

CALDERA SOLAR COMPACTA CON CONCENTRADOR FRESNEL: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

R. Echazú, L. Saravia y C. Placco
INENCO – Instituto UNSa. – CONICET
Universidad Nacional de Salta
Av. Bolivia 5150 – A4408FVY Salta, República Argentina
FAX 54 387 4255489 – e-mail: ricardo.echazu@gmail.com

Recibido 12/08/13, aceptado 29/09/13

RESUMEN: Se presenta el diseño y construcción de un sistema para generación de vapor que utiliza energía solar concentrada mediante espejos de aluminio en disposición de reflector de Fresnel plano. El equipo, de diseño compacto, tiene la particularidad de que el concentrador primario de Fresnel, el secundario de tipo CPC y el absorbedor, se montaron sobre una única estructura que se orienta al sol montada sobre dos ejes. Se diseñó la óptica mediante simulación con Cabri y se construyó un prototipo de 6 m² que se instaló en la Universidad Nacional de Salta.

Palabras clave: energía solar, Fresnel, concentrador, vapor

INTRODUCCION

Los sistemas de energía solar térmica de concentración producen calor o electricidad mediante el uso de espejos que concentran los rayos del sol. Existe una gran variedad de formas de espejos, métodos de seguimiento solar y de generación de energía útil, pero todos ellos funcionan bajo el mismo principio.

La producción de electricidad mediante concentración solar es similar a la de las centrales térmicas convencionales que utilizan vapor para accionar una turbina. La diferencia entre ellas estriba en que el vapor a alta temperatura en vez de ser generado con combustible fósiles, se genera con energía solar, la cual es inagotable y no contribuye al cambio climático. En los últimos años la instalación de centrales solares ha tenido un gran crecimiento y el desarrollo de la tecnología se encuentra en una curva de aprendizaje rápida. Welford W. T. & Winston, (1989)

El INENCO de Salta ha estudiado estos sistemas (Gea, Saravia et al , 2007, 2012) y al presente se concluye la instalación de una planta de 270 m² en San Carlos, provincia de Salta, que emplea espejos de aluminio montados sobre ejes horizontales que rotan a lo largo del día, reflejando la radiación solar directa sobre un concentrador secundario tipo CPC, que a su vez la refleja a un absorbedor por el que circula el agua a evaporar. El absorbedor y el concentrador secundario se encuentran elevados del suelo, montados en una estructura fija.

En esta comunicación, se presenta un equipo similar al descrito, pero de diseño compacto, ya que tanto el concentrador Fresnel como el secundario y el absorbedor, van montados sobre una única estructura y todo el conjunto rota sobre un eje ecuatorial impulsado por un motor de pasos y un mecanismo reductor, en modo sincrónico. Este primer prototipo de 6 m², que acaba de construirse, se ensaya en el predio de la INENCO en la ciudad de Salta.

CONCENTRADOR FRESNEL

El concentrador está formado por 4 espejos de 0,60 x 2,5 m montados sobre un eje cuya inclinación se ajusta en forma quincenal, para compensar la variación estacional de la altura solar. Los espejos, de aluminio de alta reflectancia, Echazú et al (2000) tienen una pequeña curvatura, en correspondencia con la distancia focal.

En la figura 1 se ve en un corte transversal, el conjunto de espejos fresnel, CPC y absorbedor. En el dibujo se representó en color amarillo la trayectoria de los rayos solares y por razones de claridad se suprimió la estructura de soporte del absorbedor.

