

AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE FOTOHIDROCONVERSIÓN DE RADIACIÓN SOLAR PARA MEJORAR SU EFICIENCIA EN EL TRATAMIENTO TÉRMICO DE MATERIALES

Tumbaco Casa Paul Santiago

paul.ts@hotmail.com

Carlos Eduardo Barrionuevo Sánchez

Cebs.Karl@hotmail.com

RESUMEN: *El proyecto que se presenta a continuación denominado "Automatización de un Sistema de Fotohidroconversión de Radiación Solar para Mejorar su Eficiencia en el Tratamiento Térmico de Materiales" comprende el diseño e implementación de un concentrador parabólico de radiación solar de un metro de diámetro, construido de acrílico, el cual es capaz de concentrar radiación a una distancia de 3.3 metros, alcanzando temperaturas registradas de 380° centígrados en el mismo se implementa un sistema de seguimiento para aumentar su eficiencia.*

PALABRAS CLAVE: acrílico, Fotohidroconversión, radiación

ABSTRACT

The project presented below entitled "Automation System of Solar Radiation Fotohidroconversión to Improve Your Efficiency Heat Treatment of Materials" includes the design and implementation of a parabolic concentrator solar radiation meter in diameter, constructed of acrylic which is able to concentrate radiation at a distance of 3.3 meters, reaching temperatures of 380° Celsius recorded in the same tracking system is implemented to increase efficiency.

KEYWORDS: acrylic , Fotohidroconversión, radiation

1. INTRODUCCIÓN

La tecnología se desarrolla a partir de la motivación para generar una alternativa ecológica y de eficiencia energética mediante el uso de energías renovables. En este sentido la aplicación de esta tecnología permite tanto reducir el consumo de energías no renovables como la fósil y nuclear, como

también amortiguar el daño ambiental causado por las mismas, y mediante su aplicación resolver diferentes problemas o necesidades que se presentan en la industria.

El presente proyecto busca aprovechar la energía solar como un medio factible para reemplazar métodos de calentamiento basados en otros tipos de energía.

Una característica destacable debido a la latitud del Ecuador, es que recibe 12 horas de luz solar, lo cual se explica con exactitud en un reportaje del Diario Hoy. Desde hace ocho años el investigador ecuatoriano Christian Endara ha estudiado la dinámica de los invernaderos. Eso le ha llevado a realizar investigaciones sobre las condiciones meteorológicas del país con el apoyo de la Escuela Politécnica del Ejército (ESPE). [1]

La medida de cantidad de energía solar que llega a la superficie medida en $\frac{wh}{m^2}$ se denomina insolación, esta es una medida fundamental para la generación de cualquier otra energía a partir de la radiación solar, la insolación que llega a la superficie puede ser de dos tipos, puede ser insolación difusa e insolación directa.

2. LA ENERGÍA SOLAR

A lo largo de los años en el afán de encontrar energías alternativas que permitan reducir el impacto ambiental que otro tipo de energías han producido, se han desarrollado diversas aplicaciones en especial con la energía solar que es la más abundante teniendo en cuenta que siempre está allí.

Para realizar la recolección de radiación solar primero se tomara en cuenta que la mayor cantidad de energía que llega al planeta es por medio de radiación solar electromagnética que se genera en el sol y que llega al

exterior de nuestra atmosfera, esta cantidad de energía está definida como una cantidad fija igual a 1366 w/m2, conocida también como constante solar, para encontrar su valor se utiliza la siguiente ecuación:

$$K = \sigma * T_{eff}^4 * \left(\frac{r_s}{a_0}\right)^2 = 1366 \frac{W}{m^2} \quad (2. 1)$$

Dónde:

K constante solar; σ Constante de bolzmann (5,67 x 10-8 W/m² K4); T_{eff} Temperatura efectiva del sol (5776K); r_s Radio solar (6.96x108m o 0.004652 UA) y a_0 Unidad Astronómica (149.597.870.700 m) .

Dentro de la radiación solo se pueden utilizar aquellos valores que estén entre 0.29um hasta 2.5um son tomadas en cuenta para las aplicaciones de energía solar.

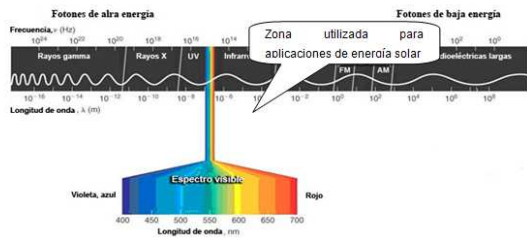


Fig. 1. Espectro electromagnético

2.1 Posicionamiento del Sol

Para poder ubicar cualquier punto en la tierra se necesita de los ángulos de latitud (φ) y de longitud (γ). Para el caso del Ecuador se tiene:

$$\varphi = -0,186^\circ \text{ o } 0^\circ 15 \text{min S}$$

$$\gamma = -78,4305^\circ \text{ o } 78^\circ 35 \text{min W}$$

Necesitamos también el ángulo de declinación

$$\delta = 23.45 * \sin\left(360 \frac{248 + z}{365}\right) \quad (2. 2)$$

Dónde:

δ Declinación en grados sexagesimales y z es el número del día del año.

