



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**SEGUIDOR SOLAR PARA UN CONCENTRADOR
CILÍNDRICO PARABÓLICO**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

PRESENTA:

RICARDO GÓMEZ MORALES

ASESOR:

M. EN I. DAVID FRANCO MARTÍNEZ



MÉXICO D.F. 2013



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.

A mi Madre Adriana Morales que hizo y hace mucho por sus hijos y me dio la oportunidad de tener esta carrera, y porque todo lo que soy es gracias a ella.

También a mi hermana por apoyarme en las decisiones que eh tomado a lo largo de mi vida y estar en los momentos buenos y malos.

A todos aquellos profesores, compañeros y personas que estuvieron a mi lado apoyándome, enseñándome y motivándome a seguir en estos a últimos años que sin ellos no lo hubiera logrado.

Y sin duda a Dios por dotarme de bendiciones, entendimiento y aptitudes para ser mejor día con día.

Gracias.

Índice de graficas	4
Índice de tablas.....	4
<i>Objetivos</i>	4
FUENTES DE ENERGÍA	5
1.1.-LA ENERGÍA.....	6
1.2.-FUENTES DE ENERGÍA NO RENOVABLES	10
<i>A) El carbón</i>	11
<i>B) El petróleo</i>	13
<i>C) Gas natural</i>	15
<i>D) La energía nuclear</i>	16
1.3.-FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES	18
<i>A) Energía renovable contaminante.</i>	20
<i>B) Energía renovable no contaminantes</i>	20
1.4.-ENERGÍA SOLAR	22
<i>A) Trayectoria solar</i>	24
<i>B) Radiación difusa, directa y reflejada</i>	25
CONCENTRACIÓN SOLAR	27
2.1.- TIPOS DE CONCENTRADORES	28
<i>a) Colectores solares sin concentración</i>	28
<i>b) Colectores solares de concentración</i>	36
<i>c) Colectores de placa plana contra colectores de tubo vacio</i>	38
2.2.- MODELO MATEMÁTICO DE POSICIÓN SOLAR	40
3.1.- SEGUIDOR SOLAR.	45
<i>a) Tipos de seguidores solares</i>	47
3.2.- COMPARACIÓN ENTRE SEGUIDORES SOLARES Y PANELES FIJOS	49
4.1- DISEÑO DEL CIRCUITO SEGUIDOR SOLAR	51
DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DEL SEGUIDOR SOLAR	52
Control.....	52
Acoplamiento conversión analógica/digital	55
Potencia	56
4.2.- CONSTRUCCIÓN	57
A) Construcción del circuito para un eje	57
Funcionamiento.....	57
B).Ventilación automática	60
Funcionamiento.....	62
4.3.- EVALUACIÓN DEL SEGUIDOR SOLAR	63
Limitaciones.....	71
Propuestas.....	71
4.4.- COSTOS	78
4.5.-CONCLUSIONES.....	79
Bibliografía	80

Índice de tablas

Tabla 4.1	59
Tabla 4.2	60
Tabla 4.3	66
Tabla 4.4	67
Tabla 4.5	68
Tabla 4.6	69
Tabla 4.7	70
Tabla 4.8	78

Índice de graficas

Gráfica 4.1	67
Gráfica 4.2	67
Gráfica 4.3	68
Gráfica 4.4	69
Gráfica 4.5	70

Objetivos

Realizar un seguidor solar capaz de mover un concentrador cilíndrico parabólico durante el día mediante la implementación de un sistema de control de la orientación de un concentrador cilíndrico parabólico y explotando su mayor capacidad calorífica por medio de rayos solares a un bajo costo, con la finalidad de elevar la temperatura del agua dentro del tubo y que sea útil para diversas aplicaciones.

Esta tesis tiene un contenido de cuatro capítulos, el primero de estos presenta la información sobre la energía y sus fuentes renovables y no renovables, así como la energía solar, en el segundo capítulo se habla sobre la concentración solar y los diversos tipos de concentradores, en el tercero se habla de los seguidores solares se hace una pequeña comparación entre los seguidores solares y los paneles fijos, y por ultimo en el cuarto capítulo se engloba todo lo relacionado a nuestro seguidor solar la construcción del circuito, su evaluación y los cosos referente al mismo.

FUENTES DE ENERGÍA

Hace poco más de un siglo las principales fuentes de energía eran la fuerza de los animales y la de los hombres y el calor obtenido al quemar la madera o como la máquina de vapor. El ingenio humano también había desarrollado algunas máquinas con las que aprovechaba la fuerza hidráulica para moler los cereales o preparar el hierro en las herrerías, o la fuerza del viento en los barcos de vela o los molinos de viento. Pero la gran revolución vino con la máquina de vapor, y desde entonces, el gran desarrollo de la industria y la tecnología han cambiado, drásticamente, las fuentes de energía que mueven la moderna sociedad. Ahora, el desarrollo de un país está ligado a un creciente consumo de energía de combustibles fósiles como el petróleo, carbón y gas natural

La situación energética en el mundo se ha convertido en una de las grandes preocupaciones de la humanidad, la energía que se consume en el mundo proviene en una 80% de los combustibles llamados fósiles. El elevado crecimiento económico de los países desarrollados tras la segunda guerra mundial y el crecimiento de los actualmente llamados países emergentes han sido posibles gracias a la existencia de grandes cantidades de energía a bajo costo almacenada en la tierra en forma de combustible fósil. Sin embargo si nos ponemos a observar actualmente el modelo energético anterior (que son los combustibles fósiles) es difícilmente sostenible por diversas razones una de las razones principales es por el medio ambiente ya que pueden tener emisiones de CO₂¹. La segunda se las razones por la cual se dificulta mantener es por la sencilla razón de que los combustibles fósiles no son ilimitados esto quiere decir que al paso del tiempo se agotan y el algún momento se tendrá que buscar otra alternativa de fuentes de energía

¹ CO₂.- Dióxido de carbono

1.1.-LA ENERGÍA

Antes que nada vamos a definir el concepto de energía.

La energía es un concepto básico de la física, ya que un sistema aislado tiene una energía total constante. Por consiguiente no puede haber creación ni destrucción de la misma si no simplemente transformación de una forma de energía a otro o transferencia de energía de un sistema a otro. Toda conversión de energía va acompañada de pérdidas, particularmente importantes en la conversión de energía térmica en energía mecánica.

Una vez definida que es la energía entremos en materia.

Al mirar a nuestro alrededor se observa que las plantas crecen, los animales se trasladan y que las máquinas y herramientas realizan las más variadas tareas. Todas estas actividades tienen en común que precisan del concurso de la energía.

Pueden detallarse diversos tipos de energía según el campo de estudio. La energía mecánica, por ejemplo, es la combinación de la energía cinética, que genera a partir del movimiento, y la energía potencial, vinculada a la posición de un cuerpo dentro de un campo de fuerzas.

Entendida como un recurso natural, la energía no es un bien por sí misma, sino que es que un bien calificado como intermedio, ya que posibilita la satisfacción de ciertas necesidades cuando se produce un bien o se oferta un servicio.

La energía también puede clasificarse según fuente. Se llama energía no renovable a aquella que proviene de fuentes agotables, como la procedente del petróleo, el carbón o el gas natural. En cambio, la energía renovable es virtualmente infinita, como la eólica (generada por la acción del viento).

En la figura 1.1 se muestran los recursos naturales que existen en nuestro planeta de los cuales se puede obtener diversos tipos de energía como lo es la energía solar, eólica, petróleo, etc.



Figura. 1.1.- Tipos de recursos que son transformados en energía.

Evidentemente hoy día precisamente, ante la concienciación que, poco a poco, está tomando la sociedad de lo imprescindible que es que acometamos la protección del medioambiente, se está produciendo un gran auge de las mencionadas energías renovables. Y es que la utilización de ellas contribuye a que dejemos de explotar otras fuentes que contaminan, que perjudican enormemente al entorno natural y como consecuencia también a nosotros y a nuestro propio bienestar. La base del uso de estas fuentes es que se opta por una energía que aprovecha fuentes naturales inagotables, como sería el caso de la luz del Sol. De la misma forma apuesta también por una energía que es capaz de regenerarse de modo natural y que, por tanto, no causa ningún daño al medio natural.

Ejemplo, Una placa solar es un dispositivo que aprovecha la energía de la radiación solar y cada vez más hogares se está llevando a cabo la instalación de placas solares con la finalidad de recoger esa luz que desprende el sol, la forma más común de las celdas solares se basa en el efecto fotovoltaico, la luz que incide sobre un dispositivo semiconductor de dos capas produce una diferencia del fotovoltaje entre las capas y este voltaje es capaz de conducir una corriente a través de un circuito externo de modo de producir trabajo útil para cualquier estancia de la vivienda y en lo que disminuye de manera considerable el empleo de la energía eléctrica, así mismo están siendo utilizados concentradores térmicos en hoteles para calentamiento de agua o para aire acondicionado.

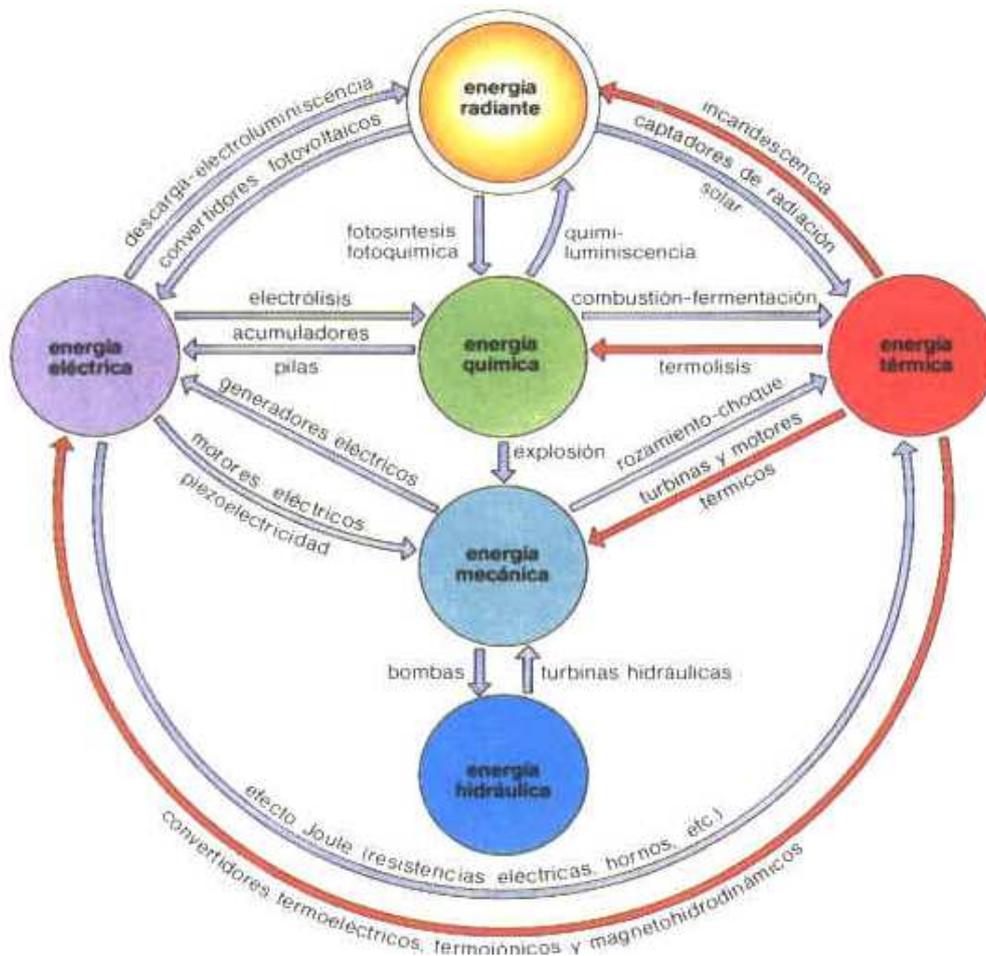


Figura. 1.2.- La energía: conversión de las diferentes formas de energía

La energía se manifiesta realizando un trabajo como se muestran ejemplos en la figura 1.2. Por eso sus unidades son las mismas que las del trabajo.

En el Sistema Internacional de Unidades la unidad de energía es el julio. Se define como el trabajo realizado cuando una fuerza de 1 newton desplaza su punto de aplicación 1 metro. En la vida corriente es frecuente usar la caloría. $1 \text{ K}^2\text{cal}^3 = 4,186 \rightarrow 10^3 \text{ julios}^4$. Las Calorías con las que se mide el poder energético de los alimentos son en realidad Kilocalorías (mil calorías).

² kilo, es un prefijo que indica el factor 1000

³ Caloría

⁴Julio, Unidad utilizada medir trabajo, calor y energía

Para la energía eléctrica se usa el kilovatio-hora. Es el trabajo que realiza una máquina cuya potencia es de 1 KW⁵ durante 1 hora. $1 \text{ KW} \cdot \text{h} = 36 \cdot 10^5 \text{ J}$ ⁶

Cuando se estudian los combustibles fósiles como fuente de energía se usan dos unidades:

-Tec.-tonelada equivalente de carbón. Es la energía liberada por la combustión de 1 tonelada de carbón $1 \text{ tec} = 29,3 \times 10^9 \text{ J}$.

-Tep.-tonelada equivalente de petróleo. Es la energía liberada por la combustión de 1 tonelada de crudo de petróleo. $1 \text{ tep} = 41,84 \times 10^9 \text{ J}$.

⁵ Watt

⁶ Julio

1.2.-FUENTES DE ENERGÍA NO RENOVABLES

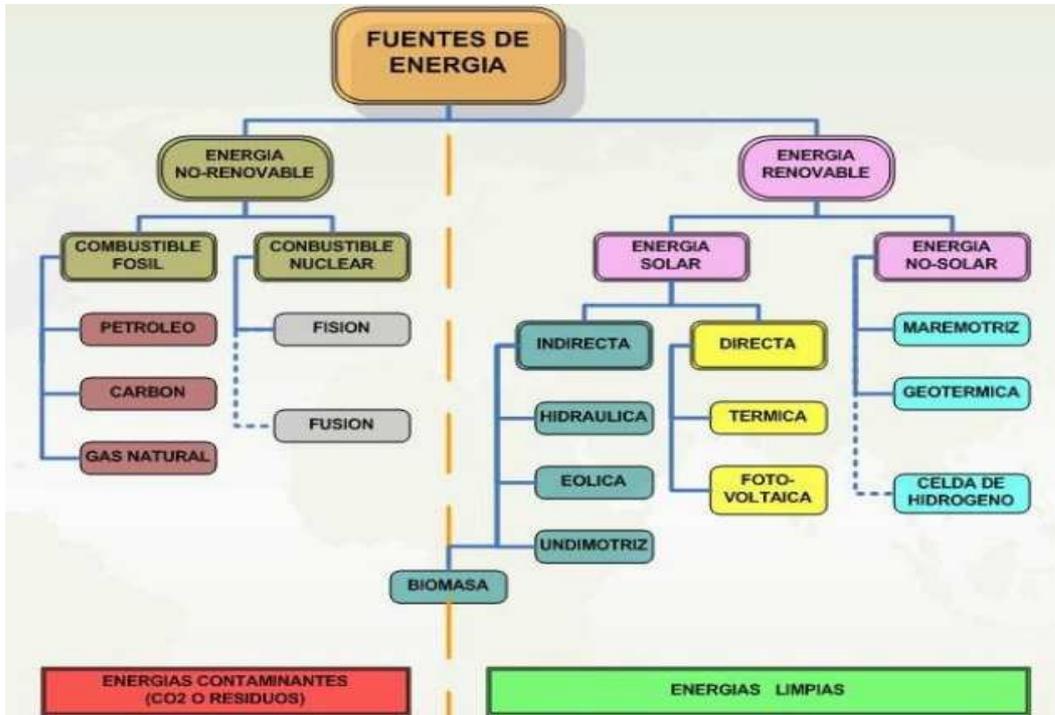


Figura. 1.3.- La energía: Esquema de fuentes de energía

Todo influye a través del sol como ya sabemos las energías no renovables son pertenecientes a los denominados combustibles fósiles como se ve en la figura 1.3 ya que se obtiene mediante un proceso de miles de años tanto el carbón, el petróleo, el gas natural se obtiene de organismos que alguna vez tuvieron vida por desgracia la mayoría de estas fuentes dañan el medio ambiente por esta razón y que son agotables se han considerado fuentes alternativas. Las fuentes de energía no renovables son aquellas que se encuentran en forma limitada en nuestro planeta, que se han formado a lo largo de épocas geológicas pasadas y como consecuencia de condiciones geológicas determinadas. Se agotan a medida que se les consume por que no pueden sustituirse, ya que no existe sistema de producción o extracción viable.

Reciben el nombre de combustibles porque generalmente se han utilizado y se utiliza como tales. Deberían transcurrir miles de años para que volvieran a generarse.

Son fuentes de energía no renovables:

- a) *El Carbón*
- b) *El Petróleo*
- c) *El Gas Natural*
- d) *La Energía Nuclear*

Combustibles Fósiles son el carbón, el petróleo y el gas natural y se llaman así porque son sustancias originadas por la acumulación, hace millones de años, de grandes cantidades de restos de seres vivos en el fondo de lagos y otras cuencas sedimentarias como el subsuelo.

A) El carbón

Formado por la acumulación de vegetales terrestre (hojas, maderas, cortezas, y esporas,) durante el periodo carbonífero de la era primaria de nuestro planeta. Estos vegetales a lo largo del tiempo han sufrido el encierro en el subsuelo terrestre, experimentando cambios de presión y temperatura lo que ha posibilitado la acción de reacciones químicas que los han transformado en variados tipos de carbón mineral. Es una sustancia ligera, de color negro y muy rica en carbono. Se cree que la mayor parte del carbón se formó durante el período carbonífero (hace 280 a 345 millones de años).

Existen 4 tipos: antracita, hulla, lignito y turba. El tiempo que ha durado su fosilización (llamada edad del carbón) hace que el carbón sea mejor o peor combustible, es decir tenga mayor poder calorífico. La antracita es el mejor combustible porque es mayor proporción en carbono seguido de la hulla, el lignito y por último la turba. La turba prácticamente se usa para la obtención de abonos orgánicos y no como combustible.

El carbón suministra el 25% de la energía primaria consumida en el mundo, sólo por detrás del petróleo. Además es de las primeras fuentes de energía eléctrica, con 40% de la producción mundial. Las reservas de carbón se encuentran muy repartidas, con 70 países con yacimientos aprovechables, entre ellos España. Al ritmo actual de consumo se calcula que existen reservas seguras para 133 años

Usos:

-Las centrales térmicas de carbón pulverizado constituyen la principal fuente mundial de energía eléctrica

-Coque. El coque es el producto de la pirolisis del carbón en ausencia de aire. Es utilizado como combustible y reductor en distintas industrias, principalmente en los altos hornos. Dos tercios del acero mundial se producen utilizando coque de carbón

-Siderurgia. Mezclando minerales de hierro con carbón se obtiene una aleación en la que el hierro se enriquece en carbono, obteniendo mayor resistencia y elasticidad. Así obtenemos el Hierro dulce, el acero y la fundición.

