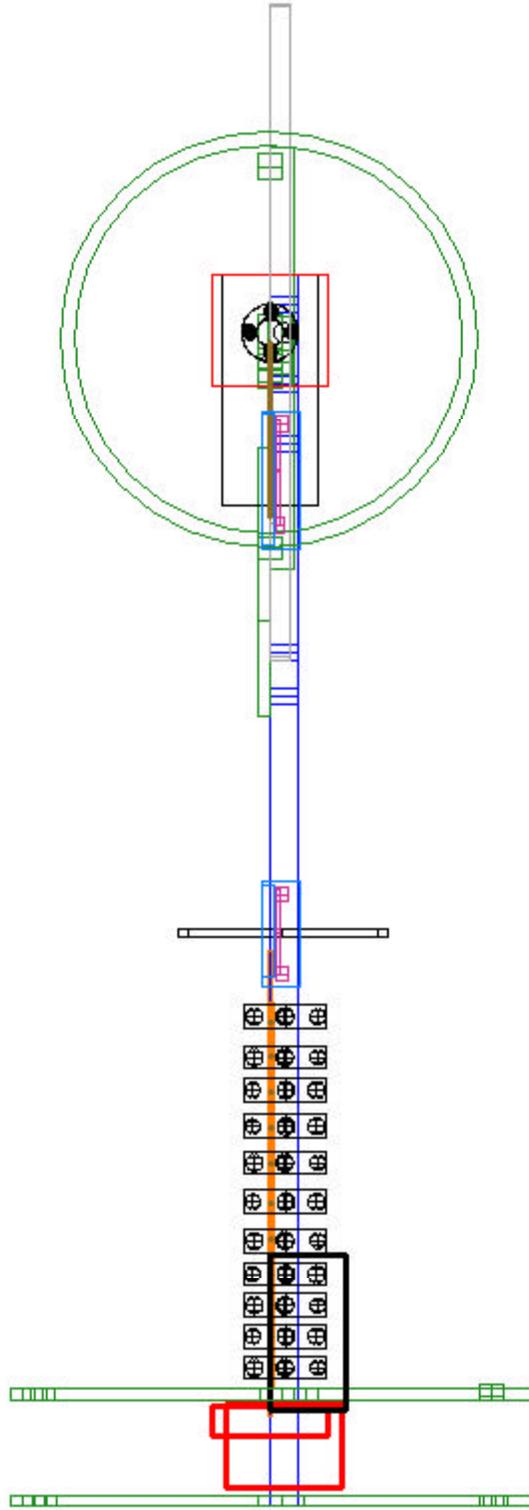
La manera en la cual este prototipo puede ser aprovechado o implementado queda en manos de los lectores y de la propia Facultad de Estudios Superiores en el campus Aragón.