El ángulo horario (hs) es el ángulo comprendido entre el meridiano local y la hora de estudio, en otras

palabras el ángulo entre el mediodía solar y la hora de estudio, esta ecuación se expresa como:

$$hs = (12 - \text{hora deseada}) * 15^\circ \quad (2. 3)$$

También son necesarios los ángulos de posicionamiento que son los que indican a continuación:

Altitud (β):

$$\sin(\beta) = \cos(\varphi) \cos(\delta) \cos(hs) + \sin(\varphi) \sin(\delta) \quad (2. 4)$$

Azimut (α):

$$\sin(\alpha) = \frac{\cos(\delta) \sin(hs)}{\cos(\beta)} \quad (2. 5)$$

Cenital (ψ):

$$\psi = 90 - \beta \quad (2. 6)$$

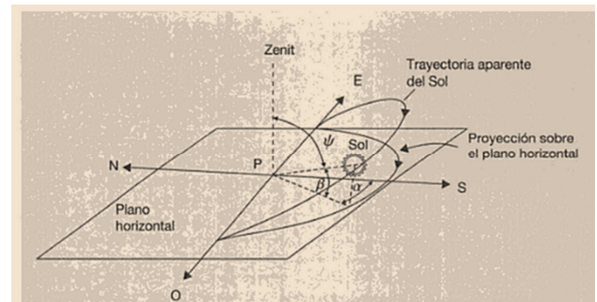


Fig. 2. Posición del sol con respecto a una superficie inclinada.

Partiendo de esta teoría necesitamos obtener la radiación que la obtendremos a partir de la radiación global, radiación difusa y utilizando el factor de corrección R_b , para mayor descripción verificar la referencia [2].

3. SISTEMAS FOTO TÉRMICOS CONCENTRADORES

El sistema que se construirá es un concentrador foto térmico que en este caso será la lupa solar, un sistema foto térmico concentrador, consta de las siguientes partes [3]

– Concentrador. Se denomina al sistema óptico que permite focalizar la radiación solar sobre una

superficie receptora, sobre una superficie de menor tamaño.

- Receptor. Es la parte del sistema destinada a transformar la energía solar en energía térmica o eléctrica, puede estar compuesta por superficie absorbente y un aislamiento térmico.
- Sistema de seguimiento. Este sistema es el cual se encarga de orientar el sistema hacia el sol generalmente consta de un motor pero en los últimos años se han desarrollado nuevas alternativas.

3.1 FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS

La ecuación de una parábola con vértice en (0,0) y foco en (0, p) es:

$$x^2 = 4py \tag{3.1}$$

Ecuación de volumen:

$$V = \frac{\pi}{2} \cdot \left(\frac{2 \cdot h \cdot \rho^2 - \rho^4}{2} \right) \tag{3.2}$$

Dónde:

V Es el volumen de la parábola de revolución; h es la altura del paraboloides y ρ es el radio de la circunferencia formada por el paraboloides al ser cortada con el plano horizontal.

Ecuación de área:

$$S = 2\pi \cdot \int_a^b f(x) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{df(x)}{dx}\right)^2} \cdot dx \tag{3.3}$$

Se debe tomar en cuenta el índice de refracción en forma matemática el índice (nc) para este caso, se expresa así:

$$nc = \left(\frac{n_{ml}}{n_{mrell}} \right)^2 \tag{3.4}$$

Dónde:

nc Es el índice de refracción compuesto; nml es el índice de refracción del material del lente e n mrell índice del medio o relleno del concentrador.

En el caso del concentrador se tiene un lente grueso para lo cual se debe aplicar la ecuación de lente gruesa:

$$P = P1 + P2 - P1 * P2 * \frac{d}{n} \tag{3.5}$$

Para esta ecuación se debe utilizar la convención de signos cartesianos, es decir el lado derecho como positivo e izquierdo como negativo de la siguiente manera, figura 3:

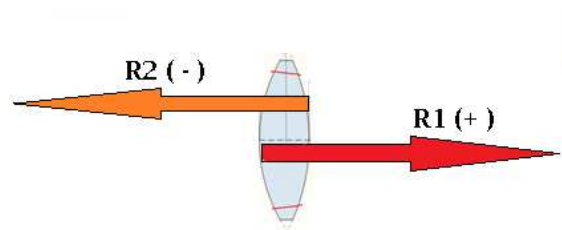


Fig. 3. Convención de signos cartesianos

$$P = \frac{1}{f} = (nc - 1) * \left(\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} \right) - \frac{(nc - 1) * d}{nc * R1 * R2} \tag{3.6}$$

De acuerdo a la potencia, el foco el área volumen y diámetro se puede realizar la selección y modo de construcción del concentrador.

4. DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DEL CONCENTRADOR.

Esta estructura es la encargada de soportar el peso de todo el concentrador y de permitirle tener movimiento en dos ejes de rotación.

4.1 Geometría

Mientras mayor sea la superficie en contacto con los pernos, menor será el esfuerzo de aplastamiento que se genere en la estructura de sujeción, es decir el material sufrirá menos esfuerzo para sostener el peso del concentrador, por lo cual se recomendaría una superficie circular plana en la cual todos los pernos se encuentren sostenidos entre 2 placas en forma de anillo plano.

Con 8 lados se observa en la figura 4 que aumenta el área de contacto ya que la mayoría de pernos se encuentran entre las 2 superficies, y adicionalmente presenta la ventaja de la facilidad de ubicación de los 2

ejes de rotación, es por esto que se escoge esta como la mejor opción.