-Industrias varias. Se utiliza en las fábricas que necesitan mucha energía en sus procesos, como las fábricas de cemento y de ladrillos.

-Petróleo sintético. Mediante el proceso de licuefacción directa, el carbón puede ser transformado en un crudo similar al petróleo.

En la siguiente figura 1.4 se muestra de donde proviene el petróleo y carbón hace 500 millones de años atrás hasta la actualidad.

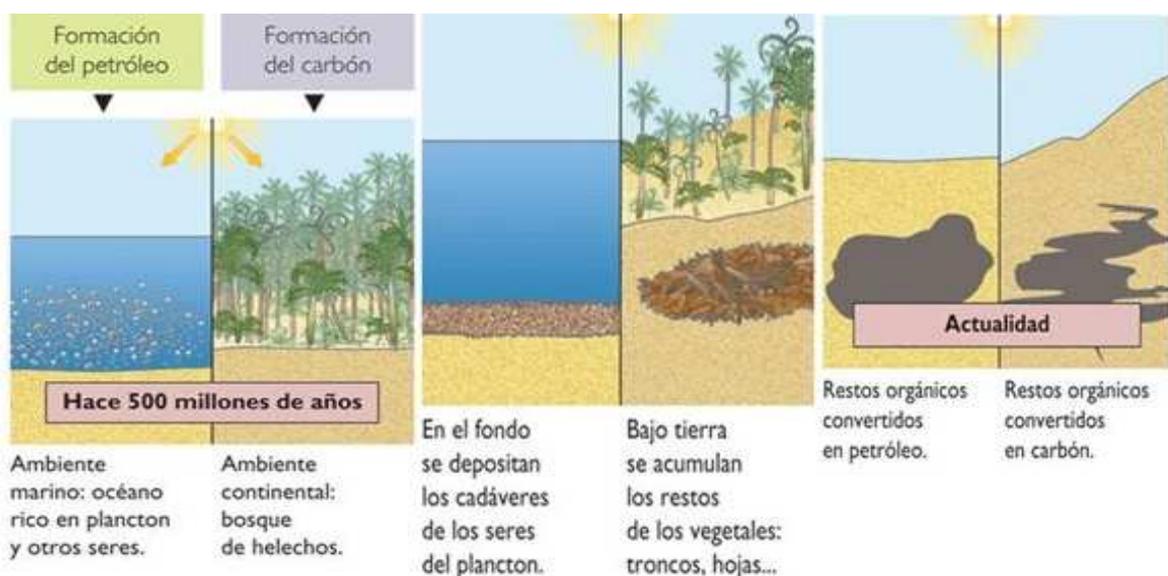


Figura. 1.4.-Proceso de formación del carbón y petróleo

B) El petróleo

El Petróleo es el producto de la descomposición de los restos de organismos vivos microscópicos que vivieron hace millones de años en mares, lagos y desembocaduras de ríos y que hoy se encuentran en las profundidades de la corteza terrestre en forma de sedimentos. Se trata de una sustancia líquida, menos densa que el agua, de color oscuro, aspecto aceitoso y olor fuerte, formada por una mezcla de hidrocarburos (compuestos químicos que sólo contienen en sus moléculas carbono e hidrógeno). En estado líquido es llamado aceite crudo y en estado gaseoso, gas natural.

Se extrae por medio de perforaciones hasta encontrar la bolsa que lo contiene. Al alcanzarla, la presión del gas o del agua hace que el petróleo pueda subir espontáneamente a la superficie. Es la que se denomina producción primaria. En el mismo campo petrolífero es donde se separa el petróleo crudo del agua y del gas natural que lo acompaña. El crudo es transportado mediante oleoductos y barcos petroleros hasta las refinerías, donde se destila en las formas que sean más apropiadas para los diferentes usos finales.

Son miles los compuestos químicos que constituyen el petróleo, y, entre muchas otras propiedades, estos compuestos se diferencian por su volatilidad. Al calentarse el petróleo, se evaporan preferentemente los compuestos ligeros de estructura química sencilla y bajo peso molecular, de tal manera que conforme aumenta la temperatura, los componentes más pesados van incorporándose al vapor. Esto se realiza en las destilerías de petróleo. En la figura 1.5 se muestra la localización del petróleo en el interior de la tierra.

Localización Típica del Petróleo

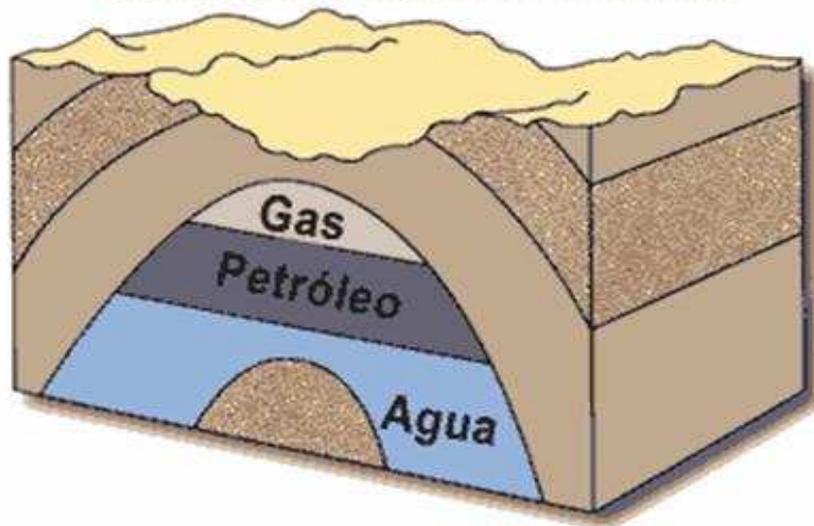


Figura. 1.5.- Localización del petróleo y gas

Usos.-

El petróleo tiene, hoy día, muchísimas aplicaciones, entre ellas: gasolinas, gasóleo, abonos, plásticos, explosivos, medicamentos, colorantes, fibras sintéticas, etc hasta más de 2000 productos diferentes. De ahí la necesidad de no malgastarlo como simple combustible. Se emplea en las centrales térmicas como combustible, en el transporte y en usos domésticos. Estos combustibles causan contaminación por la producción, por el transporte y por el uso, y se ha alertado sobre los peligros de la lluvia ácida, el efecto invernadero y los vertidos en los mares u océanos.

C) Gas natural

El Gas natural tiene un origen similar al del petróleo y suele estar formando una capa o bolsa sobre los yacimientos de petróleo. Cuando el gas natural se encuentra en yacimientos independientes recibe el nombre de gas natural no asociado. Está compuesto, fundamentalmente, por metano pero también tiene etano y propano. El gas natural es un buen sustituto del carbón como combustible, debido a su facilidad de transporte y su elevado poder calorífico y a que es menos contaminante que los otros combustibles fósiles.

Puede obtenerse también con procesos de descomposición de restos orgánicos (basuras, vegetales gas de pantanos) en las plantas de tratamiento de estos restos (depuradoras de aguas residuales urbanas, plantas de procesado de basuras, de alpechines, etc.). El gas obtenido así se llama biogás.

El gas natural produce mucho menos CO₂ que otros combustibles como los derivados del petróleo, y sobre todo el carbón.

Para su transporte la solución adoptada fue la licuefacción a baja temperatura. Se debe disponer de plantas de licuefacción para su transporte y de plantas de regasificación en los puntos de uso y distribución.

Usos:

El gas natural tiene diversas aplicaciones en la industria, el comercio, la generación eléctrica, el sector residencial y el transporte de pasajeros. Ofrece grandes ventajas en procesos industriales donde se requiere de ambientes limpios, procesos controlados y combustibles de alta confiabilidad y eficiencia.

D) La energía nuclear

La energía nuclear es la energía liberada durante la fisión o fusión de núcleos atómicos cuando se produce una reacción nuclear. Es la cuarta fuerza y es la fuerza más potente. Las cantidades de energía que pueden obtenerse mediante procesos nucleares superan con mucho a las que puedan lograrse mediante procesos químicos, que solo implican las regiones externas del átomo. La energía se puede obtener de dos formas: fisión y fusión.

La energía que proviene de estos dos procesos es debida a la desigualdad de materia que existe en la reacción, entre los elementos reactivos y los elementos resultantes de la reacción. Una pequeña cantidad de masa proporciona por tanto una gran cantidad de energía. Por ejemplo la energía que produce un kilogramo de uranio es equivalente a la que producen 200 Tm⁷ de carbón.

Usos y aplicaciones.-

Aunque la energía nuclear se utiliza principalmente para la producción de energía eléctrica en las centrales nucleares ésta no es la única utilidad de la energía nuclear.

La energía nuclear tiene otras aplicaciones en diversos campos:

-Aplicaciones industriales: con fines de análisis y control de procesos.

-Aplicaciones médicas: en diagnóstico y terapia de enfermedades.

-Aplicaciones agroalimentarias: en la producción de nuevas especies, tratamientos de conservación de los alimentos, lucha contra las plagas de insectos y preparación de vacunas.

-Aplicaciones medioambientales: en la determinación de cantidades significativas de sustancias contaminantes en el entorno natural.

-Otras aplicaciones: como la datación, que emplea las propiedades de fijación del carbono-14 a los huesos, maderas o residuos orgánicos, determinando su edad cronológica, y los usos en Geofísica y Geoquímica, que aprovechan la existencia de

⁷ Tm.-Medida equivale a 1.000 kg

materiales radiactivos naturales para la fijación de las fechas de los depósitos de rocas, carbón o petróleo. Como puede observar en la figura 1.6 las reservas esta limitadas por eso es urgente el usar energías no renovables es la mejor alternativa

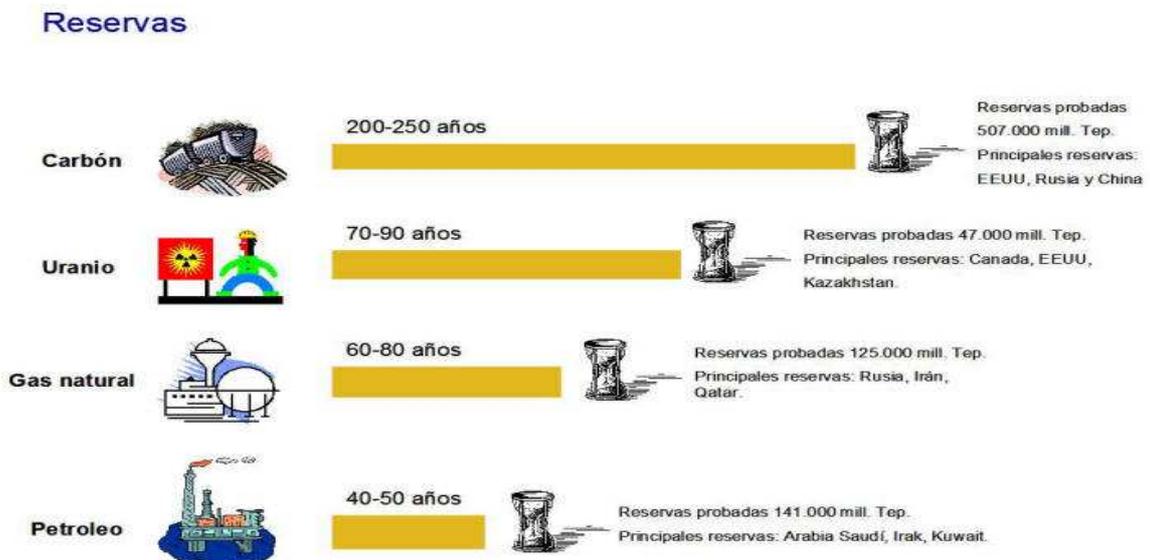


Figura 1.6.-Reservas de recursos no renovables

Los impactos medioambientales del uso de energías no renovables

Algunos estudios demuestran que el impacto medioambiental de las energías no renovables frente a las renovables es hasta 30 veces superior. A continuación enumeramos algunos de los efectos negativos más relevantes:

- La lluvia ácida. Con contenido de ácido sulfúrico que puede afectar irreversiblemente a los ecosistemas.
- Efecto invernadero. Con del calentamiento del planeta y consecuencia del cambio climático.
- Vertidos contaminantes. En zonas de producción, principalmente producidos por los combustibles fósiles.
- Residuos radiactivos peligrosos. Generados en el proceso de fisión nuclear.

1.3.-FUENTES DE ENERGÍA RENOVABLES

Las energías renovables han constituido una parte importante de la energía utilizada por los humanos desde tiempos remotos, especialmente la solar, la eólica y la hidráulica. La navegación a vela, los molinos de viento o de agua y las disposiciones constructivas de los edificios para aprovechar la del sol, son buenos ejemplos de ello.

Con el invento de la máquina de vapor por James Watt, se van abandonando estas formas de aprovechamiento, por considerarse inestables en el tiempo y caprichosas y se utilizan cada vez más los motores térmicos y eléctricos, en una época en que el todavía relativamente escaso consumo, no hacía prever un agotamiento de las fuentes, ni otros problemas ambientales que más tarde se presentaron.

Hacia la década del 1970 las energías renovables se consideraron una alternativa a las energías tradicionales, tanto por su disponibilidad presente y futura garantizada (a diferencia de los combustibles fósiles que precisan miles de años para su formación) como por su menor impacto ambiental en el caso de las energías limpias, y por esta razón fueron llamadas energías alternativas. Actualmente muchas de estas energías son una realidad, no una alternativa, por lo que el nombre de alternativas ya no debería emplearse.

La crisis energética actual y mundial a la que nos enfrentamos como sociedades e individuos, hace que se torne cada día más necesario un cambio radical de consciencia con respecto al tema, y una imperante necesidad de que los gobiernos comiencen rápidamente a enfocarse y volcarse en un cambio hacia las energías alternativas para abastecer la cada día más grande demanda de la misma

Se denomina energía renovable a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.



Figura 1.7.-Energías renovables y los lugares de donde se obtienen.

Una energía alternativa, o más precisamente una fuente de energía alternativa es aquella que puede suplir a las energías o fuentes energéticas actuales, ya sea por su menor efecto contaminante, o fundamentalmente por su posibilidad de renovación.

El consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad. El concepto de "crisis energética" aparece cuando las fuentes de energía de las que se abastece la sociedad se agotan. Un modelo económico como el actual, cuyo funcionamiento depende de un continuo crecimiento, exige también una demanda igualmente creciente de energía. Puesto que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema colapse, salvo que se descubran y desarrollen otros nuevos métodos para obtener energía: éstas serían las energías alternativas.

Debemos saber que las fuentes renovables de energía pueden dividirse en dos categorías:

- a) *-Contaminantes.*
- b) *-No Contaminantes o limpias*

A) Energía renovable contaminante.

La energía de fuentes renovable contaminante tiene el mismo problema que la energía producida por combustibles fósiles, en la combustión emiten dióxido de carbono, gas de efecto invernadero, y a menudo son aún más contaminantes puesto que la combustión no es tan limpia, emitiendo hollines y otras partículas sólidas. Se encuadra dentro de las energías renovables porque mientras puedan cultivarse los vegetales que las producen, no se agotarán. También se consideran más limpias que sus equivalentes fósiles, porque teóricamente el dióxido de carbono emitido en la combustión ha sido previamente absorbido al transformarse en materia orgánica mediante fotosíntesis. En realidad no es equivalente la cantidad absorbida previamente con la emitida en la combustión, porque en los procesos de siembra, recolección, tratamiento y transformación, también se consume energía, con sus correspondientes emisiones. También se puede obtener energía a partir de los residuos sólidos urbanos y de los lodos de las centrales depuradoras y potabilizadoras de agua. Energía que también es contaminante, pero que también lo sería en gran medida si no se aprovechase, pues los procesos de pudrición de la materia orgánica se realizan con emisión de gas natural y de dióxido de carbono.

B) Energía renovable no contaminantes

La energía de fuentes renovables limpias o no contaminantes con aquellas obtenidas de fuentes naturales inagotables, como la solar (del sol) del aire(eólica), de saltos de agua(eléctrica)...etc., caracterizadas por no incrementar el efecto invernadero ni producir residuos tóxicos ni radiactivos Puesto que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema colapse, salvo que se descubran y desarrollen otros nuevos métodos para obtener dicha energía. Estas son las energías alternativas o limpias.

En la actualidad se siguen buscando soluciones para resolver esta crisis inminente. Las energías renovables en las que se trabaja actualmente son:

- a) La energía eólica que es la energía cinética o de movimiento que contiene el viento, y que se capta por medio de aerogeneradores o molinos de viento.

- b) La energía hidráulica, consistente en la captación de la energía potencial de los saltos de agua, y que se realiza en centrales hidroeléctricas.
- c) La energía mareomotriz o undimotriz, que se obtienen de las mareas (de forma análoga a la hidroeléctrica) y a través de la energía de las olas, respectivamente.
- d) La energía solar recolectada de forma directa en forma de calor a alta temperatura en centrales solares de distintas tipologías, o a baja temperatura mediante paneles térmicos domésticos, o bien en forma de electricidad mediante el efecto fotoeléctrico mediante paneles foto voltaicos.
- e) La energía geotérmica producida al aprovechar el calor del subsuelo en las zonas donde ello es posible.
- f) La biomasa por descomposición de residuos orgánicos o bien por su quema directa como combustible.

1.4.-ENERGÍA SOLAR

Se explica más a detalle la energía solar ya que es en lo que nos enfocaremos mas por qué forma gran parte de este proyecto.

La energía que procede del sol es fuente directa o indirecta de casi toda la energía que usamos. Los combustibles fósiles existen gracias a la fotosíntesis que convirtió la radiación solar en las plantas y animales de las que se formaron el carbón, gas y petróleo. El ciclo del agua que nos permite obtener energía hidroeléctrica es movido por la energía solar que evapora el agua, forma nubes y las lleva tierra adentro donde caerá en forma de lluvia o nieve. El viento también se forma cuando unas zonas de la atmósfera son calentadas por el sol en mayor medida que otras.

Y es la energía obtenida mediante la captación de la luz y el calor emitidos por el Sol. Desde que surgió se le catalogó como la solución perfecta para las necesidades energéticas de todos los países debido a su universalidad y acceso gratuito ya que, como se ha mencionado anteriormente, proviene del sol. Para los usuarios el gasto está en el proceso de instalación del equipo solar. Este gasto, con el paso del tiempo, es cada vez menor por lo que no nos resulta raro ver en la mayoría de las casas las placas instaladas. Podemos decir que no contamina y que su captación es directa y de fácil mantenimiento.