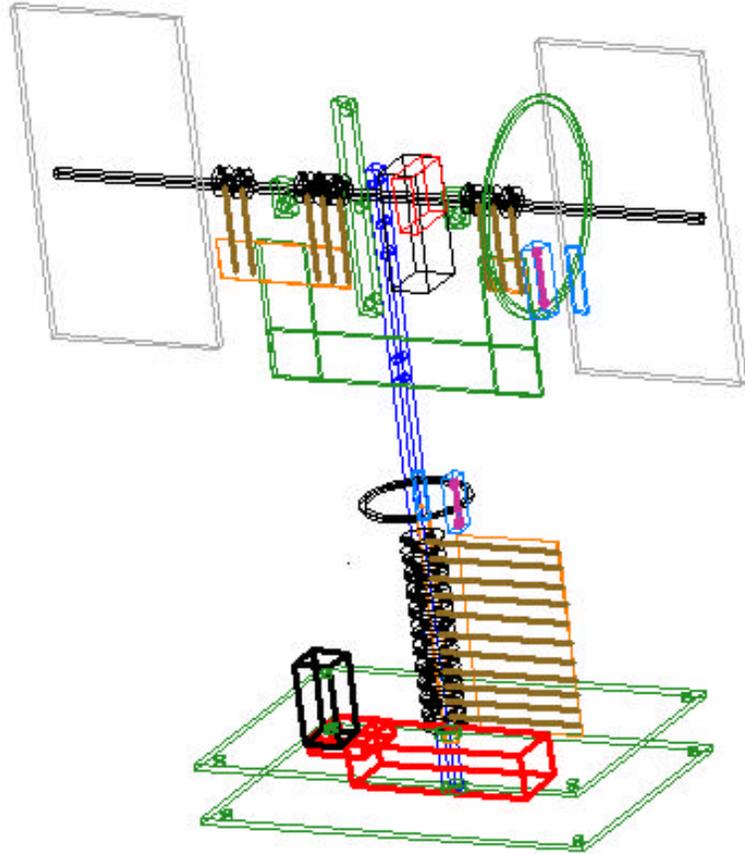
RESULTADOS



RESULTADOS



RESULTADOS



Bibliografía



BIBLIOGRAFÍA

Acosta Rubio, José.
Energía solar: utilización y aprovechamiento.
Editorial Paraninfo
Madrid , 1983.

Centro de Estudios de la Energía.
El sol, un viejo conocido: introducción a la energía solar.
Editorial Centro de Estudios de la Energía
Madrid , 1982.

Centro de Estudios de la Energía Solar.
La energía solar: aplicaciones prácticas.
Editorial Promotora General de Estudios
Sevilla, España, 1993.

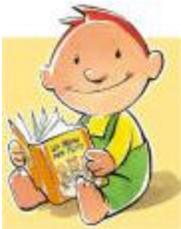
Dickson, D.
Tecnología alternativa.
Editorial
Barcelona, España, 1980.

Nestor Quadri.
Energía fotovoltaica.
Editorial Alsina
Buenos Aires, no. 162 junio 2003.

Luis Echarri.
Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente
Editorial Teide
España, 1998.

BRIDGMAN, HOWARD A.
Global air pollution: Problems for the 1990s.
Editorial John Wiley & Sons Limited
Inglaterra, 1990.

Everardo Hernández
Atlas de la República Mexicana
Universidad Veracruzana, Universidad de Colima, 1991



Martínez, Manuel y Nora Montes
El Sol, fuente de energía nueva y renovable
Editorial Información Científica y Tecnológica, núm. 92, CONACYT
México, 1984.

Quintanilla M., Juan
El mundo de la física, Vol. 10
Editorial Trillas
México, 1986.

BIBLIOGRAFÍA

Polo Encinas, Manuel
Energéticos y desarrollo tecnológico,
Editorial Limusa,
México, 1979.

Alonso Concheiro, Antonio y Luis Rodríguez
Alternativas energéticas
editorial CONACYT-FCE,
México, 1985.

Bauer, Mariano
Planeación energética en México. ¿Mito o realidad?
Editorial El Colegio Nacional-Programa Universitario de Energía de la
UNAM
Mexico, 1984.

Butti, Ken y John
Un hilo *dorado*, 2500 años de arquitectura y tecnología solar
Editorial. H.
Madrid, 1980.

Clark, Ronald W
Hazañas científicas, el impacto de la invención moderna
Editorial CONACYT
México, 1980.

Comisión Federal de Electricidad
Del fuego a la fisión
Publicación de CFE, 1987.

Chow Pangtay, Susana
Petroquímica y sociedad, Colección La Ciencia desde México
Editorial CONACYT
México Septiembre, 1987.

Fernández Zayas, José Luis
La energía solar en México: su importancia actual y futura
Editorial Información Científica y Tecnológica, núm. 93, CONACYT,
México, 1984.

Hernández Galán, José Luis
La energía *de la Tierra*
Editorial CECSA
México, 1985.

Instituto de Investigaciones Eléctricas
El aprovechamiento de la energía eólica
Boletín agosto-septiembre de 1980, vol. 4, núm. 8/9
México, 1980.



Referencias

Cuando el petróleo se acabe
http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/science/newsid_3753000/3753337.stm
Alex Kirby
BBC, Medio Ambiente

Cuando Se Acabe el Petróleo
<http://www.jornada.unam.mx/2005/10/30/mas-andres.html>
Andres Buenfil.

¿Cuál es el Recurso mas importante para la EEI?
http://ciencia.nasa.gov/headlines/y2001/ast13nov_1.htm
Gil Knier, Patrick L. Barry.

Ciencias de la tierra y del medio ambiente.
<http://www.tecnun.es/Asignaturas/Ecologia/Hipertexto/00General/IndiceGral.html>
Tema11:Contaminación del agua; Petróleo en el mar
Luis Echarri.

Energías alternativas
<http://www.tecnun.es/asignaturas/ecologia/trabajos/energias/eolica.htm>
Jon , Aitor Salaberria.

REFERENCIAS