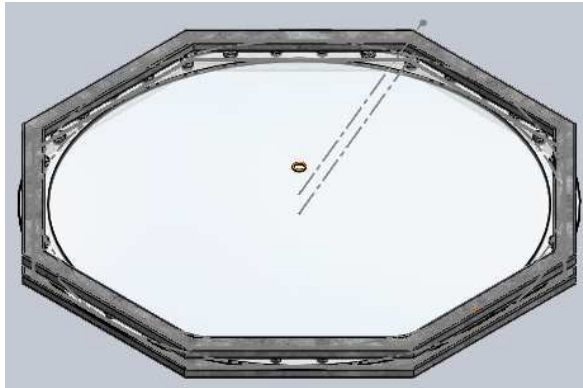


Fig. 41. Estructura sujeta por 2 prismas octogonales.

4.2 Material

Ahora bien una vez que se ha determinado la geometría deseada es necesario determinar el material a usarse. Como se conoce que esto va a estar a la intemperie es preferible utilizar directamente un acero inoxidable o un acero galvanizado para no tener que darle un acabado superficial después.

De los catálogos de tubos cuadrados en acero galvanizado, se debe escoger uno que posea la suficiente área para que la mayoría de pernos queden sujetos en su superficie

TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR
Especificaciones Generales

Norma: ASTM A36
Acabado: Negro o galvanizado
Largo: estándar
Otras longitudes: Pertenencia Comercial
Dimensiones: Desde 20mm x 20mm a 400mm x 400mm
Espesor: Desde 2.0mm a 12.0mm

DIMENSIONES		AREA		EJE X-X		EJE Y-Y	
A mm	B mm	ESPESOR mm	PERO mm	I mm ⁴	S mm ³	I mm ⁴	S mm ³
20	40	1.2	1.09	1.32	2.81	1.30	5.98
25	40	2.0	1.77	1.65	3.26	1.62	7.00
25	40	2.5	1.77	2.18	4.54	2.02	9.37
25	50	1.2	1.77	2.10	4.36	2.58	12.19
25	50	2.0	2.25	2.74	6.37	3.39	17.9
25	50	3.0	3.30	4.14	12.56	5.02	27.4
30	50	1.5	1.88	2.28	2.97	1.90	8.92
30	50	2.0	2.61	2.94	4.32	2.61	12.28
30	50	3.0	3.90	4.51	12.79	5.11	24.66
30	70	3.0	3.03	3.74	22.20	6.34	24.4
40	60	1.5	2.29	2.91	14.00	4.97	22.9
40	60	2.0	3.03	3.74	19.09	6.13	29.1
40	60	3.0	4.48	5.41	29.31	8.44	37.6
30	70	1.5	2.34	3.91	19.09	5.17	24.8
30	70	2.0	2.93	3.74	22.20	6.34	24.4
30	70	3.0	4.25	5.41	36.85	8.71	37.1
40	80	1.5	2.78	3.74	31.75	7.94	35.77
40	80	2.0	3.66	4.54	45.30	9.33	42.70
40	80	3.0	5.42	6.61	82.19	13.04	61.1
50	100	2.0	4.52	5.74	74.94	14.69	67.6
50	100	3.0	6.71	8.41	106.34	21.27	98.37
50	100	3.0	6.17	7.74	107.48	20.6	97.17
50	100	3.0	6.17	11.41	166.95	30.78	142.94

Fig. 5. Catálogo Tubo Estructural Rectangular.

Catálogo de Acero

4.3 simulación Software

Se observa que el peso del concentrador es de 50,41 kg el cual es la carga que debe ser soportada por los octógonos de sujeción. También se conoce el valor de la inercia en el eje de rotación el cual será útil para determinar el torque necesario.

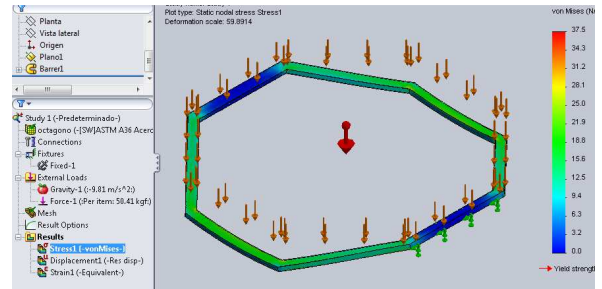


Fig. 6. Análisis Estático de Esfuerzos en Estructura

Para finalizar el diseño se realiza el cálculo de los soportes y chumaceras que permitan realizar el giro continuo y correcto en ambos ejes con este tubo y las dimensiones de la chumacera es necesario realizar un nuevo estudio, considerando el peso del concentrador, los octógonos, los pernos de sujeción y las chumaceras.

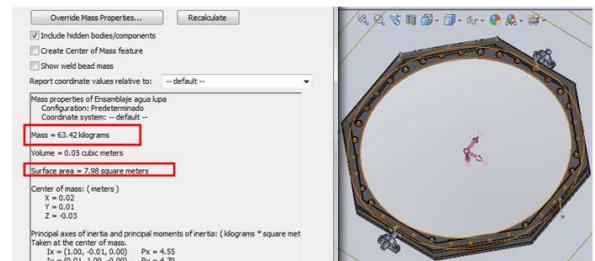


Fig. 7. Simulación Concentrador con Sujeción.

4.4 Movimiento

Una vez se tiene toda la estructura de sujeción, la cual le permite girar libremente a lo largo de 2 ejes de rotación, se necesita determinar cómo se va a realizar ese movimiento de forma controlada, para que el sistema de seguimiento solar, pueda alcanzar la posición adecuada.