La radiación solar que alcanza la Tierra puede aprovecharse por medio del calor que produce a través de la absorción de la radiación, por ejemplo en dispositivos ópticos o de otro tipo. Es una de las llamadas energías renovables, particularmente del grupo no contaminante, conocido como energía limpia o energía verde, si bien, al final de su vida útil, los paneles fotovoltaicos pueden suponer un residuo contaminante difícilmente reciclable al día de hoy. La potencia de la radiación varía según el momento del día; las condiciones atmosféricas que la amortiguan y la latitud

La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa, o en la suma de ambas. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La difusa es la emitida por la bóveda celeste diurna gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar en la atmósfera, en las nubes y el resto de elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa puede reflejarse y

concentrarse para su utilización, mientras que no es posible concentrar la luz difusa que proviene de todas las direcciones.

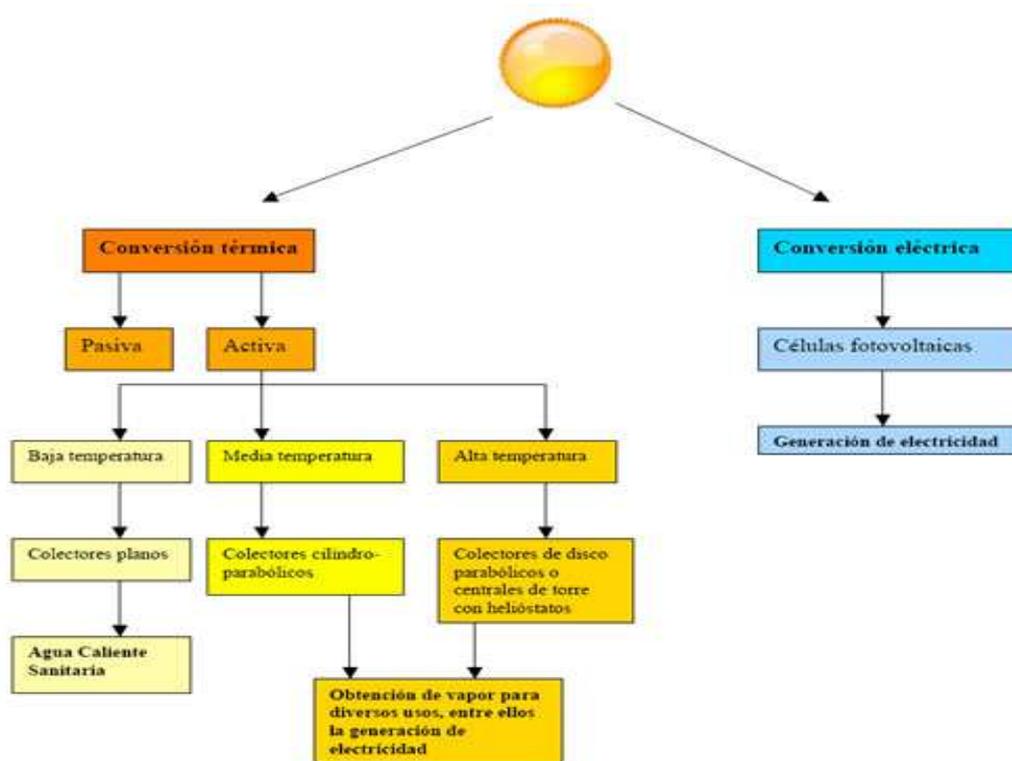


Figura 1.8.-Diagrama de conversión de la energía solar.

Esta energía puede ser aprovechada por el ser humano por medios de dos formas de tecnologías de conversión: fotovoltaicas y fototérmicas.

- a) -Sistemas Fotovoltaicos: funcionan por medio del Efecto Fotoeléctrico (también conocido como efecto fotovoltaico) a través del cual la luz solar se convierte en electricidad sin usar ningún proceso intermedio. Los dispositivos donde se lleva a cabo la transformación de luz solar en electricidad se llaman Generadores Fotovoltaicos y a la unidad mínima en la que se realiza dicho efecto Celdas Solares, que al conectarse en serie y/o paralelo se forman los paneles fotovoltaicos.

- b) -Sistemas Fototérmicos: funcionan por medio de la conversión de la luz solar en calor sobre superficies que transfieren dicha energía a fluidos de trabajo para producción de calor de proceso. Esto se puede conseguir por medio de dispositivos planos con superficies selectivas o por medio de dispositivos de concentración de radiación con superficies especulares y selectivas.

A) Trayectoria solar

Siendo el sol la principal fuente energética que afecta al diseño bioclimático, es importante tener una idea de su trayectoria en las distintas estaciones del año.

Como se sabe, la existencia de las estaciones está motivada porque el eje de rotación de la tierra no es siempre perpendicular al plano de su trayectoria de traslación con respecto al sol, sino que forma un ángulo variable dependiendo del momento del año en que nos encontremos. Sin entrar en detalles técnicos, y particularizando para el hemisferio norte, por encima del trópico de Cáncer.

Hay sólo dos días del año en los que el eje de rotación es perpendicular al plano de traslación: el equinoccio de primavera (22 de marzo) y el equinoccio de otoño (21 de septiembre). En estos días, el día dura exactamente lo mismo que la noche, y el sol sale exactamente por el este y se pone por el oeste.

Después del equinoccio de primavera, los días son cada vez más largos, y el sol alcanza cada vez mayor altura a mediodía. La salida y la puesta de sol se desplazan hacia el norte (es decir, tiende a salir cada vez más por el noreste y a ponerse por el noroeste). Esta tendencia sigue hasta el solsticio de verano (21 de junio), el día más largo del año, para seguir después la tendencia contraria hasta llegar al equinoccio de otoño.

Después del equinoccio de otoño, los días son cada vez más cortos, y el sol cada vez está más bajo a mediodía. La salida y la puesta de sol se desplazan hacia el sur (es decir, tiende a salir cada vez más por el sudeste y a ponerse por el sudoeste). Esta tendencia sigue hasta el solsticio de invierno (21 de diciembre), el día más corto del año, para seguir después la tendencia contraria hasta llegar al equinoccio de primavera.

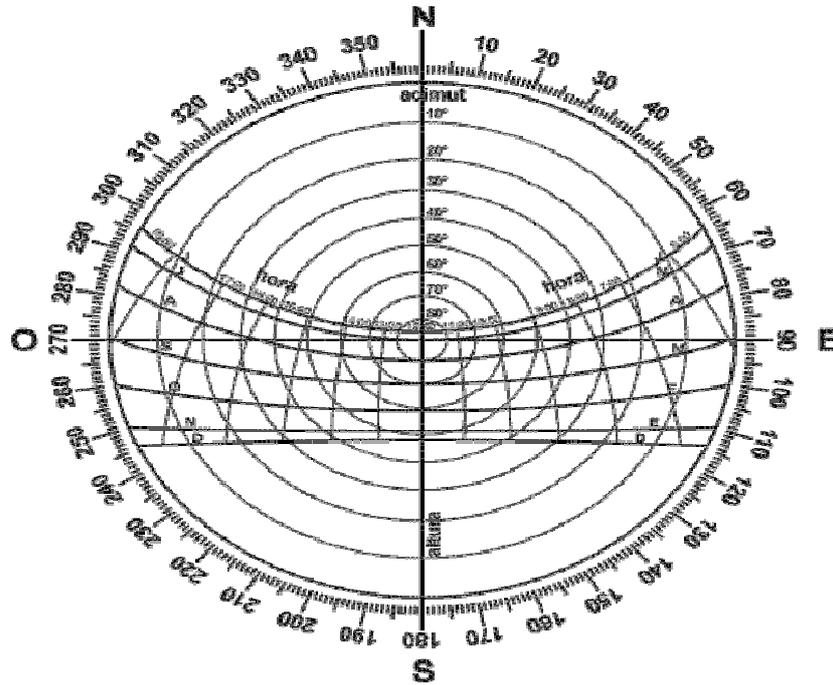


Figura 1.9.-Diagrama de la trayectoria solar

B) Radiación difusa, directa y reflejada

La energía solar incidente en una superficie terrestre se manifiesta de tres maneras diferentes:

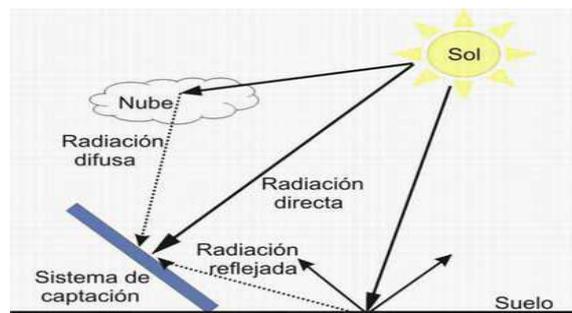


Figura 1.10.- Diferentes tipos de radiación solar terrestre

-La radiación directa es, como su propio nombre indica, la que proviene directamente del sol.

-La radiación difusa es aquella recibida de la atmósfera como consecuencia de la dispersión de parte de la radiación del sol en la misma. Esta energía puede suponer aproximadamente un 15% de la radiación global en los días soleados, pero en los días nublados, en los cuales la radiación directa es muy baja, la radiación difusa supone un porcentaje mucho mayor. Por otra parte, las superficies horizontales son las que más radiación difusa reciben, ya que ven toda la semiesfera celeste, mientras que las superficies verticales reciben menos porque solo ven la mitad de la semiesfera celeste.

-La radiación reflejada es, como su propio nombre indica, aquella reflejada por la superficie terrestre. La cantidad de radiación depende del coeficiente de reflexión de la superficie, también llamado albedo. Por otra parte, las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada, porque no ven superficie terrestre, mientras que las superficies verticales son las que más reciben.

Esta radiación está formada aproximadamente en:

47% por el espectro visible., 46% por el espectro infrarrojo. Y 7% por el espectro ultravioleta

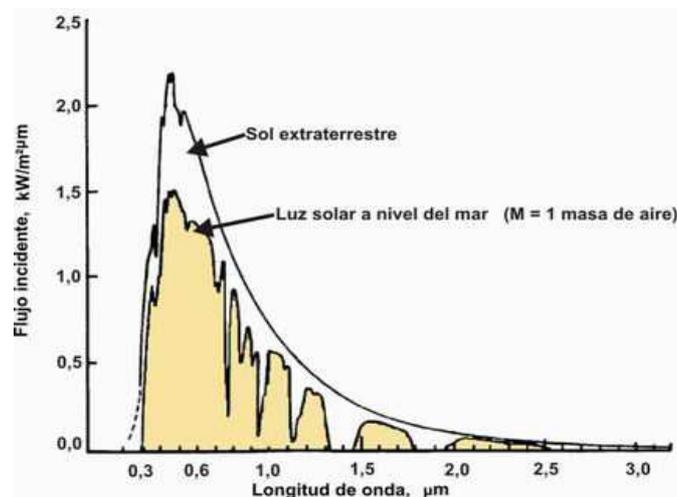


Figura 1.11.- Espectro electromagnético proporcionado por el sol sobre la superficie terrestre

CONCENTRACIÓN SOLAR

Antes que nada definamos por separado que significa la palabra concentración según la enciclopedia es acción y efecto de concentrar ahora definimos que es concentrar, es reunir en un centro o punto entonces concentrar es la acción o efecto de reunir en un punto o centro en nuestro caso reuniremos al sol por lo tanto concentrador solar es la unión de el sol o los rayos del sol reflejados en un mismo punto.

Así como los sistemas de célula fotoeléctrica aprovechan la energía electromagnética del sol que nos llega en forma luz, para después ser transformada en energía eléctrica, los sistemas de colector solar utilizan su potencia calorífica para calentar un líquido, que posteriormente será empleada generalmente en suministrar calefacción o a un sistema de aire acondicionado.

Observando diversos tipos de aprovechamiento solar el más conocido es el colector solar, que absorbe la radiación y trasmite esta energía a un fluido portador de calor, además de absorber la radiación solar emite radiación térmica y pierde cierta cantidad de energía por conducción y convección

Existen sistemas de colector solar con y sin concentración. Los que no utilizan concentración reciben el Sol directamente, sin ningún elemento auxiliar, como los rotores que permiten el seguimiento en todo su ciclo. Aunque con menor rendimiento, tienen sin embargo la ventaja de su simplicidad, facilidad de construcción y menor mantenimiento, gracias a que su posibilidad de presentar fallos técnicos también es menor.

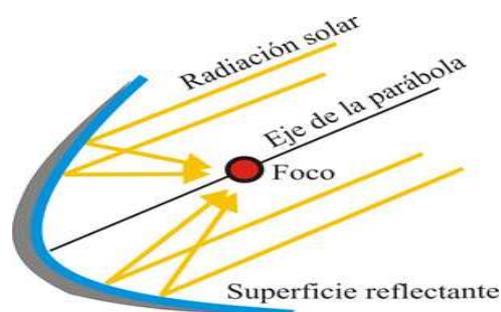


Figura. 2.1.- Colector solar

2.1.- TIPOS DE CONCENTRADORES

A lo largo de tiempo se han diseñado diversos y avanzados tipos de colectores solares térmicos con el objeto de incrementar la cantidad de energía absorbida y disminuir las pérdidas para una mejor obtención de calor y disminuir las pérdidas, los concentradores más comunes son los colectores planos, que utilizan como fluido el agua y tienen una cubierta de vidrio, hoy en día también son más comunes los colectores tubulares de vacío, con estos se consiguen temperaturas elevadas, hay otro tipo de colectores que utilizan aire como fluido portador de calor

Los colectores solares se dividen en dos grandes grupos:

a) Los Colectores Solares sin concentración: Los cuales no superan los 70° C aproximadamente, por lo que son usados en las aplicaciones de la energía solar térmica de baja temperatura. Un ejemplo de aplicación sería la producción de agua caliente sanitaria.

b) Los Colectores Solares de Concentración: Los cuales, haciendo uso de los métodos de concentración de la óptica, son capaces de elevar la temperatura de fluido a más de 70° C. Estos se aplican en la energía solar térmica de media y alta temperatura. Podemos encontrar ejemplos de estos en la central solar térmica de Almería (España), en Grenoble (Francia) y en California (Estados Unidos).

a) Colectores solares sin concentración

Estos colectores se caracterizan por no poseer métodos de concentración, por lo que la relación entre la superficie del colector y la superficie de absorción es prácticamente la unidad.

Colector solar de Placa Plana

En general un colector de placa plana actúa como un receptor que recoge la energía procedente del Sol y calienta una placa. La energía almacenada en la placa es transferida al fluido. Usualmente, estos colectores poseen una cubierta transparente de vidrio o plástico que aprovecha el efecto invernadero, formado por una serie de tubos de cobre,

los cuales expuestos al sol absorben la radiación solar y se la transmiten al fluido que atraviesa su interior.



Figura. 2.2.- Colector solar térmico de vacío de placa plana de alto rendimiento

-Elementos de un colector solar de placa plana

Para hacer una buena elección del tipo de colector, hay que conocer las características de los elementos que lo constituyen. Dicha información es útil para poder evaluar la calidad de los colectores y saber elegir el más adecuado para la instalación a realizar, lo que dependerá de las condiciones climatológicas a las que va a estar sometido, la finalidad de la instalación y el presupuesto del que se dispone.

El colector de placa plana está compuesto por cuatro elementos principalmente:

- a) Cubierta transparente,
- b) Placa captadora,
- c) Aislante
- d) Carcasa.

a) Cubierta Transparente

Es la encargada de producir el efecto invernadero, reducir las pérdidas por convección y asegurar la estanqueidad del colector al agua y al aire, en unión con la carcasa y las juntas. El efecto invernadero logrado por la cubierta consiste en que una parte de la radiación que ha atravesado la cubierta y llega a la placa captadora es reflejada hacia la

cubierta transparente, con una longitud de onda para la cual ésta es opaca, con lo que se consigue retener la radiación en el interior.

b) Placa Captadora

Tiene por misión absorber de la forma más eficiente posible la radiación solar y transformarla en energía térmica utilizable mediante su transferencia al fluido caloportador.

c) Aislamiento térmico

La placa captadora está protegida en su parte posterior y lateral por medio de un aislamiento térmico para evitar las pérdidas de calor térmico hacia el exterior. Las características de estos aislantes han de ser:

- Resistir altas temperaturas sin deteriorarse, lo que muchas veces se consigue colocando entre la placa y el aislante una capa reflectante, que impida que el aislante reciba directamente la radiación.

- Desprender pocos vapores al descomponerse por el calor y en caso de ocurrir que no se adhieran a la cubierta.

- No degradarse por el envejecimiento u otro fenómeno a la temperatura habitual de trabajo.

- Soportar la humedad que se pueda producir en el interior de los paneles sin perder sus cualidades.

d) Carcasa

Es la encargada de proteger y soportar los elementos que constituyen el colector solar, además de servir de enlace con el edificio, por medio de los soportes. Debe cumplir los siguientes requisitos:

-Rigidez y resistencia estructural que asegure la estabilidad. Es de suma importancia ya que debe resistir la presión del viento.

-Resistencia de los elementos de fijación: mecánica para los esfuerzos a transmitir; y química para soportar la corrosión.

-Resistencia a la intemperie. A los efectos corrosivos de la atmósfera y a la inestabilidad química debido a las inclemencias del tiempo.

-Aireación del interior del colector para evitar la condensación del agua. Se realiza por medio de dos técnicas:

-Vacío en el interior del colector cuando éste está frío, para que la carcasa no esté sometida a una presión muy alta cuando el aire en su interior se caliente.

-Practicar unos orificios en la carcasa para permitir la aireación del colector, así como la evacuación de la condensación. Los orificios se localizan en la parte posterior para evitar la entrada del agua de lluvia y la pérdida de aire caliente del interior del colector.

-Evitar toda geometría que permita la acumulación de agua hielo o nieve en el exterior del colector.

-Facilitar el desmontaje de la cubierta para poder tener fácil acceso a la placa captadora.

Su aplicación es la producción de agua caliente sanitaria, climatización de piscinas y calefacción.