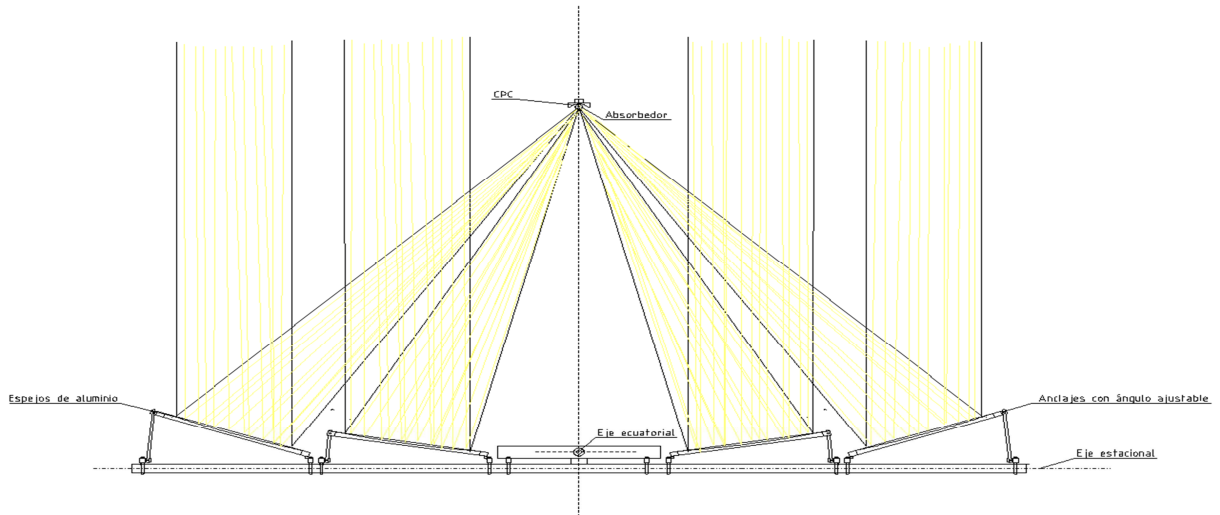


Figura 1: Conjunto de espejos Fresnel, CPC y absorbedor.

En la figura 2 se muestra el bastidor de caño estructural que soporta cada espejo. Sobre las piezas de chapa transversales, se pegó la lámina de aluminio de alta reflectancia y luego con los tornillos se ajustó la curvatura, hasta obtener la concentración sobre el absorbedor. La figura 3 muestra en detalle el mecanismo de ajuste de la curvatura.

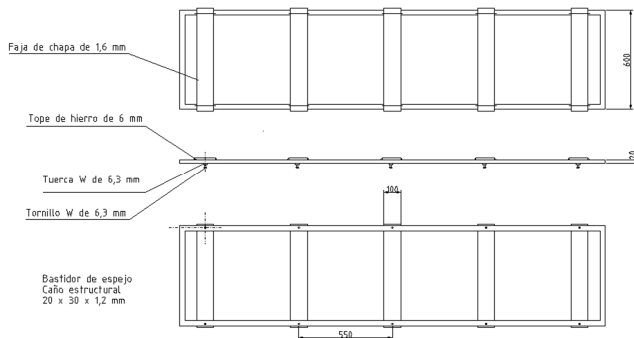


Figura 2: Bastidores de los espejos Fresnel.

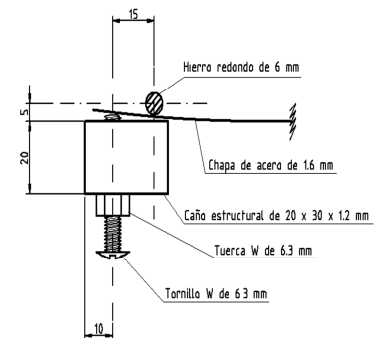


Figura 3: Corte mostrando el ajuste de la curvatura.

Cada bastidor de espejo, se fijó mediante abrazaderas de tipo escape al eje transversal, el que a su vez está montado sobre el bastidor AA que rota sobre el eje ecuatorial. Para ajustar el ángulo, el montaje se completa con una varilla ajustable con diferente largo para cada espejo, como se indica en las figuras 4 y la fotografía de la figura 5. En la figura 6, el soporte del CPC.

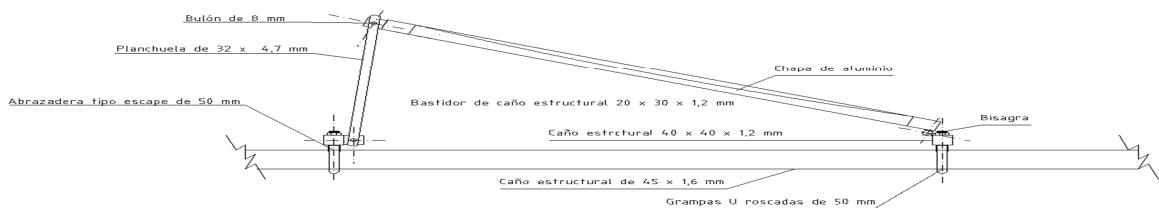


Figura 4: Montaje de un espejo sobre el eje AA.