Tabla 1. Matriz Morfológica

Alternativa	Criterios de Evaluación de Alternativas						
	Pr	PA	CE	Mt	C	Ot	Total
	30	25	10	10	20	5	100
Cilindro Neumático	0	0	0	5	10	0	15
Cilindro Hidráulico	30	25	0	0	0	0	55
Actuador Lineal	30	25	10	10	5	0	80
Motor	5	0	10	10	20	5	50
Piñón Cremallera	30	0	10	10	5	0	55
Moto reductor	30	25	10	10	15	5	95
Servomotor	30	20	10	10	0	5	75

La mejor alternativa para nuestros requerimientos es un moto reductor, el cual posee internamente un reductor mediante tornillo sin fin - corona.

4.5 Cálculo de Velocidad

El movimiento del concentrador viene dado por el seguimiento del sol el cual se descompone en 2 movimientos. Primero el movimiento relativo del sol sobre el horizonte, debido a la rotación de la tierra. Al eje encargado de realizar este movimiento se lo nombrará de ahora en adelante como "Eje Principal". Segundo el movimiento relativo del sol respecto al horizonte, debido a la traslación de la tierra a lo largo del año, con el consecuente cambio del ángulo de declinación que esto produce.

Eje Principal:

La velocidad de rotación de la tierra es de: 1 Revolución cada 24 horas. Por tanto la velocidad relativa del sol es de:

$$\omega_{sol} = \frac{1rev}{24hrs} * \frac{1hrs}{60min} = 6,944 * 10^{-4} RPMs$$

Esta es una velocidad extremadamente baja a la cual no puede girar un motor, ya que esto implicaría que este prendido todo el tiempo moviéndose muy lentamente, sin embargo esta velocidad sirve para descomponer el movimiento en pequeños movimientos cada cierto tiempo.

Si se propone un tiempo de actualización de 5 minutos, se puede conocer cuál fue el ángulo desplazado.

$$\omega_{sol} = \frac{\theta}{t} \quad (4.5.1)$$

$$\theta_{desplazado} = \omega_{sol} * t = 6,944 * 10^{-4} \frac{rev}{min} * \frac{360^\circ}{1 rev} * 5 min = 1,25^\circ$$

Se puede cambiar el tiempo de actualización para que sea de 4 minutos con lo que el ángulo desplazado es de:

$$\theta_{desplazado} = \omega_{sol} * t = 6,944 * 10^{-4} \frac{rev}{min} * \frac{360^\circ}{1 rev} * 4 min = 1^\circ$$

Ahora bien la velocidad viene dada por:

$$\omega_{eje\ principal} = \frac{\theta_{desplazado}}{t_{corrección}} \quad (4.5.2)$$

Si se establece un tiempo de corrección de 1 segundo se tiene:

$$\omega_{eje\ principal} = \frac{\theta_{desplazado}}{t_{corrección}} = \frac{1^\circ}{1\ seg} * \frac{1 rev}{360^\circ} * \frac{60 seg}{1 min} = 0,016 RPMs$$

Este valor aún resulta muy bajo para un motor, por lo que se debería aumentar el tiempo de actualización o bien reducir el tiempo de corrección.

Aumentando el tiempo de corrección a 15 minutos se tiene que:

$$\theta_{desplazado} = \omega_{sol} * t = 6,944 * 10^{-4} \frac{rev}{min} * \frac{360^\circ}{1 rev} * 15 min = 3,75^\circ$$

Y bajando el tiempo de actualización a 0,1 segundos se tiene que:

$$\omega_{eje\ principal} = \frac{\theta_{desplazado}}{t_{corrección}} = \frac{3,75^\circ}{0,1\ seg} * \frac{1 rev}{360^\circ} * \frac{60 seg}{1 min} = 6,25 RPMs$$

Esta va a ser la velocidad máxima del eje principal.

Eje Secundario:

Ahora bien se conoce que el ángulo de declinación en la latitud 0, varía +/- 24° al año por lo que:

$$\omega_{sol} = \frac{\theta}{t} = \frac{48^\circ}{1\ año} * \frac{1\ año}{365\ días} * \frac{1\ día}{24\ hrs} * \frac{1\ hrs}{60\ min} * \frac{1\ rev}{360^\circ} = 2,5367 * 10^{-7} RPMs$$

Este valor es más de mil veces más pequeño que el valor del movimiento diario. Por lo cual se necesita una

velocidad mucho más baja. Por tal motivo se va a utilizar la misma velocidad que el eje principal como valor máximo para la selección del motor de este eje.

$$\omega_{\text{eje secundario}} = 6,25 \text{ RPMs}$$

4.6 Cálculo de los motores DC

Torque eje primario= 50 Nm

Potencia: 65 W

Tabla 2. Características del motor eje primario.

Características	
Potencia	1/8 HP
Voltaje Alimentación	12 Vdc
Velocidad	90 RPMs
Tipo de Reductor	Engranés Rectos

Torque eje secundario = 45 Nm

Potencia: 40 W

Tabla 3. Características del motor eje secundario.

Características	
Potencia	40 W
Voltaje Alimentación	12 Vdc
Velocidad	30 RPMs
Tipo de Reductor	Engranés Rectos

4.7 Diseño caja reductora

Se conocen los datos tanto de la entrada que es la velocidad nominal del motor, como la de salida que es la velocidad que se está buscando.

$$i = \frac{\text{RPMs entrada}}{\text{RPMs salida}}$$

Esta relación debe ser un número entero, por lo que la se va a aproximar al entero más cercano es decir 14 veces.