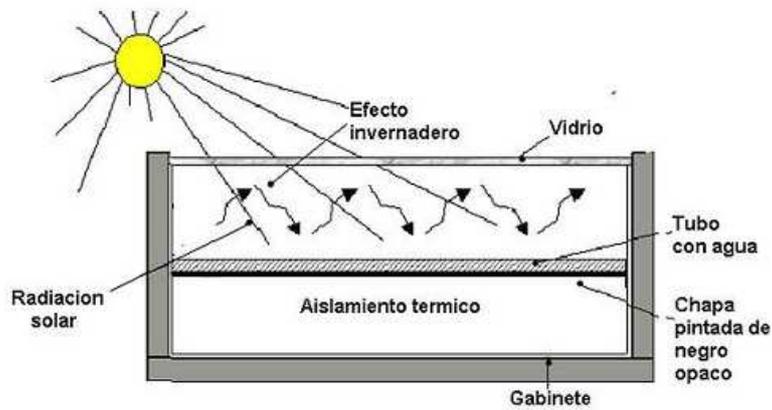


Figura. 2.3.-Detalle esquemático de un colector plano

Colectores de Aire

Son colectores de tipo plano cuya principal característica es tener como fluido calorportador el aire. No tienen una temperatura máxima límite (los procesos convectivos tienen una menor influencia en el aire) y trabajan mejor en condiciones de circulación normal, pero en contraposición poseen una baja capacidad calorífica y el proceso de transferencia de calor entre placa y fluido es malo. Su aplicación principal es la calefacción. En la siguiente figura 2.4, la flecha azul representa el aire frío después del proceso de calefacción sale representada por la flecha roja el aire caliente



Figura. 2.4.- Colector de aire

Colectores de Vacío.

Los distintos sistemas de colectores de tubo de vacío se basan en los tubos evacuados. Estos están conformados por dos tubos concéntricos entre los cuales se ha aspirado el aire produciéndose un vacío. En uno de los extremos ambos tubos se unen sellándose el vacío. Dentro de ambos tubos (de ahora en adelante nos referiremos a estos tubos concéntricos con el vacío en medio como tubos evacuados) se sitúan los distintos tipos de absorbedores que determinan los distintos sistemas.

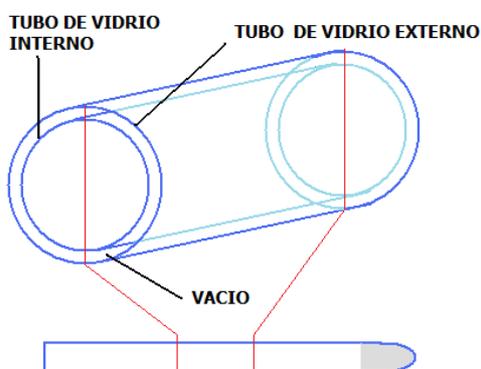


Figura. 2.5.- Esquemas de tubos concéntricos o evacuados

Algunos colectores emplean un sistema denominado CPC (Colector Parabólico Concéntrico) para aprovechar la radiación solar que incide entre dos tubos. Este sistema consiste en una serie de reflectores que dirigen la luz que cae entre tubo y tubo hacia la parte trasera de los mismos donde es también aprovechada. Con ello los colectores reciben luz tanto de la parte delantera como de la trasera. Con el sistema CPC se amplía la superficie efectiva de captación por metro cuadrado para la tecnología de tubo de vacío factor que sin embargo siempre estará por debajo de los colectores de placa plana (por metro cuadrado se capta menos pero se hace un uso más eficiente de lo captado).

Los colectores de tubo de vacío de flujo directo tienen la ventaja de poder adoptar una posición tanto horizontal como vertical sin mermar su rendimiento ya que el tubo puede rotar sobre su eje inclinándose el sistema de absorción de la manera más adecuada. Son más caros, además de perder el efecto del vacío con el paso del tiempo. Su aplicación principal es la producción de agua caliente sanitaria y climatización de piscinas.

Tubos de Calor (heat pipe)

Poseen una simetría cilíndrica, formados por dos tubos concéntricos; uno exterior de vidrio y uno interior pintado de negro o con pintura selectiva. El fluido circula por el tubo del interno. Su aplicación principal es la calefacción. Y consiste en un tubo hueco cerrado por los extremos, sometido a vacío y con una pequeña cantidad de líquido vaporizante (Mezcla de alcohol) en su interior.

Cuando se calienta el tubo donde se encuentra el alcohol, este se evapora absorbiendo el calor latente de vaporación. Este vapor se desplaza hacia arriba hasta alcanzar la parte del tubo que se encuentra a menos temperatura.

Produciéndose así condensación liberando el calor y convirtiéndose en líquido. El líquido retorna por gravedad y vuelve a calentarse repitiéndose el ciclo. Tienen las siguientes características:

-Unión seca: El tubo no tiene flujo directo con el circuito primario. Se puede sustituir un tubo sin vaciar el circuito.

-Función diodo: La transferencia se hace desde el absorbedor hacia el circuito primario, nunca al revés.

-Limitación de temperatura: El ciclo de evaporación del alcohol tiene lugar, hasta que se alcanza su temperatura crítica, evitando los riesgos de aumentos incontrolados de temperaturas.

-Giro del tubo: Posibilidad de girar los tubos para obtener una orientación óptima.

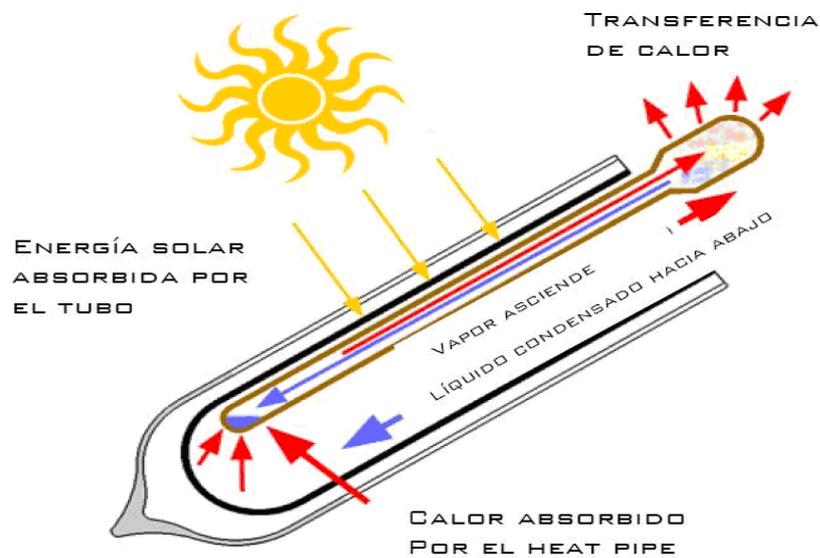


Figura. 2.6.- Esquema de tubo de calor (heat pipe)

Colectores Cónicos o semiesféricos

Su principal característica es que constituyen simultáneamente la unidad de captación y de almacenamiento. Su superficie de captación es cónica o esférica con una cubierta de vidrio de la misma geometría. Con estas geometrías se consigue que la superficie iluminada a lo largo del día, en ausencia de sombra, sea constante. Su instalación es sencilla, pero presentan problemas de estratificación del agua y la superficie útil de captación es pequeña. Su aplicación principal es la producción de agua caliente sanitaria.



Figura. 2.7.- Colector solares semiesféricos

b) Colectores solares de concentración

Así como en los sistemas de colector solar sin concentración, las placas son expuestas directamente al Sol y se encuentran ausentes de elementos móviles, en los sistemas con concentración, como su nombre indica, se concentra la luz solar sobre la zona que se desea calentar. Esto se realiza mediante espejos o lentes apoyados en materiales selectivos, que calientan el líquido que circula por el interior de un tubo, en el que incide la radiación concentrada del Sol, permitiendo un mejor rendimiento que los colectores sin concentración. Los modelos más simples de colectores con concentración son los de uno y dos ejes, aunque existe otro sistema más complejo utilizado en generación de grandes potencias, y que permite su transformación en energía mecánica en nuestro caso se utiliza el seguidor solar de un eje.

El sistema de concentración de un eje consiste en un tubo, por el que circula el líquido que se desea calentar, y que se encuentra ubicado delante de una superficie parabólica reflectante. La energía reflejada por el elemento parabólico incide sobre el tubo (de longitud que puede llegar incluso a los 100 metros) y cuya concentración es cincuenta veces superior a otro sistema similar sin lentes, permitiendo temperaturas no inferiores a 100° centígrados, pero que pueden llegar a alcanzar los 350° (en nuestro caso llaga a rebasar los 240° centígrados). El tubo debe ser fabricado con un material muy selectivo (generalmente óxido de cobre sobre níquel). Los espejos se construyen con vidrios bajos

en contenido de hierro o con metales esmerilados de gran pureza, para proporcionar el máximo de rendimiento.

El sistema de colector de un eje precisa que la superficie perpendicular de la parabólica esté siempre posicionada hacia la máxima radiación del Sol. Para ello se disponen sistemas basados en ordenadores, que utilizan sensores de posición y servos, para mover el conjunto y mantenerlo siempre orientado hacia el Sol.

El detector de posición consiste en una serie de fotodiodos o fototransistores, que generan una corriente eléctrica proporcional a la luz que les incide. Si la iluminación decae, la señal eléctrica emitida por el detector decaerá también, entonces el ordenador activará los motores de posición para modificar y reorientar el colector hacia el punto de mayor radiación del Sol. Este sistema, al ser de un único eje, solo permite el seguimiento del Sol de Este a Oeste, es decir, desde que nace hasta que se oculta, pero no de Norte a Sur. Este problema se acrecienta cuanto más nos alejemos del Ecuador.

El problema del colector de un eje radica en que el Sol se mueve realmente en dos ejes, uno Este-Oeste y otro Norte-Sur. El eje Este-Oeste es diario, y puede ser seguido con el colector de un único eje. Sin embargo, conforme nos alejamos del Ecuador y según la estación del año, desde nuestro punto de observación el Sol acusa más el movimiento sobre el eje Norte-Sur. Para poder corregir esta variación se han diseñado los colectores de dos ejes, que realizan un seguimiento del Sol sobre ambos mediante dos motores, el de acimut y el de elevación, todo ello situado sobre una torre vertical. El sistema presenta complejidades mecánicas que no compensan el rendimiento obtenido, por lo que son poco utilizados.

En general, los sistemas de colectores solares con concentración permiten únicamente aplicaciones para calefacción, y en todo caso pequeñas turbinas para generación de energía de energía eléctrica. No posee suficiente potencia para convertirla en energías mecánicas de importancia; para este caso existen otros métodos más sofisticados de concentración, como los hornos solares de torre central.

Existen dos tipos de concentradores solares de concentración:

Concentradores cilíndricos: Su superficie reflectora es la mitad de un cilindro. Su aplicación principal es la producción de vapor en una central térmica (nuestro colector solar es de este tipo)

Concentradores paraboloideos: Su superficie reflectora presenta una geometría de paraboloide de revolución. Su aplicación principal es la producción de vapor en una

- **Paneles fotovoltaicos con concentración**



- **Eficiencia paneles convencionales 8 a 20%**
- **Eficiencia paneles con concentración 20 a 40%**

Figura. 2.8.- Eficiencia de paneles fotovoltaicos.

c) Colectores de placa plana contra colectores de tubo vacío

Existe un debate abierto a entre los profesionales sobre cuál de las dos tecnologías de colectores es la más adecuada.

Los que abogan por los de tubo de vacío los consideran más avanzados y sostienen que en el futuro esta tecnología terminará por desplazar a los colectores de placa plana debido a su mejor rendimiento.

En cuanto al mayor costo de los colectores de tubo de vacío con respecto a los de placa plana, los partidarios de los primeros consideran que optar por ellos se compensa ya que al ofrecer un mayor rendimiento por m² será necesario adquirir menos colectores.

También alegan sus partidarios su facilidad para integrarlo en edificios ya que se pueden colocar en vertical cubriendo una fachada como hemos visto con alguna de las tecnologías.

Los que prefieren los colectores de placa plana sostienen que no se justifica estos colectores en países donde la temperatura media es suave (como España donde el frío no suele ser extremo y que tienen zonas de clima cálido) ya que unos más económicos paneles de placa plana pueden cumplir con los objetivos normalmente deseados sin problemas. Esto también sería aplicable a países cálidos como México y variable en países grandes con una importante diversidad climática como son Argentina o Chile (válido en las zonas cálidas, no válido en las zonas frías).

Otro aspecto a tener en cuenta se da en áreas con marcada diferencia de radiación y temperatura entre el invierno y el verano (como España menos Canarias, Sur de Argentina y de Chile) donde un número de paneles necesario para satisfacer las necesidades en invierno pueden suponer un problema de sobrecalentamiento en verano. Este factor de sobrecalentamiento ha de ser muy tenida en cuenta por el instalador ya que puede arruinar la instalación.

En estos casos, los partidarios de los colectores de placa plana sostienen que en una instalación con colectores de tubo de vacío se alcanzan en verano temperaturas de más de 130 grados lo que puede ser difícil (o costoso) de controlar mientras que en instalaciones de placa plana la temperatura que se alcanza es menor.

En áreas de climas tropicales y subtropicales los problemas de sobrecalentamiento en verano de reducirán conforme nos acerquemos al ecuador ya que la temperatura y la radiación tenderá a hacerse más uniforme a lo largo del año y el número de colectores será más ajustado en todos los meses.

En definitiva un profesional adecuadamente formado debe valorar atendiendo a los requerimientos específicos de la instalación, la climatología del lugar en cada estación del año, a su experiencia previa y a la disponibilidad de presupuesto la elección de una u otra tecnología.

2.2.- MODELO MATEMÁTICO DE POSICIÓN SOLAR

A través de los métodos numéricos podemos determinar las coordenadas solares en forma precisa. Para ello es necesario tener la ubicación geográfica del sitio en análisis: Latitud (λ) y Longitud (L), y también debemos definir el día del año (n) y la hora solar en que nos interesa determinar la posición solar.

Para fines del cálculo, la hora solar deberá expresarse en grados, del meridiano celeste del Sol respecto a la posición del medio día. El ángulo horario (τ) a las 12:00 h es igual a 00.00° (donde $1^\circ = 4$ minutos y $15^\circ = 60$ minutos). Matemáticamente el ángulo horario se define:

Para el tiempo a.m. el ángulo horario es positivo y para p.m. es negativo, de tal forma que a las 11:00 h el ángulo horario es igual a $+15^\circ$ mientras que a las 13:00 h es igual a -15° . De tal forma que el ángulo horario queda definido por:

$$\tau = (12 - \text{hora}) 15$$

El primer paso en el cálculo es determinar la declinación (δ), la cual puede obtenerse a partir de la ecuación de Cooper:

$$\delta = 23.45^\circ \text{sen} (360 ((284 + n)/365))$$

Donde:

n es el número del día consecutivo del año.

Las coordenadas solares: altura⁸ (h) y acimut (z), quedan definidas por las siguientes ecuaciones:

⁸ Altura = Cenit

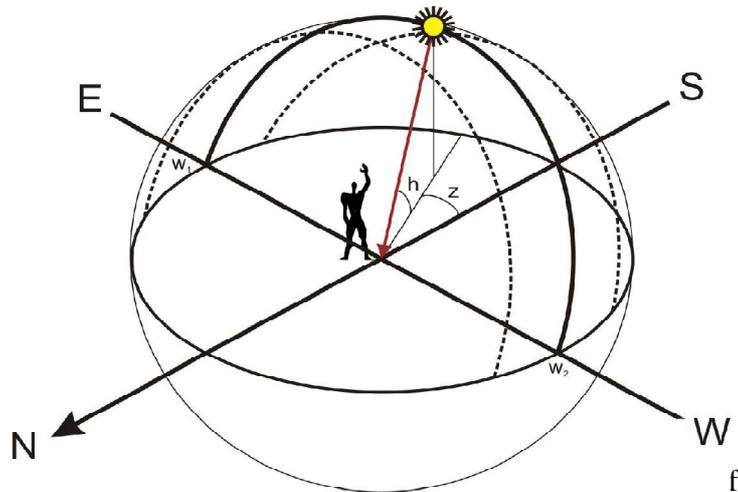


Figura. 2.9.- Ángulos de altura y acimut

Altura solar:

$$\text{sen } h = (\cos \lambda * \cos \tau * \cos \tau) + (\text{sen } \lambda * \text{sen } \delta)$$

Acimut solar:

$$\cos z = (\text{sen } h \text{ sen } \lambda - \text{sen } \delta) / (\cos h \cos \lambda)$$

Haciendo uso de las expresiones anteriores puede calcularse la longitud del día, es decir, el tiempo de sol desde el orto hasta el ocaso. (Haciendo $h = 0$)

$$w = 2 [\text{arc cos } (-\tan \lambda * \tan \delta)]; \text{ (ángulo horario)}$$

O bien: duración del día = $w / 15$; (horas)

Mientras que el Orto y el Ocaso se definen por:

Orto:

$$w_1 = +\text{arc cos } (\tan \lambda * \tan \delta); \text{ (ángulo horario)}$$

O bien:

$$\text{Orto} = w_1 / 15; \text{ (hora)}$$

Ocaso:

$$w_2 = -\text{arc cos } (-\tan \lambda * \tan \delta) \text{ (ángulo horario)}$$

O bien:

$$\text{Ocaso} = (w_2 / 15) + 12; \text{ (hora)}$$

Donde: Latitud (λ)

Altura solar (h)

Longitud (L)	Acimut (z)
Día del año (n)	Duración del día (w)
Declinación (δ)	Orto (w1)
Ángulo horario (τ)	Ocaso (w2)

Una vez definidas las coordenadas solares, altura y acimut, es posible determinar el ángulo de incidencia del rayo solar en relación a cualquier superficie inclinada con un ángulo (S) respecto al plano horizontal, y una orientación (o) con respecto al sur. Este ángulo de incidencia (θ) queda definido como el ángulo que se forma entre el rayo solar y la normal a la superficie.

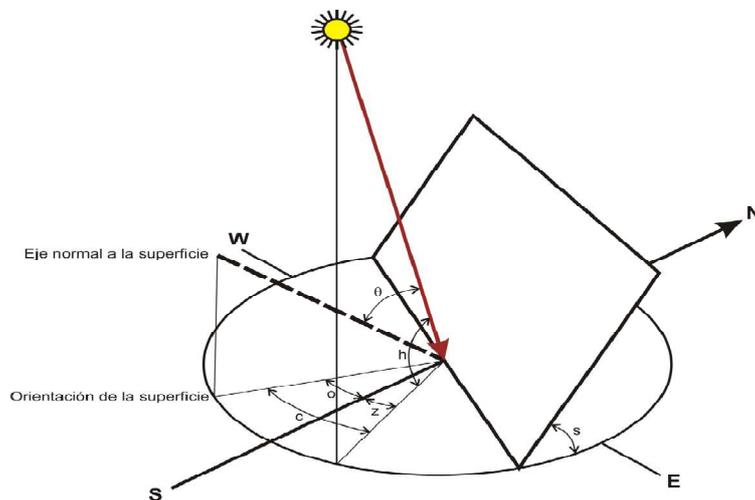


Figura. 2.10.- Ángulos con respecto al sol

Ángulo de Incidencia

$$\cos \theta = (\cos h \cdot \cos C \cdot \sin S) + (\sin h \cdot \cos S)$$

Donde:

θ = ángulo de incidencia

h = altura solar

C = ángulo formado entre el acimut del rayo solar y la proyección horizontal de la normal de la superficie; u orientación de la fachada (o).

S = inclinación de la superficie con respecto al plano horizontal.

Si la superficie es vertical (fachada), entonces:

$$\cos \theta = (\cos h \cdot \cos C)$$

Todas las expresiones anteriores están dadas en TIEMPO SOLAR VERDADERO. La relación entre el tiempo solar y el tiempo oficial o civil está dada por la expresión:

$$\text{TIEMPO SOLAR} = \text{TIEMPO OFICIAL} + \text{ET} + 4 (L_r - L_{loc})$$

Donde:

ET = Ecuación del tiempo

L_r = Longitud del meridiano de referencia horaria oficial

L_{loc} = Longitud del meridiano del lugar (local)

Ángulo de Incidencia

Meridianos de referencia horaria oficiales en la República Mexicana (hora legal)

Zona	Localidad	Meridiano de Referencia ESTACIONAL	Meridiano de Referencia NORMAL
1	Baja California Sur Chihuahua Nayarit, y Sinaloa	90 °	105 °
2	Sonora	105 °	105 °
3	Baja California Norte	105 °	120 °
4	Todas las demás Entidades Federativas	75 °	90 °

El

horario de verano (Estacional) inicia el primer domingo de Abril y finaliza el último domingo de Octubre.

La ecuación del tiempo puede consultarse en el Anuario Astronómico Nacional o se puede calcular de manera aproximada mediante la fórmula de Spencer :

$$\text{ET} = ((0.000075 + 0.001868 \cos (\Gamma) - 0.032077 \text{sen} (\Gamma) - 0.014615 \cos (2 \Gamma) - 0.04089 (2 \Gamma)) * 229.18$$

Donde:

ET = Ecuación del Tiempo

Γ = Ángulo diario (en radianes)

$$\Gamma = 2 \pi (n-1) / 365$$

Donde:

n = número de día consecutivo de año (1-365)

Por último de este capítulo dejare los datos de nuestro concentrador. En la siguiente figura 2.11 se muestra nuestro concentrador y algunos datos del mismo.

Concentrador:

Largo 200 cm

Ancho 120 cm

Foco 30 cm

Base del concentrador:

Ancho 120 cm

Largo 190 cm

Altura 75 cm y 140 cm



Figura. 2.11.- Concentrador cilíndrico parabólico

3.1.- SEGUIDOR SOLAR.

Un seguidor solar es una especie de girasol mecánico, ya que su misión consiste en que sus paneles solares sigan al Sol desde su salida hasta su puesta. De esta manera, aprovechan la radiación solar mucho mejor que los sistemas solares fijos. La gran variedad de prototipos permite su uso de manera asequible a grandes y pequeños consumidores, por lo que cada vez más empresas desarrollan dispositivos muy diversos. La función de un seguidor solar es aumentar la producción de los paneles fotovoltaicos y de concentración por medio de sistemas hidráulicos, eléctricos y electrónicos que siguen la trayectoria del sol como lo haría un girasol, captando de este modo la máxima radiación solar durante el mayor tiempo posible.

Y porque queremos exponerlo al sol nuestro concentrador? Para calentar el agua que se situada dentro de un tubo ubicada en el foco del colector cilíndrico parabólico y así hacer la función de calentar con mayor cantidad de calor por medio del sol reflejado en la base del colector cilíndrico parabólico. En la siguiente figura se muestra en concentrador cilíndrico parabólico que está en la F.E.S.⁹ Aragón



Figura. 3.1.- Concentrador solar cilindro

⁹ F.E.S. : Facultad de Estudios Superiores

El concentrador es tipo cilíndrico (figura. 3.1) está situado en el centro tecnológico de las F.E.S. Aragón diseñado para conectarse a un sistema de aire acondicionado, una turbina de vapor u otra aplicación práctica que se encuentre.



Figura. 3.2.- Concentrador solar cilíndrico parabólico posicionado de tal forma que los rayos están dirigidos al foco



Figura. 3.3.-Mecanismo del concentrador cilíndrico parabólico

a) Tipos de seguidores solares

Según las necesidades que se han ido desarrollando día con día nos hemos visto en la necesidad de desarrollar diversos tipos de seguidores solares de acuerdo a cada una de las diferentes necesidades y conforme a cada presupuesto.

Existen varios tipos de seguidores solares:

- a) Seguidor de 2 ejes
- b) Seguidor de eje polar
- c) Seguidor de eje azimutal (eje vertical)
- d) Seguidor de eje horizontal

a) En dos ejes: la superficie se mantiene siempre perpendicular al sol, es el que aprovecha al máximo la energía solar, pero debido a que la mecánica de los seguidores

de un sólo eje es mucho más simple, se suelen usar seguidores polares o azimutales principalmente. Existen de dos tipos:

1. Monoposte: un único apoyo central.
2. Carrusel: varios apoyos distribuidos a lo largo de una superficie circular.

b) En un eje polar: la superficie gira sobre un eje orientado al sur e inclinado un ángulo igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol. La velocidad de giro es de 15° por hora, como la del reloj.

c) En un eje azimutal: la superficie gira sobre un eje vertical, el ángulo de la superficie es constante e igual a la latitud. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano local que contiene al Sol. La velocidad de giro es variable a lo largo del día.

d) En un eje horizontal: la superficie gira en un eje horizontal y orientado en dirección norte-sur. El giro se ajusta para que la normal a la superficie coincida en todo momento con el meridiano terrestre que contiene al Sol.

Los paneles ubicados en una estructura fija y orientada a la zona del cielo en la que el Sol se encuentra en lo más alto. Sin embargo, durante el resto del día, los rayos solares inciden con un ángulo inferior a 90° , lo que disminuye la radiación captada. Por ello, los seguidores solares se crearon para aprovechar al máximo la luz solar durante todo el día. Así, dependiendo del tipo de instalación, pueden aumentar el rendimiento de los paneles solares entre un 30 y un 40%.

Los sistemas de seguimiento solar pueden utilizarse para obtener calor y energía renovable tanto en viviendas como en grandes complejos urbanísticos o industriales. Por un lado, se pueden aprovechar para producir agua caliente de uso doméstico o para instalaciones colectivas o de uso industrial; para climatizar piscinas; o para la calefacción y refrigeración de grandes superficies.

Por otro lado, su producción energética puede servir para abastecer de electricidad a lugares sin conexión a la red general eléctrica; para la extracción de agua en pozos aislados mediante bombeo; o para hacer funcionar centros de comunicaciones, alarmas, sistemas automáticos, etc., como por ejemplo las señales luminosas de tráfico.

3.2.- COMPARACIÓN ENTRE SEGUIDORES SOLARES Y PANELES FIJOS

Los paneles ubicados en una estructura fija y orientada a la zona del cielo en la que el Sol se encuentra en lo más alto. Sin embargo, durante el resto del día, los rayos solares inciden con un ángulo inferior a 90° , lo que disminuye la radiación captada. Por ello, los seguidores solares se crearon para aprovechar al máximo la luz solar durante todo el día. Así, dependiendo del tipo de instalación, pueden aumentar el rendimiento de los paneles solares entre un 30 y un 40%.

Los sistemas de seguimiento solar pueden utilizarse para obtener calor y energía renovable tanto en viviendas como en grandes complejos urbanísticos o industriales. Por un lado, se pueden aprovechar para producir agua caliente de uso doméstico o para instalaciones colectivas o de uso industrial; para climatizar piscinas; o para la calefacción y refrigeración de grandes superficies.

Por otro lado, su producción energética puede servir para abastecer de electricidad a lugares sin conexión a la red general eléctrica; para la extracción de agua en pozos aislados mediante bombeo; o para hacer funcionar centros de comunicaciones, alarmas, sistemas automáticos, etc., como por ejemplo las señales luminosas de tráfico.

Asimismo, otra manera de rentabilizar estos aparatos es mediante la venta de la energía eléctrica producida. En este sentido, las compañías eléctricas tienen la obligación de comprar la electricidad generada en las instalaciones.

Una instalación con seguidor solar automático puede durar hasta 30 años y amortizarse en entre cinco y diez años. En cuanto al gasto extra que supone instalarlos y su posible amortización, sus defensores aseguran que el gasto se recupera rápidamente, especialmente en países con muchas horas de sol, como España. Para ello se basan en los ingresos que generan estas instalaciones, en el bajo coste de mantenimiento, en su larga vida útil, y en las ayudas públicas que pueden conseguirse. Por ejemplo, una instalación con seguidor solar automático puede durar hasta 30 años y amortizarse en entre cinco y diez años.

En la siguiente Figura 3.2 nos ilustrara de la comparación fotovoltaica de un seguidor solar (color rojo) y de un panel fijo (color azul) lo cual es prácticamente similar a un concentrador térmico. En la parte inferior se muestran las horas del día y en la parte izquierda la energía generada es claramente notable que un seguidor sea casi 2 veces

mejor que un panel fijo para un colector de alta y media temperatura por su alta concentración durante más horas del día.



Figura. 3.4.-Comparacion de una celda fija y con seguimiento

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DEL SEGUIDOR SOLAR

Para este proyecto fue en un principio utilizado un circuito prediseñado para seguir el sol pero su funcionamiento no era el correcto ya que al poco tiempo se quemaron componentes, por esta misma razón se hizo este ultimo prototipo que si funciona (retomando conocimientos de un curso de mini robótica) pero con ciertas limitaciones que más adelante serán mencionadas, como este proyecto su aplicación fue practica se hicieron varias pruebas, tanto en el circuito eléctrico como en el posicionamiento de los sensores. En este capítulo se mencionaran algunas propuestas para mejorar el funcionamiento o para corregir ciertos errores de dicho proyecto. A continuación en la figura 4.1 se encuentra montado en circuito seguidor solar en protoboard preparado para pruebas en el concentrador cilíndrico parabólico.

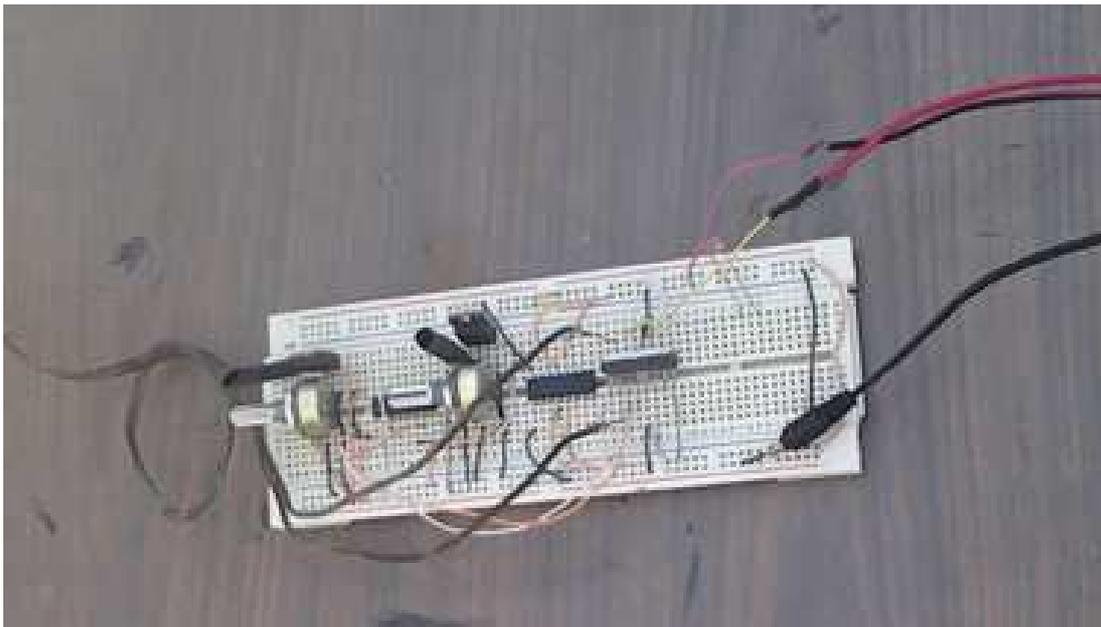


Figura. 4.1.- Seguidor solar montado en protoboard

4.1- DISEÑO DEL CIRCUITO SEGUIDOR SOLAR

Este circuito está diseñado para mover un motor que mediante un pistón mueve un concentrador térmico para cual fue utilizado un circuito seguidor de luz, también lo he diseñado para cuando llegue a cierta temperatura active un ventilador el cual mediante un disipador de calor enfrié el circuito para evitar que se queme alguna componente en especial el driver del motor.

Etapas del circuito

Está compuesto por las siguientes etapas:



a) Control

La etapa de control quizás esta etapa sea la más importante de todas ya que con esta etapa se lleva acabo todo el control y si esta etapa falla todo nuestro sistema. El control en nuestro caso está compuesto por dos sensores y dos transistores los cuales se encargaran de actuar al incidir la luz o en la ausencia de ella, elegí como sensores fotorresistencias (LDR), el circuito está configurado de tal forma que cuando la luz incida directamente sobre la LDR su resistencia disminuirá y aumentara el potencial electico en la base del transistor (Tip 122) llevándolo a regio de saturación y así dando la señal para que actué el motor, cuando no incida la luz sobre la LDR incrementara varios mega ohms llegando a regio de corte del transistor evitando el movimiento del motor. La sensibilidad a la luz está dada por una resistencia variable junto con la LDR hace un divisor de voltaje, a menor resistencia (variable) menor sensibilidad a la luz tendrá nuestro circuito, esto quiere decir que cuando nuestra resistencia variable incremente el motor se activa con mayor facilidad. A continuación una breve descripción de las componentes usadas.

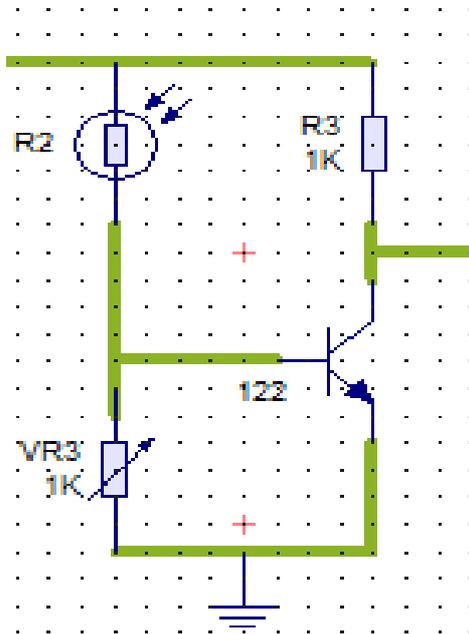


Figura. 4.2.-Etapas de control del seguidor solar

LDR (fotorresistencia)



símbolo

Figura. 4.3.- Imagen del sensor LDR y su símbolo eléctrico

Resistencia Dependiente de la Luz (LDR) son, como su nombre lo indica, resistencias cuyo valor varía de acuerdo al nivel de luz al que están expuestas. Un fotorresistor está hecho de un semiconductor de alta resistencia. Si la luz que incide en el dispositivo es de alta frecuencia, los fotones son absorbidos por la elasticidad del semiconductor dando a los electrones la suficiente energía para saltar la banda de conducción. El electrón libre que resulta conduce electricidad, de tal modo que disminuye la resistencia. Si bien los valores que puede tomar una LDR en total oscuridad y a plena luz puede variar un poco de un modelo a otro, en general oscilan entre unos 50 a 1000 ohmios (1K) cuando están iluminadas (por ejemplo, con luz solar) y valores comprendidos entre 50K (50,000 Ohms) y varios megohmios cuando está a oscuras.

Transistor (Tip122)

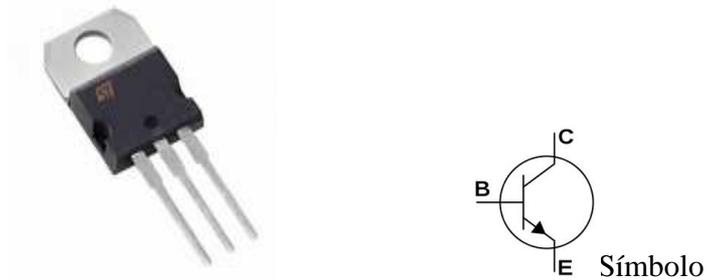


Figura. 4.4.-Imagen del transistor TIP122 y su símbolo eléctrico

Es un transistor de potencia darlington (dos transistores conectados en cascada para aumentar la ganancia). El transistor complementario (mismas características salvo que es PNP, es el TIP 127). Su elevada ganancia permite conectar la base al microcontrolador, y el colector a circuitos de elevada potencia, sin ninguna etapa previa. Y si funciona con un microcontrolador también puede ser utilizado con alguna otra componente para su mayor precisión. La serie de TIP 120, TIP 121, TIP 122 son transistores NPN.

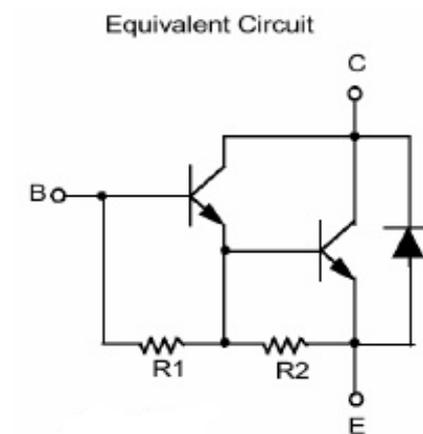


Figura. 4.5.- Circuito equivalente del TIP122

b) Acoplamiento conversión analógica/digital

En la etapa de acoplamiento o también como se puede llamar analógica digital por el hecho de que cierto voltaje entra y es transformado a un voltaje mayor o menor evitando margen de error lo mejor conocido como un estado alto un estado bajo, en esta parte del circuito es la que le da cierta precisión y evita algunos fallos todo esto por medio de un Schmitt Trigger ya que en el proceso de la construcción se vio algunos errores si se conectaba directamente los transistores al driver del motor. Hay que agregar que también sirve como inversor pero eso no afecta en nada el funcionamiento de seguidor solar.