La característica que determina que un sinfín corona sea auto bloqueante viene dada por la reversibilidad estática. Se dice que un reductor tiene una baja reversibilidad cuando para girarlo desde el eje lento es necesario aplicar un par muy alto o grandes cargas vibratorias. Este grado de reversibilidad es función del

ángulo de la hélice principalmente, pero también se ve afectado por la velocidad del reductor, el rendimiento estático y dinámico y la lubricación. Considerando principalmente el ángulo de la hélice se tienen las siguientes características:

Tabla 4. Tabla de Irreversibilidad en función del ángulo de hélice.

	Irreversibilidad	
	dinámica	estática
$\beta > 20^\circ$	Reversibilidad total	
$10^\circ < \beta < 20^\circ$	Alta reversibilidad dinámica	Reversibilidad casi total - Retorno rápido
$8^\circ < \beta < 10^\circ$	Alta reversibilidad dinámica Baja irreversibilidad	Retorno rápido
$5^\circ < \beta < 8^\circ$	Baja reversibilidad dinámica, pero fácilmente reversible en caso de vibraciones	Buena reversibilidad y bajo autobloqueo
$3^\circ < \beta < 5^\circ$	Baja reversibilidad dinámica y buena irreversibilidad	Muy baja reversibilidad y buena irreversibilidad
$1^\circ < \beta < 3^\circ$	Irreversibilidad total	

Tabla 5. Resultados de la caja de la selección de la caja de reducción

Módulo	m	2
Número de entrada	Nw	2
Número de dientes	Ng	28
Relación de Trasmisión	i	14
Diámetro Primitivo Sinfín	dw	23
Diámetro Primitivo Corona	dg	56
Paso axial y circular	Px	6,28

4.8 Estructura de Soporte del Concentrador

El concentrador y su estructura de sujeción deben estar a una altura que sea por lo menos superior al foco del concentrador, el foco calculado está a una distancia aproximada de 4m, pero esta es la distancia calculada, la real podría variar dependiendo de varios factores, debido a lo cual utilizando una estructura de apoyo provisional y desde una cierta altura se calculó el foco. Con el cálculo real se tiene que el foco está a 315 cm del concentrador.

Finalmente se tiene la estructura unida del concentrador, su soporte y las escaleras que le permitirán su acceso.



Fig. 8. Modelo final del soporte y las gradas

5. DISEÑO ELECTRONICO.

5.1 Diseño del Puente H

La principal condición de diseño para un puente H, es la corriente que debe circular a través de él. Para conocer este dato se puede partir de la potencia del motor y su voltaje de alimentación los cuales se relacionan con la corriente mediante la fórmula:

$$P = V * I \quad (3.1)$$

$$I_e = \frac{P}{V} = \frac{93,25 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 7,77 \text{ A}$$

$$I_i = \frac{P}{V} = \frac{40 \text{ W}}{12 \text{ V}} = 3,33 \text{ A}$$

Con esto se encuentra que la máxima corriente que va a circular en el puente es de aproximadamente 8 Amperios.

El circuito queda finalmente como se observa en la figura 9.

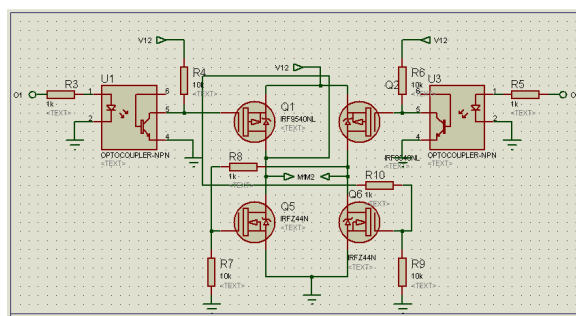


Fig. 9 Circuito Puente H mediante Transistores MOSFET

5.2 Selección de sensores

Entre los sensores que se utilizaran para el equipo, se encuentran los sensores de luz. Los sensores fotoeléctricos o fotocélulas son dispositivos electrónicos que varían su estado o señal de acuerdo a la intensidad de la luz. El principio de funcionamiento de estos sensores se basa en una señal emitida de luz que es el emisor y un receptor de la misma señal.

5.2.1 LDR

El LDR es un foto resistor de alta resistencia que está hecho de sulfuro de cadmio, CdS, este componente le permite que cuando la luz de alta frecuencia incide sobre él, los electrones se excitan y empiecen a tener conducción de tal manera que el hueco que deja el electrón al saltar produce que disminuya la resistencia, los valores más típicos de variación en los ldr están entre $1\text{M}\Omega$, en gran oscuridad y 100Ω cuando hay más luz.



Fig. 10 LDR

5.2.2 Sensores de Radiación

Para la medición de la radiación se utiliza un piranómetro o también llamado solarímetro y actinómetro, este instrumento meteorológico que mide la radiación solar de una manera muy precisa. Con este dispositivo se puede medir el flujo de radiación solar en un campo de 180 grados. Generalmente existen tres medidas de radiación que son: semiesférica total, difusa y directa, generalmente utilizan un termopar en el cual

incide la radiación a través de dos cúpulas semiesféricas de vidrio y las medidas son proporcionadas en $\frac{Kw}{m^2}$.



Fig. 11 Piranómetro Vantage Pro 2

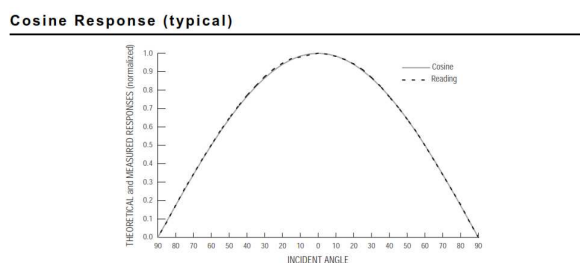


Fig. 12 Ángulo de Incidencia

La salida del sensor es una señal analógica que varía entre 0 y 2.5 v, por esta razón lo único que se debe realizar es la lectura del sensor por un puerto analógico del microprocesador teniendo en cuenta la siguiente conversión.

5.2.3 Sensores de Temperatura

Para los sensores de temperatura se determina en qué puntos es necesario conocer la temperatura, ya que aporta información al estudio. Es así que se determina tres lugares de los cuales conocer la temperatura:

- Temperatura en el Foco.
- Temperatura Ambiente.
- Temperatura en el Concentrador.

5.3 Elementos de Control

Arduino es una plataforma de hardware libre, que se basa en una placa con un microcontrolador Atmel AVR y su propio entorno de desarrollo, esta placa permite realizar proyectos electrónicos de manera fácil y rápida, de esta manera ha permitido que Arduino no sea usado

solo por personas que tengan grandes conocimientos en la programación

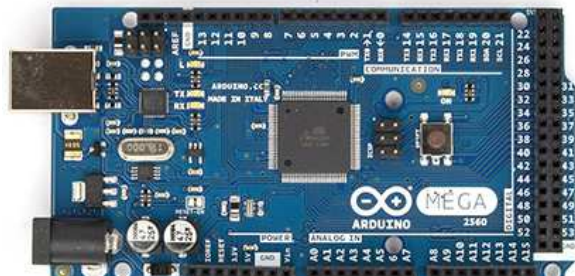


Fig. 13 Ejemplo de arduino Mega

5.4 Sistemas de Comunicación

5.4.1 Comunicación Bluetooth

Es un protocolo de comunicación para dispositivos de bajo consumo y corto alcance, posibilita la transmisión entre diferentes equipos mediante un enlace por radiofrecuencia.

Tiene como objetivos principalmente

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos
- Eliminar cables y conectores entre dispositivos
- Se podrían crear pequeñas redes inalámbricas

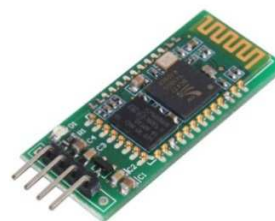


Fig. 13 Dispositivo bluetooth para microcontroladores

5.5 Método de Control

El equipo va a tener dos métodos diferentes de realizar el seguimiento solar, el primero es controlando individualmente cada uno de los motores para así con los 2 grados de libertad poder enfocar adecuadamente el sol en la cámara de reacción. El segundo es un control automático basado en el seguimiento solar, mediante el uso de los sensores de luz antes mencionados.

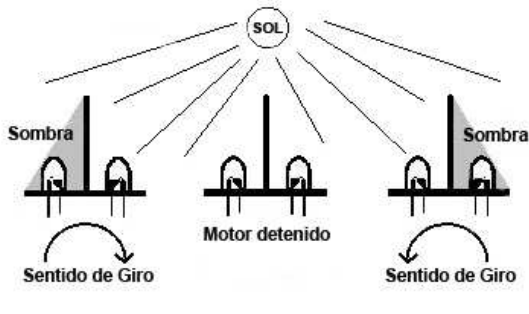


Fig. 142 Esquema de Funcionamiento Seguidor Solar



Fig. 17 Ventana de Inicio

5.6 Programación

Para realizar una aplicación en Android se debe partir primero diciendo que Android es un sistema operativo inicialmente creado para teléfonos móviles, que al igual que Symbian y Blackberry OS lo que hacían era un entorno de manejo de los recursos del teléfono

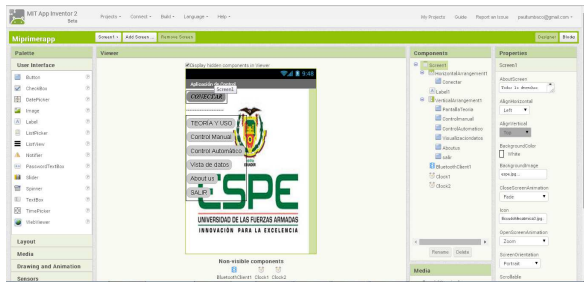


Fig. 15 3 Página de diseño de páginas de aplicación

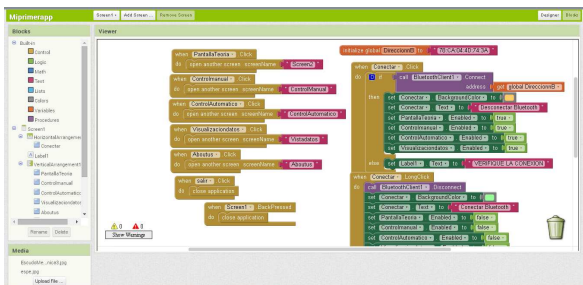


Fig. 4 Pantalla de Programación

Para que la información tomada de los sensores en el microprocesador, y enviada por comunicación bluetooth, sea capaz de ser entendida, se empleo un programa adicional que permita realizar esta función. Este programa es Visual Studio el cual no es propiamente un programa de comunicación inteligente o de manejo de datos, sino que es un programa de desarrollo de programas en Microsoft Windows.

6. PRUEBAS Y RESULTADOS

Se analiza el comportamiento de la temperatura en la cámara de reacción, al emplear diversas acciones con el equipo, y finalmente el comportamiento de acero con diversos tipos de pinturas en la superficie.