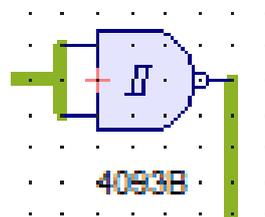


Figura. 4.6.- Etapa de acoplamiento digital del seguidor solar

Schmitt Trigger (CD4093B)



Figura. 4.7.- Imagen del Schmitt trigger CD4093 y su símbolo eléctrico

Los datos del fabricante son los siguientes:

Características

- Amplio rango de tensiones de suministro: 3.0V a 15V
- Schmitt-trigger en cada entrada sin componentes externos
- Inmunidad de ruido mayor que 50%
- No hay límite en el aumento de la entrada y el tiempo de caída
- Estándar de la serie B de salida del convertidor

Hysteresis voltage (any input) TA \square 25 \square C

Typical

VDD = 5.0V VH = 1.5V ← Este es el voltaje que utilizamos

VDD = 15V VH = 2.7V

c) Potencia

Etapa de potencia consiste en darle un incremento eléctrico a la salida del circuito el cual sea adecuado para el funcionamiento del concentrador térmico la potencia requerida para el motor de dicho concentrador es de aproximadamente un 2 Amperes el problema previo que incidía en anteriores circuitos era esta parte la etapa de potencia la cual se logro superar, en este caso utilice para la etapa de potencia la componente L298 (multiwatt15).

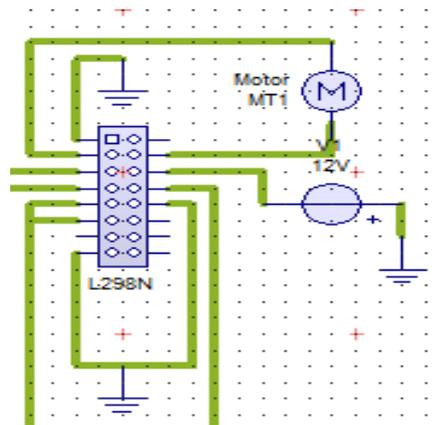
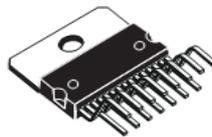


Figura. 4.8.- Etapa de potencia del seguidor solar

L298 (Multiwatt15)



Multiwatt15

Figura. 4.9.-Imagen del L298 (driver de motor)

Esta componente es un driver, tiene un alcance máximo de 4 Amperes lo cual es suficiente para nuestra necesidad de 2 Amperes y alcanza un voltaje de suministro de hasta 46v teniendo una lógica de unos y ceros y el rango para detectar un cero es de menos de 1.5v y el rango para el uno es un voltaje mayor al 1.5v

- Voltaje operativo de suministro de hasta 46 V
- Corriente total hasta 4 A
- Tensión de saturación BAJA
- Protección de sobrettemperatura e inmunidad al ruido
- "0" Voltaje de entrada hasta 1,5 V

4.2.- CONSTRUCCIÓN

En la construcción del seguidor solar se detallara como fue construido, como también su funcionamiento del circuito ya que fue en base a prueba y error esto quiere decir que conforme a los errores se fueron corrigiendo.

A) Construcción del circuito para un eje

Este circuito fue construido para seguir al sol efectuando pruebas en el centro tecnológico de la FES Aragón en la siguiente figura 4.10 se encuentra nuestro circuito seguidor solar en su última etapa, para poder llegar a esta parte se tuvo que pasar por muchos errores ya que este proyecto fue en base a la prueba y error de su funcionamiento como objetivo principal seguir al sol.

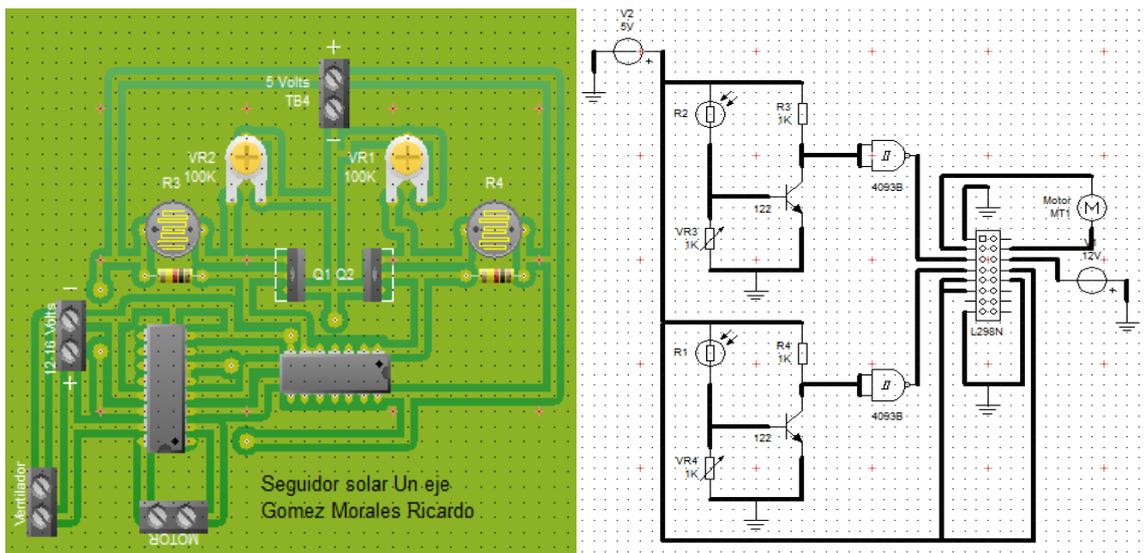


Figura. 4.10.- Circuito seguidor solar

a) Funcionamiento

Cuando el sensor LDR recibe luz, disminuye su resistencia, por lo que en la Rv (resistencia variable) habrá una caída de tensión suficiente como para hacer que circule corriente por la base del transistor (Tip 122), que conduzca y se active el giro del motor, en este caso el pulso enviado ira conectado a nuestra componente CD4093.

Cuando la luz disminuye, la resistencia de la LDR aumenta; en estas condiciones toda la tensión estará prácticamente en la LDR y casi nada en R_v con lo que no circulará suficiente corriente por la base del transistor y éste permanecerá en corte y no habrá giro por esta parte y viceversa para ambos lados. En la siguiente figura 4.11 se muestran ambas partes de las cuales está constituido la zona de control y sensado

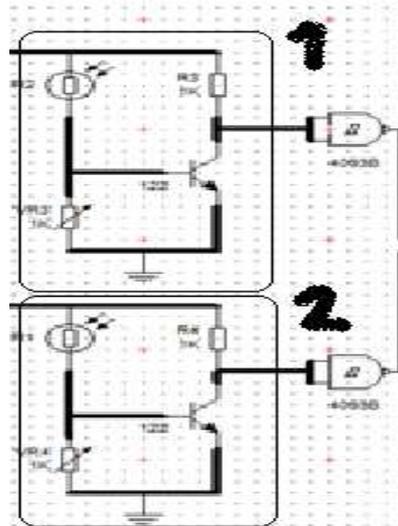


Figura. 4.11.-Primera y segunda parte del control y sensado del seguidor solar

Con los sensores y el transistor en su lugar, el siguiente paso está procesando la salida para detectar los que será el giro del motor. El enfoque básico es ejecutar la salida analógica a través de un Schmitt Tiger (CD4093) previamente mencionado con el fin de digitalizar los pulsos. Un Schmitt Tiger es un tipo especial de circuito comparador que muestra "histéresis", o algún recuerdo de lo que ha ocurrido en el pasado. Cuando una entrada supera un umbral¹⁰ máximo, la salida pasa a nivel alto. La salida no pasa baja de nuevo hasta que la entrada cae por debajo de un umbral mínimo. Cuando la entrada de nuevo supera el máximo, la salida pasa a nivel alto, una vez más, y así sucesivamente. Esto evita una serie rápida de impulsos cuando una señal con ruido fluctúa sobre un umbral.

En la siguiente figura 4.12 se muestra como fluctúa la señal entrante al sistema en el Smith Tiger y como sale sin ruido y sin fluctuación, este era uno de los últimos errores de nuestro sistema que fluctuaba la señal y eso evitaba la detección de driver de motor para el movimiento del motor

¹⁰ Umbral: cantidad mínima de [señal](#) que ha de estar presente para ser registrada por un [sistema](#)

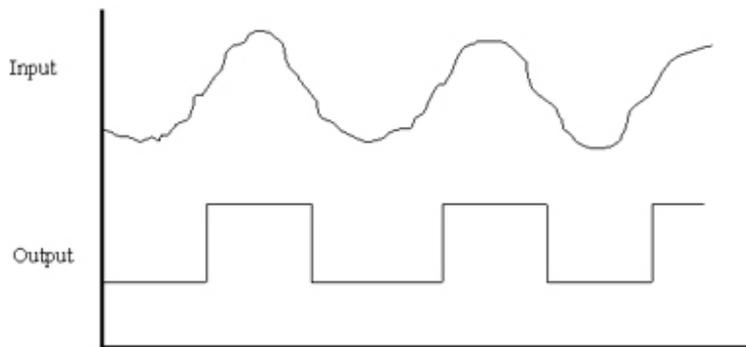


Figura. 4.12.- Fluctuación de entrada y su salida con el CD4093

En la siguiente Tabla 4.1 se muestra el voltaje de entrada y como es invertido y elevado o disminuido pasando un umbral a un voltaje de salida

Tabla 4.1.-Características eléctricas de parámetros y condiciones del Schmitt trigger

Símbolo	Parámetro	Condiciones	-55°C	-55°C	+25°C	+25°C	+25°C	+125°C	+125°C	U.
Vt-	Umbral de voltaje negativo de entrada	Vdd=5v, Vo=4.5v	1.3	2.25	1.5	1.8	2.25	1.5	2.3	V
		Vdd=10v, Vo=9v	2.85	4.5	3.0	1.1	4.5	3.0	4.65	
		Vdd=15v, Vo=13.5v	4.35	6.75	4.5	6.3	6.75	4.5	6.9	
Vt+	Umbral de voltaje positivo de entrada	Vdd=5v, Vo=0.5v	2.75	3.6	2.75	3.3	3.5	2.65	3.5	V
		Vdd=10v, Vo=1v	5.5	7.15	5.5	5.2	7.0	5.35	7.0	
		Vdd=15v, Vo=1.5v	8.25	10.65	8.25	9.0	10.5	8.1	10.5	

La salida de la parte de acoplamiento será de $V_o^{11} = 4.5v$ y 0.5 esto será más fácil para el movimiento del motor los $4.5v$ será un estado alto (1) y los $0.5v$ será un estado bajo (0) como sabemos antes mencionado el L298 es basado en una lógica de unos y ceros, tomando valores menores a $1.5v$ como ceros y mayores a $1.5v$ como unos por lo tanto cumple con el requisito para el correcto funcionamiento de driver del motor, cuando tengamos la combinación de (1,0) o (0,1) el motor activara y comenzara el funcionamiento para alguna dirección ya sea derecha o izquierda respectivamente, pero si se tiene una igualdad de voltajes a la salida que sería una combinación de (0,0) o (1,1) el motor no actuara ya que entenderá que están ambos sensores frente al sol o en una oscuridad total. A continuación haremos una tabla del funcionamiento.

¹¹ voltaje de salida

Tabla 4.2.- Combinaciones para activar o desactivar el giro del motor

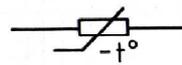
S1	S2	
0	0	No activa movimiento
0	1	Activa movimiento (derecha)
1	0	Activa movimiento (izquierda)
1	1	No activa movimiento

Por lo tanto tenemos que cuando hay diferencias de voltajes en la entrada del driver del motor habrá movimiento del mismo, causando así el seguimiento del sol por medio de la localización de luz solar inducida a los sensores.

B). Ventilación automática

La idea de la ventilación automática surgió de unas prácticas de laboratorio encontradas en la red solo que en esta práctica es la activación de un relevador por medio de luz. Esto es que cuando la luz incida sobre la LDR el relevador se active dejando pasar el voltaje pudiendo colocar un foco una alarma o lo que se requiera, en este caso se coloco un ventilador y analizando las componentes del sensado podemos concluir ya teniendo conocimientos previos sobre sensores, que se podría sustituir la LDR por una NTC para poder ser utilizado por medio de temperatura y no por medio de luz hay que definir que es una NTC.

Resistencia NTC



Símbolo

Figura. 4.13.- Imagen del sensor NTC y su símbolo eléctrico

La resistencia NTC (Negative Temperature Coefficient) es una resistencia cuyo valor óhmico depende de la temperatura. Esta resistencia se caracteriza por su disminución del valor óhmico a medida que aumenta la temperatura, por tanto presenta un coeficiente de temperatura negativo. Eso quiere decir que cuando la temperatura aumenta la resistencia disminuye

En tanto el sensor LDR trabaja de la misma manera cuando incide la luz en LDR la resistencia disminuye la diferencia es que un sensor trabaja con temperatura y el otro con luz.

Primeramente veamos el circuito originalmente encontrado

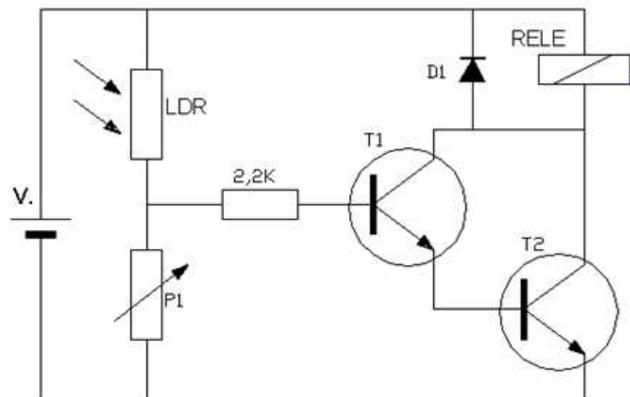


Figura. 4.14.-Circuito que activa un relevador por medio de luz

Ahora se sustituirá el sensor NTC

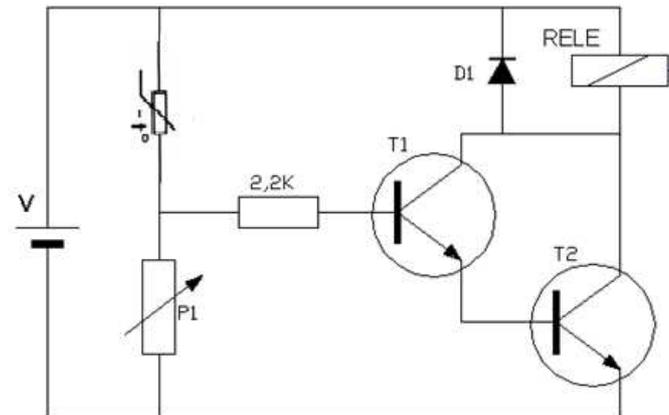


Figura. 4.15.-Circuito que activa un relevador por medio de temperatura

a) Funcionamiento

Cuando la temperatura incremente la NTC tendrá un descenso en su resistencia y aumenta el potencial eléctrico en la base de T1, lo cual hace que ambos transistores se saturen y, por tanto, el relé se activará y su contacto se cerrará. Por el contrario, cuando exista un decremento en la temperatura, aumenta su resistencia de la NTC y disminuye el potencial de base de T1, por lo que ambos transistores se cortarán, el relé se desactiva y su contacto permanecerá abierto. De esta manera cuando se rebase cierta temperatura el ventilador se activara y comenzara a enfriar las componentes del seguidor solar dando así mejor rendimiento de dichas componentes después de cierto tiempo que el ventilador permaneció encendido disminuirá la temperatura de las componentes y desactivando el ventilador por el decremento de la temperatura, el sensor estará pendiente de la temperatura de la componente L298 que es el driver del motor y la componente que más se calienta esta componente está conectada a un disipador de calor para aumentar la velocidad de enfriamiento, el relevador va conectado a una alimentación de 16v y estos 16v alimentara el ventilador

El potenciómetro permite un ajuste fino de las condiciones ambientales de temperatura

4.3.- EVALUACIÓN DEL SEGUIDOR SOLAR

Los principales objetivos requeridos del seguidor solar para su buen funcionamiento son los siguientes:

- Seguir al Sol durante el día
- Tener la suficiente potencia para mover el concentrador cilíndrico parabólico correctamente
- Regresar el concentrador a su punto de origen después de transcurrir el día de luz

En un principio el seguidor solar fue construido y evaluado en un laboratorio en el centro tecnológico de las FES Aragón (figura.4.16) el circuito seguidor solar fue montado primeramente en protoboard , después de ver que su funcionamiento dentro del laboratorio era el correcto nos dirigimos a probarlo en la concentrador cilíndrico parabólico (figura.4.17).

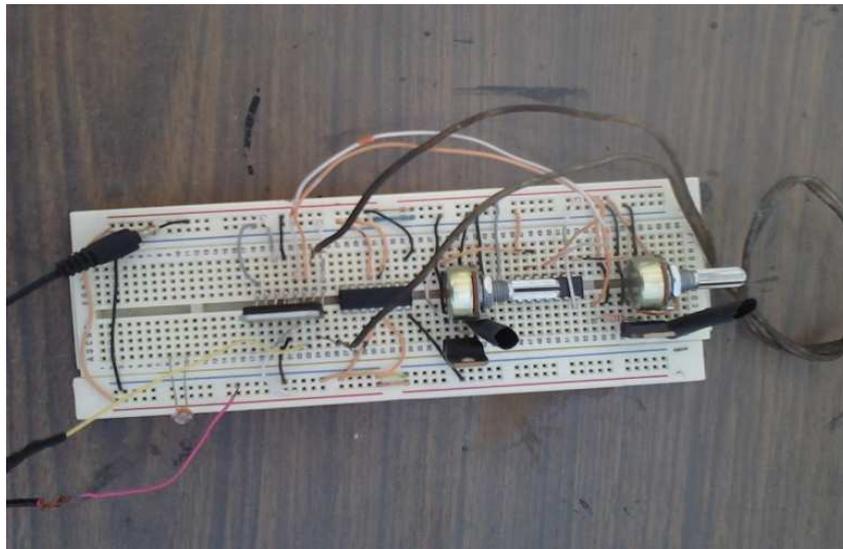


Figura. 4.16.- Seguidor solar en evaluación



Figura. 4.17.- Seguidor solar en evaluación conectado al concentrador

Posteriormente ya viendo su correcto funcionamiento de seguir al sol y más que nada que moviera el concentrado dirigido hacia el sol (esto era uno de los tres principales objetivos), fue montado en plaqueta al igual que en montaje en protoboard su de la misma manera evaluado en laboratorio antes de conectarlo a concentrador como se muestra en la figura 4.18

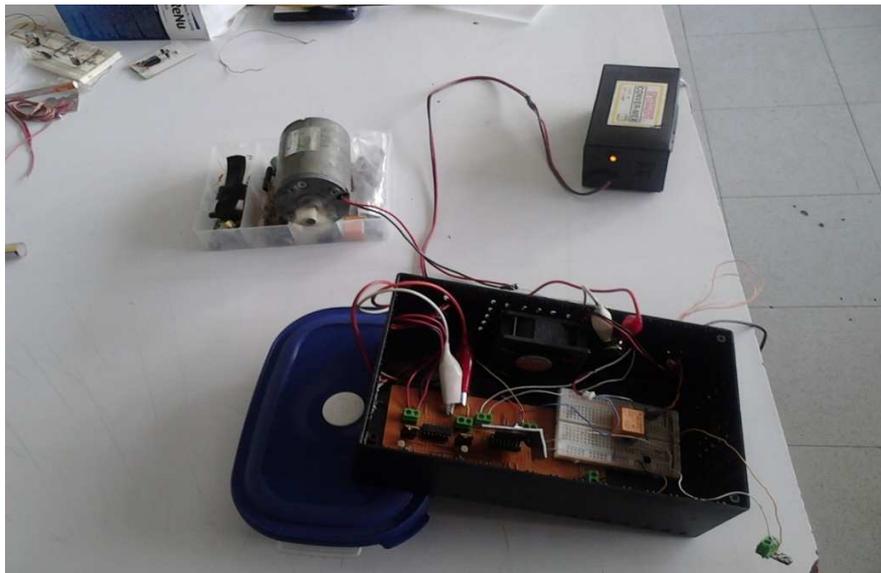


Figura. 4.17.- Evaluación en laboratorio del seguidor solar montado en plaqueta

El funcionamiento del circuito seguidor solar fue correcto sabiendo esto se probó el circuito en el concentrador solar dando un buen seguimiento del sol durante las horas del día.

Aun que el mayor problema fue ubicar ambos sensores para la mayor precisión posible, en un principio como se muestra en la figura 4.18 ubicamos los sensores dentro de un tubo de pvc pintado de negro y con una tapa de cristal de tal manera que permitiera entrar a los rayos del sol directamente a los sensores



Figura. 4.18.-Concentrador con sensores ubicados en medio

El problema producido por el lugar donde se encuentran colocados los sensores es que el mismo reflejo del concentrador logra pegar en un costado el tubo de pvc, dejando por varios minutos colocado en esa posición el tubo de pvc se quemaba, por lo tanto se cambiaron de posición los sensores y deparándolos para una mejor concentración posicionando los sensores en cada lado del concentrador.

Después de lograr un buen funcionamiento se comenzaron a tomar medidas de temperatura.

A continuación se mostraran las mediciones de temperatura en el tubo que va en el centro del concentrador cilíndrico parabólico. Son tres medidas las partes inferior media y alta



Figura. 4.19.-Cocentrador dividido en tres secciones de medición.

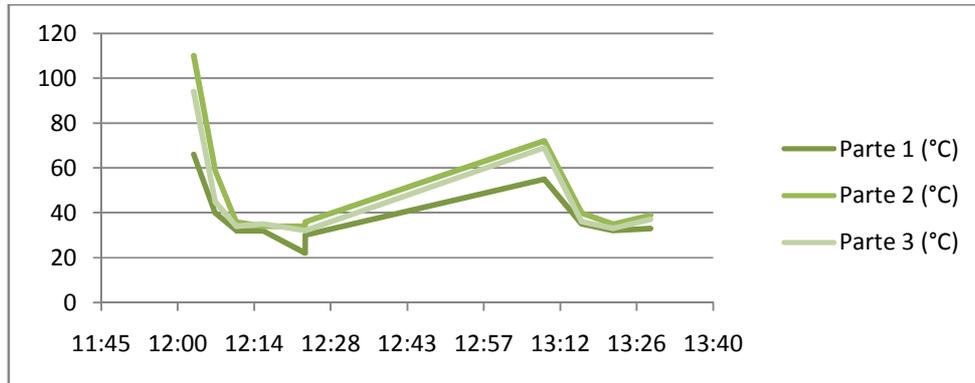
Toma de mediciones 1.

Fecha: 28 de Marzo del 2012

En la medición siguiente se nota una variación de temperaturas que son provocadas por ciertas nubes que bloquearon el contacto directo del con el concentrador.

Tabla 4.3.-Primera evaluación con registro de temperatura

Hora	Sección 1 (°C)	Sección 2 (°C)	Sección 3 (°C)
12:03	66	110	94
12:07	40	59	45
12:11	32	36	34
12:16	32	34	35
12:24	22	34	32
12:24	30	36	32
13:09	55	72	69
13:16	35	40	36
13:22	32	35	33
13:29	33	39	37



Gráfica 4.1.-Grafica de Medición de temperatura de concentrador cilíndrico parabólico con cielo seminublado

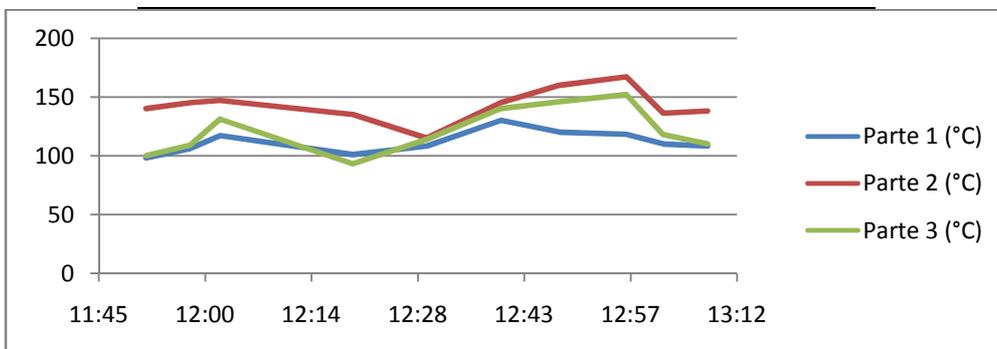
Toma de mediciones 2

En la toma de mediciones de temperatura siguiente se muestra cierta estabilidad pero aun con variaciones notables por el paso de las nubes.

Fecha: 30 de marzo 2012

Tabla 4.4.-Segunda evaluación con registro de temperatura

Hora	Sección 1 (°C)	Sección 2 (°C)	Sección 3 (°C)
11:52	98	140	100
11:58	106	145	109
12:02	117	147	131
12:20	101	135	93
12:30	108	115	114
12:40	130	145	140
12:48	120	160	146
12:57	118	167	152
13:02	110	136	118
13:08	108	138	110



Gráfica 4.2.-Segunda grafica de medición de temperatura

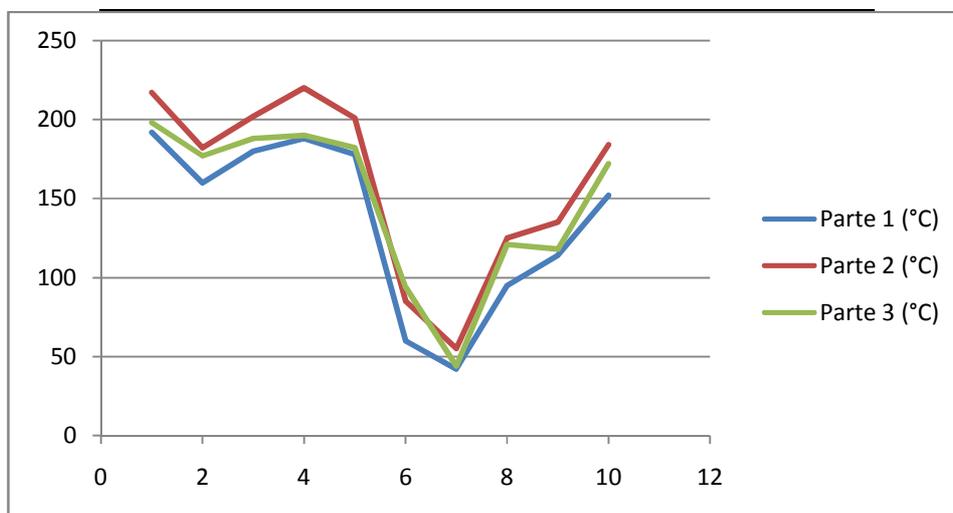
Toma de mediciones 3

Fecha: 09 de Abril 2012

La tercer toma de mediciones fue en un día nublado y con mucho aire por el cual se bajo demasiado la temperatura hasta llegar a por debajo de los 50.

Tabla 4.5.-Tercera evaluación con registro de temperatura

Hora	Sección 1 (°C)	Sección 2 (°C)	Sección 3 (°C)
12:18	192	217	198
12:23	160	182	177
12:27	180	202	188
12:33	188	220	190
12:37	178	201	182
12:40 ¹²	60	85	94
12:46	42	55	44
12:53	95	125	121
13:01	114	135	118
13:07	152	184	172



Gráfica 4.3.- Tercera grafica de medición de temperaturas

Toma de mediciones 4

Fecha: 12 de Abril 2012

En esta ultima toma de temperaturas el cielo estaba despejado con muy poca nubosidad y la estabilidad de temperaturas fue muy pareja con un promedio de 189°C en la primera

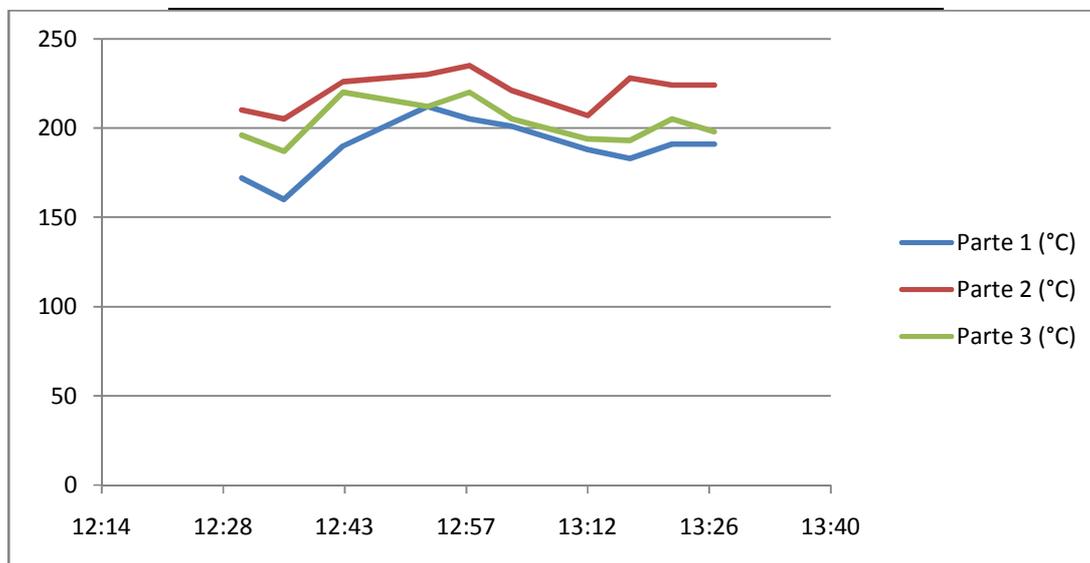
¹² Se nublo e hizo viento fuerte

sección, con 221°C en la segunda sección y por último 203°C en la tercera sección. Esto nos demuestra que en los costados hay descenso de temperatura.

Como se puede observar las medidas de la sección media (sección 2) se diferencia de las otras 2 y su medición es mayor referente a incremento de temperatura, ya que los costados tienden a enfriarse por convección ya que está sujetado por los brazos que absorben un poco de temperatura. La estabilidad se efectúa cuando no hay nubes que es cuando sigue al sol sin problemas y se logra obtener la mayor y estable temperatura, esto se observa en la última medición.

Tabla 4.6.-Cuarta toma de temperatura

Hora	Sección 1 (°C)	Sección 2 (°C)	Sección 3 (°C)
12:31	172	210	196
12:36	160	205	187
12:43	190	226	220
12:53	212	230	212
12:58	205	235	220
13:03	201	221	205
13:12	188	207	194
13:17	183	228	193
13:22	191	224	205
13:27	191	224	198



Gráfica 4.4.-Cuarta grafica de medición de temperatura

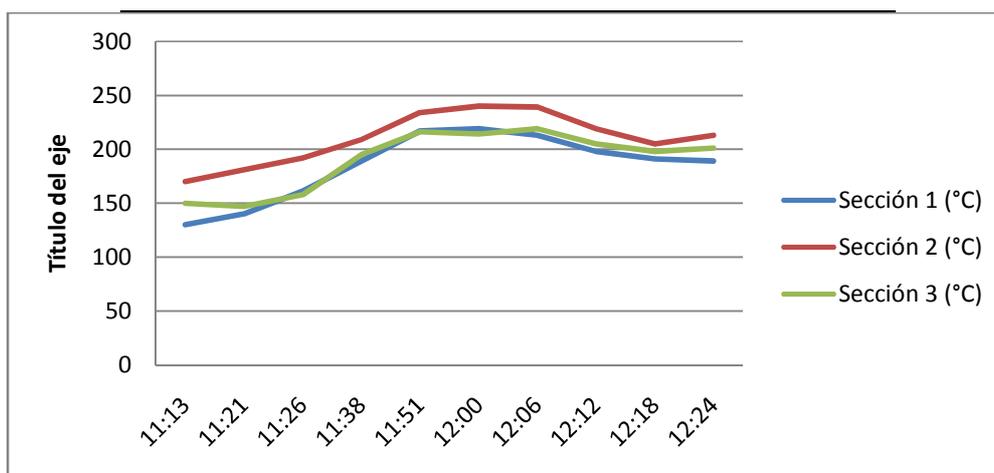
Toma de mediciones 5

Fecha: 29 de Agosto 2012

En esta toma de mediciones se nota cierta estabilidad en las temperaturas ya que fue un día despejado y con muy pocas nubes.

Tabla 4.7.-Quinta toma de temperatura

Hora	Sección 1 (°C)	Sección 2 (°C)	Sección 3 (°C)
11:13	130	170	150
11:21	140	181	147
11:26	161	192	158
11:38	189	209	195
11:51	217	234	216
12:00	219	240	214
12:06	213	239	219
12:12	198	219	205
12:18	191	205	198
12:24	189	213	201



Gráfica 4.5.-Quinta y última grafica de medición

A) Limitaciones

Uno de los problemas que surgió durante la evaluación y pruebas de seguidor solar fue que cuando hay nubes por tiempo prolongado el seguidor solar se desfasa y de tal manera al desfasarse si el sol se encuentra ubicado fuera de la detección de algunos de los sensores no hay movimiento y se pierde el seguimiento solar, y se restablece hasta el siguiente día que vuelvan a detectar el sol

El sistema seguidor solar estuvo trabajando aproximadamente una semana completa con lo cual logramos observar que tuvo un buen funcionamiento siempre y cuando el cielo estuviera despejado , regresando al día siguiente sin problemas, pero el problema después fue el que el uso constante de la fuente hizo que ya no funcionara correctamente, todas las componentes tiene un buen funcionamiento después de más de 5 meses de pruebas solo está limitada por la fuente de alimentación que es propensa a quemarse por el uso continuo.

B) Propuestas

Seguidor solar dos ejes

Como previamente comprobamos el funcionamiento correcto del seguidor solar ahora vamos a proponer un sistema que ayude a seguir el sol con mayor con mayor precisión y es un seguidor solar de dos ejes, prácticamente es el mismo principio del seguidor solar de un solo eje solo que serian dos motores y dos circuitos similares seria el mismo concentrador solar con que hemos estado trabajando esto sería montado en una plataforma la cual permita el movimiento giratorio por medio de un motor pero dado el caso de la potencia debería también rediseñarse el concentrador de tal forma que sea más liviano para un mejor seguimiento la idea es la siguiente:

Los sensores estarían colocados en la parte superior e inferiores del concentrador colocados de tal manera que sean cubierto por una sombra la cual sea colocada referentemente al movimiento solar con esto me refiero a que con el paso del tiempo durante el día los primeros sensores del seguidor solar de un solo eje lo siga como normalmente lo hace pero como el movimiento del sol no sigue una línea recta si no se mueve en forma de parábola, hay cierto desfase para este desfase serán colocados los otros 2 sensores en cada polo del concentrador cuando el sol no esté en el control del concentrador cubrirá con sombra alguno de dichos sensores secundarios el

cual activara el movimiento de la base y se dispondrá a buscar el sol permitiendo así mejor concentración solar .

Seguir al sol por medio de tiempos

La tierra tiene un movimiento de rotación en torno a un eje y otro de translación de forma elíptica alrededor del sol (figura. 4.20). El primero de estos movimientos hace que un punto sobre ella se vea iluminado de forma periódica por el sol, originando el día y la noche, el segundo movimiento hace que los tiempos de exposición al sol sean variables originando las estaciones. Esta variación en los tiempos de exposición es debido a que el eje de rotación de la tierra permanece prácticamente siempre paralelo a sí mismo con un ángulo de $66^{\circ} 33'$ respecto al plano de la elíptica (plano que contiene a la trayectoria de la tierra).

Llamamos declinación (δ) al ángulo formado por la línea que une los centros de la tierra y el sol y su proyección sobre el ecuador E.

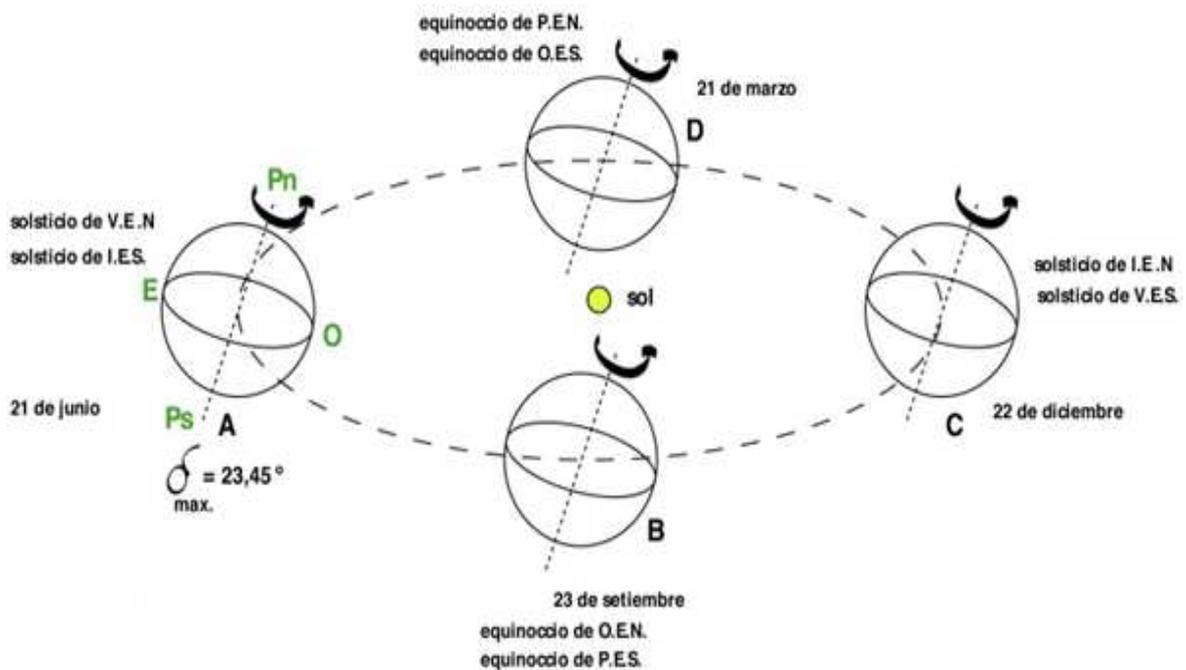


Figura. 4.20.-Solsticios y equinoccios del año

Cuando la tierra está en **A** la declinación tiene su valor máximo positivo disminuyendo hasta ser igual a 0 en **B** (23 de setiembre). En **C** la declinación toma el valor de $-23^{\circ} 27'$

Y va aumentando hasta anularse en **D**.