Fig. 18 Equipo de prueba

El equipo está diseñado para ser capaz de entrar en funcionamiento en cualquier tipo de clima, sin embargo para realizar ensayos de ftohdroconversión, se deben tomar en cuenta que para la realización del experimento es necesario que la radiación directa sobrepase los 600 W/m^2 o que este bordeando por este valor, la razón es debido a que con radiaciones

directas muy bajas como 300 o 400 w/m² lo que se obtiene generalmente en el ambiente es que está nublado y generalmente una mañana fría y algo oscura.

Tabla 6. Datos Tomados el día 12 Noviembre de 2014.

Hora	Temp. Ambiente	Temp. Concentra.	Temp. Foco	Irradiación Promedio
13:10	22,27	29,00	269,93	1050,50
13:11	22,00	29,00	275,63	988,50
13:12	22,07	29,20	275,00	1003,00
13:13	22,00	29,37	280,50	987,00
13:14	22,00	29,83	301,70	1033,20
13:15	22,00	28,20	292,63	1025,50
13:16	22,00	28,00	278,70	1025,30
13:17	22,00	28,00	278,93	1036,00
13:18	22,00	27,63	277,20	1112,70
13:19	22,00	27,67	293,20	1059,50
13:20	22,47	28,77	296,70	1066,00
13:21	23,00	29,70	299,17	1058,90
13:22	23,00	30,00	291,40	1031,40
13:23	23,00	30,57	302,00	1049,60
13:24	23,23	30,47	319,23	1035,50
13:25	23,00	30,17	323,13	1015,10
13:26	22,83	29,53	324,10	1056,90
13:27	22,93	28,93	307,43	1050,50
13:28	22,00	28,23	287,67	1026,80
13:29	22,00	28,00	259,70	1040,30
13:30	22,00	28,00	292,30	1031,80
13:31	22,00	28,73	315,10	1047,50
13:32	22,00	28,33	311,43	1033,70
13:33	21,73	28,00	292,43	1028,60
13:34	21,70	27,37	250,03	836,30
13:35	22,00	27,60	260,73	1112,20
13:36	22,17	28,37	316,47	1047,70
13:37	23,00	29,80	344,73	1054,60
13:38	22,13	28,87	314,40	1053,00
13:39	22,00	28,90	286,27	1051,10
13:40	22,00	28,93	304,23	1067,80
13:41	21,93	28,20	311,83	1107,20
13:42	22,00	28,07	314,10	1084,10
13:43	22,00	28,27	302,67	1058,30
13:44	22,00	27,17	256,87	411,10
13:45	21,37	26,33	154,70	222,90
13:46	21,00	26,00	96,12	200,29
13:47	21,00	26,00	84,00	207,00

A continuación se muestra la variación de temperatura en función de tiempo utilizando un método manual para el movimiento es decir la opción manual que permite mover cada motor de acuerdo al criterio del operario, para la localización del foco.

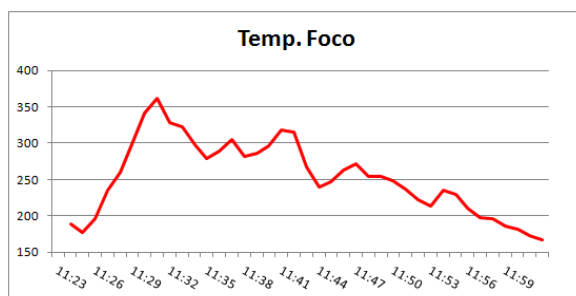


Fig. 19 Gráfica Temperatura en el Foco



Fig. 205 Gráfica Temperatura en el Foco Y Radiación Medida

Se puede apreciar como aunque la temperatura en el foco aumento rápidamente desde 177 grados hasta 362 en aproximadamente 7 minutos en los que la radiación se mantuvo en un valor de aproximadamente 915 W/m². Después del cual la temperatura volvió a descender. Esto se debe a que al estar en modo manual no se actualiza la posición del concentrador automáticamente y este deja de concentrar los radiación adecuadamente. Aproximadamente a las 11:34 el operador del equipo vuelve a ajustar la posición del sol con lo que consigue detener el proceso de enfriamiento y volver a aumentar la temperatura en el foco.

En el modo automático se utilizó un tiempo de actualización de 4 minutos, que es el que se estableció para el modo automático y que se encuentra muy por debajo de los 10 minutos empleados de forma manual.

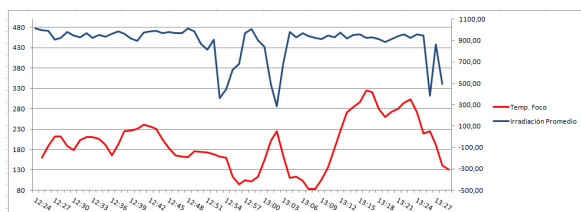


Fig. 216. Gráfica Radiación Medida Y Temperatura en el Foco.

Se puede observar que existen los mismos picos en los que el equipo pasa de calentamiento a enfriamiento y viceversa, sin embargo estos se realizan en menor tiempo sin ocasionar molestias para el operador del equipo.

7. CONCLUSIONES

- La máxima temperatura alcanzada en el tiempo de pruebas realizado fue de 384,7 grados centígrados, los cuales fueron alcanzados con una radiación promedio de 1086 W/m² y una distancia al foco de 3.35 m.
- Esta temperatura se consiguió partiendo de un ensayo de calentamiento previo en la cual se consiguió llegar a los 312 grados centígrados, después de los cuales durante aproximadamente 4 minutos se mantuvo una radiación directa alta la cual permitió alcanzar dicho valor.
- El equipo de fotohidroconversión resulta muy sensible a los valores de radiación global, específicamente de la radiación directa, por lo que se ve muy afectado por los microclimas existentes, y todo tipo de nubosidades.
- El valor de la temperatura ambiente resulta fundamental para tener una mejor comprensión de la radiación directa que se está recibiendo ya que se dan casos de una radiación global alta pero con un alto componente de radiación difusa lo que genera

una sensación térmica baja en el ambiente y una temperatura focal baja.

- El mecanismo diseñado para el seguimiento permite, mediante un control on - off, mejorar el posicionamiento solar con una precisión de 1 grado y así aumentar la eficiencia en la concentración de radiación en punto focal.
- El mecanismo permite realizar los movimientos en los dos ejes acimutal y cenital de forma independiente y controlada con una variación aproximada de 4 grados de acuerdo a las órdenes generadas por el usuario para su posicionamiento o para cualquier uso que se le pueda dar.
- La implementación de un seguimiento solar automático resulta muy conveniente para precautelar la salud de las personas que trabajen con el equipo, ya que elimina riesgos de altura, permite una mayor comodidad de trabajo, y reduce la exposición de la persona a la radiación directa necesaria para el ensayo, pero perjudicial para la salud humana.
- El equipo es flexible por lo que permite cambiar el concentrador por otro diferente o por cualquier tipo de sistema de colección solar en el momento que lo desee siempre y cuando este no supere los 60 Kg de peso completo, debido a que el aumento de este produce un aumento de torque necesario para el movimiento, lo cual ocasionaría un sobrecalentamiento y forzamiento de los motores.

8. CONCLUSIONES

Para realizar un mejoramiento en el equipo se debe considerar las especificaciones técnicas,

especialmente de carga que puede soportar, piezas que lo componen y además tomar en cuenta la longitud del foco para saber la ubicación del absorbedor.

- En el caso de concentradores que contengan un líquido como medio óptico tener en cuenta que en grandes cantidades al no estar lleno el concentrador y moverse genera un golpe de ariete que si no se tiene cuidado puede averiar los engranes auto bloqueantes.
- Se debe tener cuidado al estar expuesto a altos niveles de radiación solar, ya que son dañinos para la salud, tanto en problemas pequeños como producir insolación y malestar del operador, hasta problemas mucho mayores en largas exposiciones como aumento del riesgo de cáncer a la piel entre otros.
- Promover los proyectos de investigación en el campo de energía renovables debido a que existen varios campos y formas en los cuales el área de energía podría mejorar sus resultados automatizando más los procesos.

9. CONCLUSIONES

Preparación del reporte informativo en formato de dos Columnas (manuscrito estilo “paper”). Por IEEE

Disponible en:

- [1] DiarioHoy. (12 de Marzo de 2011). Energías Renovables en Ecuador. Obtenido de <http://www.hoy.com.ec/noticias-ecuador/energias-alternativas-463624.html>
- [2] P. Tumbaco, C. Barrionevo “Automatización de un sistema de fotohidroconversión de radiación solar para mejorar su eficiencia en el tratamiento térmico de materiales, tesis, ESPE, 2014
- [3] Gonzalez, J. (2009). Energías Renovables. Barcelona: Reverte.
- [4] Guasumba, J, Suntaxi, J. (2008). Hidroconversión de la radiación solar para aplicaciones térmicas

de alta temperatura sin emisión de sustancias contaminantes. 2-9.

- [5] Henry, P. (s.f.). Física General. México, D.F. : Editorial Hispanoamericana.
- [6] INCROPERA, F. P. (1999). Fundamentos de Transferencia de calor. México: Prentice Hall.
- [7] INSTRUMENTS, N. (03 de 10 de 2014). Comunicación Serial : Conceptos. Obtenido de <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/039001258CEF8FB686256E0F005888D1>
- [8] J.Guasumba, S. S. (2011). Radiación y Geometría solar. Sangolquí, Ecuador.
- [9] Jutglar, L. (2004). books.google.com.ec. Obtenido de <http://books.google.com.ec/http://books.google.com.ec/books?id=l0qPPTGMRUYC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- [10] Lorenzo, E. (2006). Electricidad Solar Fotovoltaica. Sevilla.
- [11] M.J. Denegri, C. R. (2012). EVALUACIÓN DE DIFERENTES MODELOS UTILIZADOS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA RADIACIÓN FOTOSINTÉTICAMENTE ACTIVA EN PLANOS INCLINADOS . Buenos Aires: GERSolar.
- [12] Makerbot. (21 de 08 de 2014). Thingiverse. Obtenido de <http://www.thingiverse.com/thing:1334>
- [13] MEER. (13 de Noviembre de 2013). Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Obtenido de <http://www.energia.gob.ec/subsecretaria-de-energia-renovable-y-eficiencia-energetica/>
- [14] Meteoarчена. (10 de 11 de 2014). Dispositivos de medición solar. Obtenido de Fuente: <http://www.meteoarчена.es/estacion.html>
- [15] Microchip Company. (s.f.). SPI - PICmicro Serial Peripheral Interface.
- [16] MIT. (08 de 06 de 2014). App inventor 2. Obtenido de <http://appinventor.mit.edu/>

[17] Nestor, A. (12 de Febrero de 2014). ANTENAS
CON REFLECTORES PARABOLICOS.
Obtenido de arias@tucbbs.com.ar

[18] Page. (1964).

Post, C. (20 de 04 de 2014). Construcción de una carta
solar. Obtenido de
<http://doyoucity.com/proyectos/entrada/2118>