En la figura. 4.21, vemos como varían las horas del día que permanece la tierra iluminada de acuerdo a la fecha y a las distintas latitudes

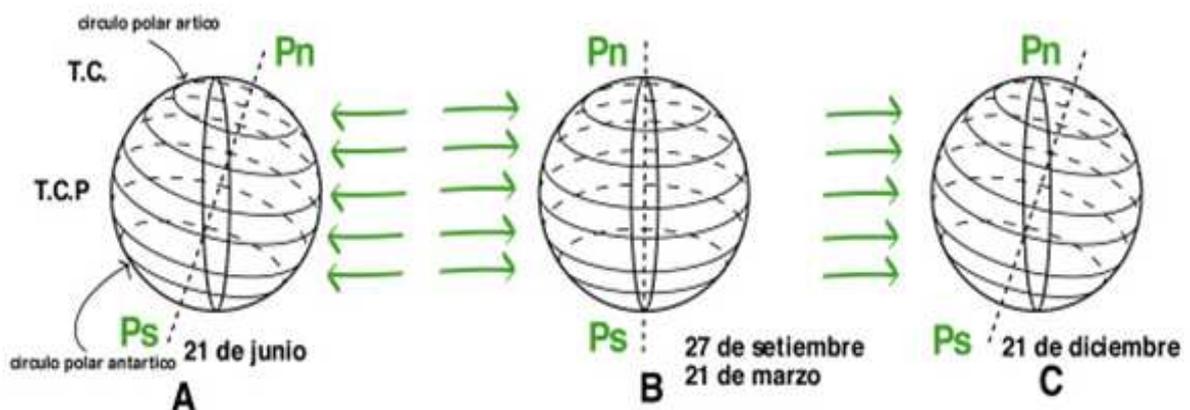


Figura. 4.21.-Variación de latitudes respecto a la estación del año

Para cualquier día del año podemos determinar la declinación (σ) con la siguiente fórmula

$$\sigma = 23,45^\circ \times \text{sen} [360^\circ (284+n)]/365$$

Siendo

23,45° declinación máxima en notación centesimal

360° los grados de una circunferencia

n número del día que se está calculando (por ejemplo 20 de febrero n =51)

*total de los días del año

*es un número que ponemos en la expresión para corregir el hecho que comenzamos a contar los días en forma arbitraria.

Latitud. Denominamos de esta forma al ángulo formado por la línea que une el centro de la tierra con un punto sobre la superficie de la misma y el plano del ecuador. Este ángulo se denomina paralelo y es positivo hacia el hemisferio norte y negativo al sur.

Longitud. Es la otra coordenada que se utiliza junto con la latitud para la ubicación de un punto sobre la tierra, y está definido como la distancia angular entre el meridiano de Greenwich (origen arbitrario) y el meridiano del lugar. Las longitudes se consideran positivas al oeste y negativas al este. Se denominan meridianos a los círculos imaginarios que pasan por los polos.

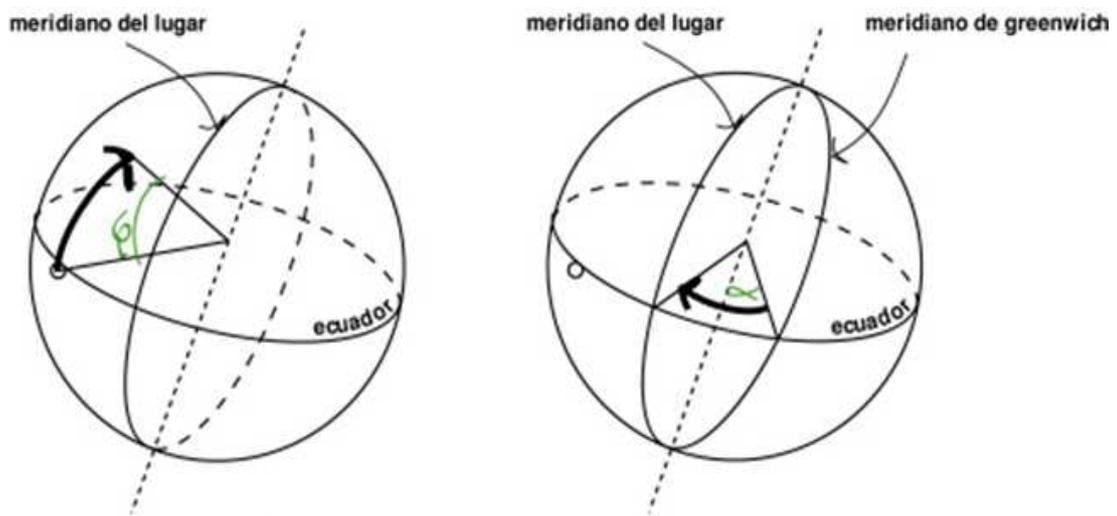


Figura. 4.22.-Latitud y longitud terrestre

Se utilizan fundamentalmente dos sistemas de coordenadas para ubicar la posición del sol sobre la bóveda celeste.

El sistema denominado ecuatorial que es un sistema independiente de la posición del observador y el sistema horizontal que es subjetivo ya que depende de la posición del observador (este es el centro del sistema). Este último es el que vamos a detallar por ser el más práctico para resolver problemas de asoleamiento.

Para un observador situado en la tierra, el sol realiza una trayectoria aparente, distinta cada día, que se repite cada seis meses excepto para los recorridos extremos (solsticios de verano e invierno) que se producen una vez cada año.

Para un observador, apoyado en un plano horizontal, podemos definir la posición del sol por dos variables, la altura solar y el azimuth. (figura. 4.23)

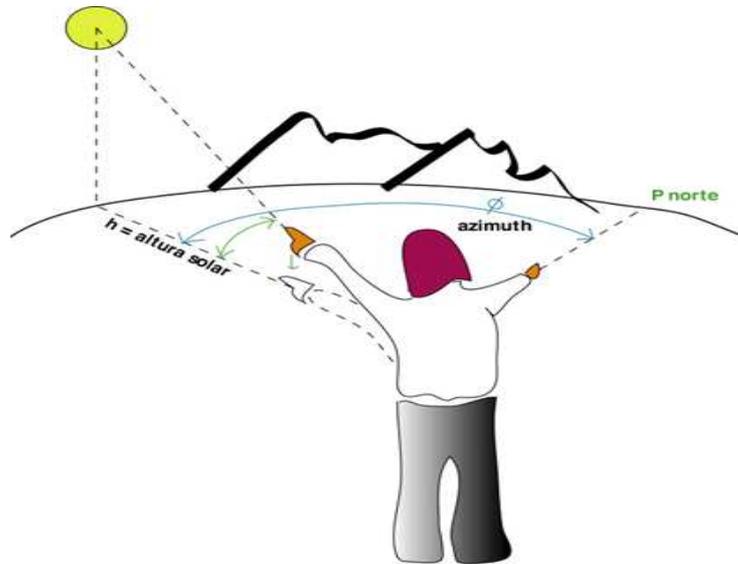


Figura. 4.23.-Altura y azimuth de la tierra

Llamamos altura solar al ángulo que forma el plano horizontal y la línea imaginaria que pasa por el centro del sol y el ojo del observador.

Llamamos azimuth al ángulo que forman un plano vertical que pasa por el observador de norte a sur (llamado meridiano del lugar) y otro plano vertical que pasa por el observador y el sol.

La altura solar será positiva siempre que el sol se encuentre por encima del horizonte.

Consideramos al azimuth = 0 en la dirección norte tomando valores positivos al este y negativos al oeste.

Podemos determinar los recorridos aparentes del sol mediante métodos gráficos y analíticos; representamos las trayectorias aparentes del sol para un observador sobre la tierra mediante la figura. 4.24.

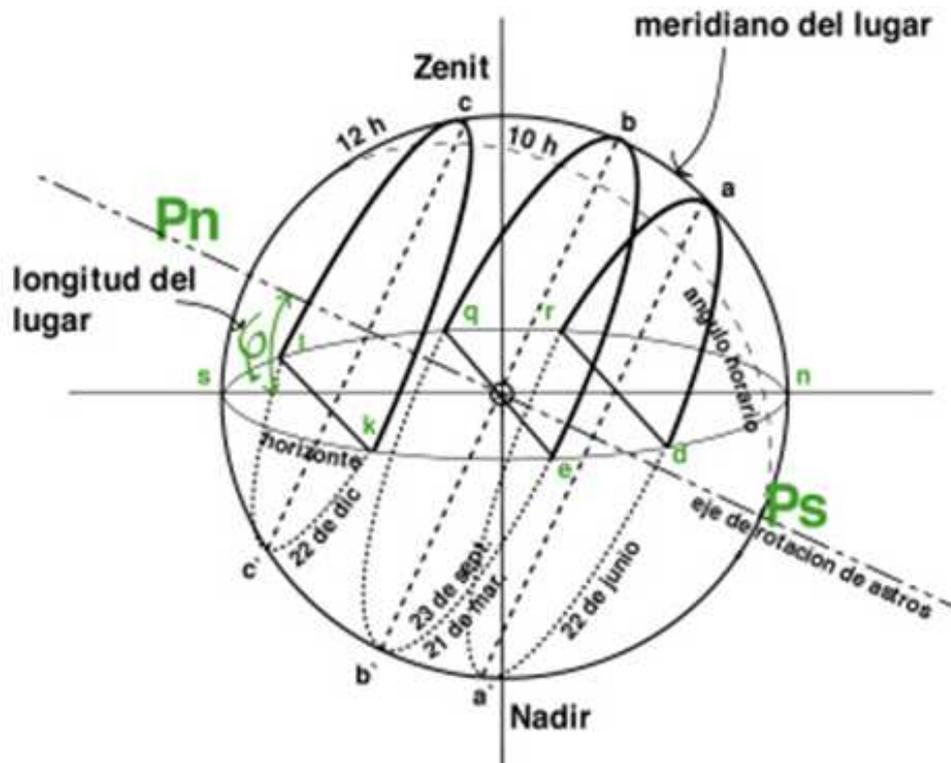


Figura. 4.24.-Trayectorias aparentes del sol

Si estas trayectorias aparentes del sol las proyectamos sobre el plano horizontal obtenemos la carta solar. En esta carta tenemos representadas las proyecciones de las trayectorias aparentes del sol para distintos días del año, las curvas que nos representan las horas del día (hora solar, que en general difiere de la hora oficial)

En la circunferencia externa tenemos los ángulos que nos representan el azimuth y mediante circunferencias concéntricas la altura solar.

Esta carta es simétrica respecto al eje norte-sur, para los días, horas y alturas que no figuran explícitamente, debemos interpolar entre los valores existentes.

Cálculos analíticos para determinar la posición del sol

$$= 23,45^\circ \times \text{sen} [360^\circ (284+n)]/365$$

$$\text{sen} = \text{sen} \text{ sen} + \text{cos} \text{ cos} \text{ cos}$$

$$\text{sen} = \text{sen} \text{ cos} \text{ cos}$$

El ángulo horario es el que forma con el plano que pasa por el meridiano del lugar una línea que une el centro de la tierra con el sol, positivo hacia el este y negativo hacia el oeste.

Recordamos que la tierra gira 15° por hora, de donde por ejemplo tenemos $= 45^\circ$ para las 3 horas P.M y $= -30^\circ$ para las 10 horas A.M.

Que es lo mismo $1\frac{3}{4}$ min

Ahora que sabemos en cuanto tiempo puede requerir para moverse un grado, por lo tanto si se utiliza un microprocesador o un micro controlador se puede programar al gusto del programador pero antes debemos saber cuándo tiempo debe girar el motor para lograr mover el concentrador cilíndrico parabólico 1° y en base a esto poder definir las activaciones y el tiempo en el que durara cada activación, sería prácticamente como un time programado y cuando llegue a cierto tiempo (cuando ya no está el sol, en las noches) tendría que regresar a su estado inicial las características serian las siguientes:

El motor deberá girar cada 4 minutos lo resultante a 1° a la izquierda el concentrador cilíndrico parabólico, después de trascurrir las horas correspondientes de luz de día deberá regresar a su estado inicial y quedarse apagado (para ahorro de energía) durante toda la noche y reactivarse cuando comience el día de nuevo, este proceso evitara que se detenga por la nubes o por algún eclipse porque todo el tiempo estaría siguiendo al sol.

Todo esto tomando en cuenta que en estaciones del año en que se tiene que reprogramar el controlador por los días solares son más largos y aquellos días donde son más cortos.

Lo bueno del manejo de los MCs¹³ o MPs¹⁴ es que se pueden manipular o reagavar después de ser programados, claro que tiene un cierto número de grabaciones pero es más fácil que se quemé el procesador a que se llegue al límite de dichas grabaciones.

¹³ Microcontrolador

¹⁴ Microprocesador

4.4.- COSTOS

En este apartado veremos el dinero invertido en el seguidor solar y analizaremos si es más rentable que comprar uno hecho

Comencemos por definir los precios de las componentes

Tabla 4.8.-Tabla de costos del circuito seguidor solar

Pieza o componente	Precio en peso mexicano
L298N	\$ 48.50
CD4093BE	\$ 06.00
TIP122 (2)	\$ 12.00 (\$6.00c/u)
2 LDR	\$ 14.00 (\$7.00c/u)
2 RESISTENCIA VARIABLE	\$ 12.00 (\$6.00c/u)
2 RESISTENCIA	\$ 02.00 (\$1.00c/u)
PLAQUETA PREPERFORADA	\$ 25.00
FUENTE 5V	\$ 40.00
FUENTE 12V	\$ 80.00
SOCKETS (2)	\$ 04.00 (\$2.00c/u)
Entradas (8)	\$ 40.00 (\$5.00c/u)
Total	\$ 283.50

4.5 CONCLUSIONES

Podremos finalizar con el conocimiento en que se encuentra nuestro mundo en la actualidad en tanto a la energía, los efectos que ha producido las energías no renovables es nocivo para el ambiente sin contar que se está escaseando sus reservas poco a poco, es inminente saber que las energías renovables son elementales si queremos progreso y mas que un progreso es revertir el daño en la capa de ozono ya que si es inevitable el daño que se ha hecho pues sería detenerlo o aminorarlo lo más que se pueda. También podemos concluir con el hecho de que el seguidor solar para un concentrador cilíndrico parabólico cumplió parcialmente con nuestro objetivo ya que la función de un seguidor solar es seguir al sol mientras sea de día y este proyecto lo logra hacer siempre y cuando no esté nublado el cielo. Cabe mencionar se cumplió con las expectativas de las temperaturas teniendo una máxima temperatura de 240°C y una mínima temperatura de 125°C con cielo despejado, con nubosidad alcanza un a máxima de 72°C y una mínima de 32°C.

Los problemas que se suscitaron en la evaluación fue que el seguidor deja de seguir el sol cuando hay presencia de nubes que impidan el paso directo del sol ante los sensores, el otro problema es que cuando hay mucho viento es que la temperatura del tubo que está en el foco del concentrador solar disminuye notablemente.

¿Qué tan recomendable es este seguidor solar? Si es recomendable ya que cumple con las funciones de seguir el sol, pero para lugares áridos como lo es el desierto donde las nubes son escasas, también por su bajo costo que es menor a \$ 300.00. Y no es recomendable para climas húmedos por la alta nubosidad.

En conclusión el circuito funciona mediante dos sensores los cuales tiene que estar ubicados perpendicular a la base del concentrador y por medio de la sobra que se va generando por el movimiento del sol es por lo cual activa el motor que hace mover el concentrador solar mediante un pistón y cuando este el sol ubicado en el foco el motor se desactiva al estar ambos sensores de cara al sol. La parte de control está compuesta por un divisor de voltaje por medio de resistencias que está conectado a un transistor mediante la luz u oscuridad se satura o llega a corte después comienza la etapa de acoplamiento conectado a un circuito schmitt trigger la señal que entra la convierte en un uno o en un cero según el valor que entre por último se encuentra la etapa de potencia

que está conformada por un driver de motor que es el que aumentara la potencia del voltaje de salida para poder activar el motor que está conectado al concentrador cilíndrico parabólico.

Bibliografía

<http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/07Energ/100Energ%C3%ADa.htm>

(Energía)

<http://www.miliarium.com/bibliografia/monografias/Energia/EnergiasRenovables/EnergiasSolarTermica.asp>

(Energía)

<http://vecinadelpicasso.wordpress.com/2011/11/> (La energía)

<http://docentes.educacion.navarra.es/~metayosa/CTMA/Recursos5.html> (Recursos naturales)

http://www.natureduca.com/energ_alternat_colectsolar2.php (Energías alternativas)

http://xml.cie.unam.mx/xml/se/pe/NUEVAS_ENERG_RENOV.pdf (Energía renovable)

http://www.sener.gob.mx/res/PE_y_DT/pe/FolletoERenMex-SENER-GTZ_ISBN.pdf

(Energías renovable)

http://solar.nmsu.edu/wp_guide/energia.html (Energía fotovoltaica)

<http://fcabaleiro.getdns.com/universidad/trabajoresistencias/Resistencias%20VDR,%20NTC,%20PTC%20y%20LDR.pdf> (Resistencias)

<http://es.scribd.com/doc/44986755/Fotorresistencia> (Fotorresistencia)

<http://www.acroname.com/robotics/info/ideas/omnispeed/omnispeed.html> (schmitt trigger)

<http://www.astrosurf.com/spectrohelio/schemelek-en.php> (Comportamiento del CD 4093)

<http://perso.wanadoo.es/jalons3/curso/practica/practica.pdf> (Ventilación del circuito por calor)

<http://www.solartermica.net/concentradores-solares/> (Concentradores solares)

<http://es.scribd.com/doc/32573728/Concentradores-solares> (Concentradores solares)

<http://html.rincondelvago.com/movimientos-de-la-tierra-respecto-del-sol.html> (Movimiento de la tierra)

<http://www.ilustrados.com/tema/2012/Conceptos-tecnicas-Arquitectura-Bioclimatica.html>

(Arquitectura bioclimática)