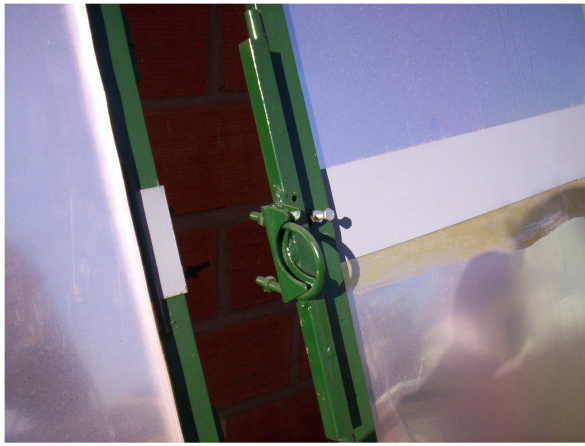


Figura 5: Detalle soporte articulado de espejo Fresnel.



Figura 6: Etapa constructiva del concentrador secundario

SISTEMA SINCRÓNICO DE SEGUIMIENTO SOLAR

Para el seguimiento solar, se diseñó un dispositivo electro mecánico de funcionamiento sincrónico. Este subsistema consta de una reducción de velocidad mediante un tren de engranajes de tres etapas y un motor de pasos controlado por un reloj electrónico.

En la figura 7, se muestra el circuito electrónico que controla el motor. El circuito integrado NE555, en modo “astable”, genera un pulso periódico que es inyectado en la entrada del circuito 4017, que secuencialmente activa 4 de las 8 patas de salida. Estos pulsos son amplificados por el circuito ULN2003 a cuya salida están conectadas las bobinas del motor de pasos. Todos los componentes son elementos de bajo costo y de uso muy difundido. Coughlin (1993)

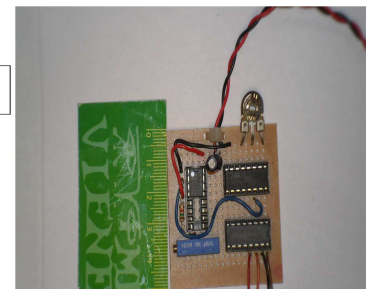
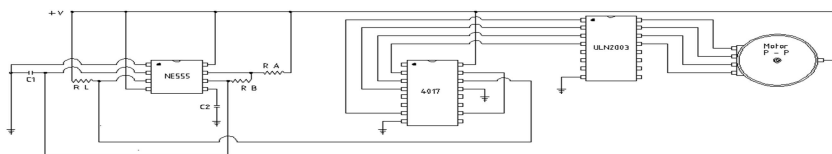


Figura 7: Circuito del control sincrónico para el motor paso a paso.

Variando los valores de las resistencias RL y RB y del condensador C1, se controla la frecuencia de oscilación del NE555.

Para esta aplicación, se utilizó un capacitor de 10 mic F para C1, una resistencia de 100 KΩ para R1 y un preset de 1 MΩ para ajustar la frecuencia en el valor adecuado para la reducción.

El mecanismo de reducción de velocidad, se diseñó a partir de un trabajo anterior. (Echazú R. , Cadena C., 1998) Sobre el eje A1 del motor se encuentra montado el engranaje E1 de 14 dientes que trasmite el movimiento a E2 de 55 dientes. E2 está montado en el eje A2 del piñón E3, de una espira.

E3 trasmite el movimiento a E4 de 108 dientes, que está montado sobre el mismo eje A3 de E5 de 9 dientes. Este último trasmite el movimiento a E6 de 134 dientes, que está acoplado al eje E4 de rotación del concentrador.

La relación de transmisión para todo el tren de engranajes es entonces:

$$(14/55) * (1/108) * (9/134) = 1/6317$$

Se fijó la frecuencia de oscilación del NE555 en 0.0731 Hz de modo de tener en el eje A3, una rotación de una vuelta en 24 horas:

$$6317/0,0731 \text{ Hz} = 86416 \text{ seg}$$

Para la construcción de este mecanismo, se emplearon algunas partes recuperadas, como coronas y piñones de arranque de automotor y el motor de pasos de una impresora matricial. La alimentación del motor y del circuito electrónico, se realiza por medio de una pequeña batería Pb - ácido de 12 V - 500 mAh. En la figura 8 se muestra un esquema del mecanismo de transmisión. Echazú R. , Cadena C. (1998)

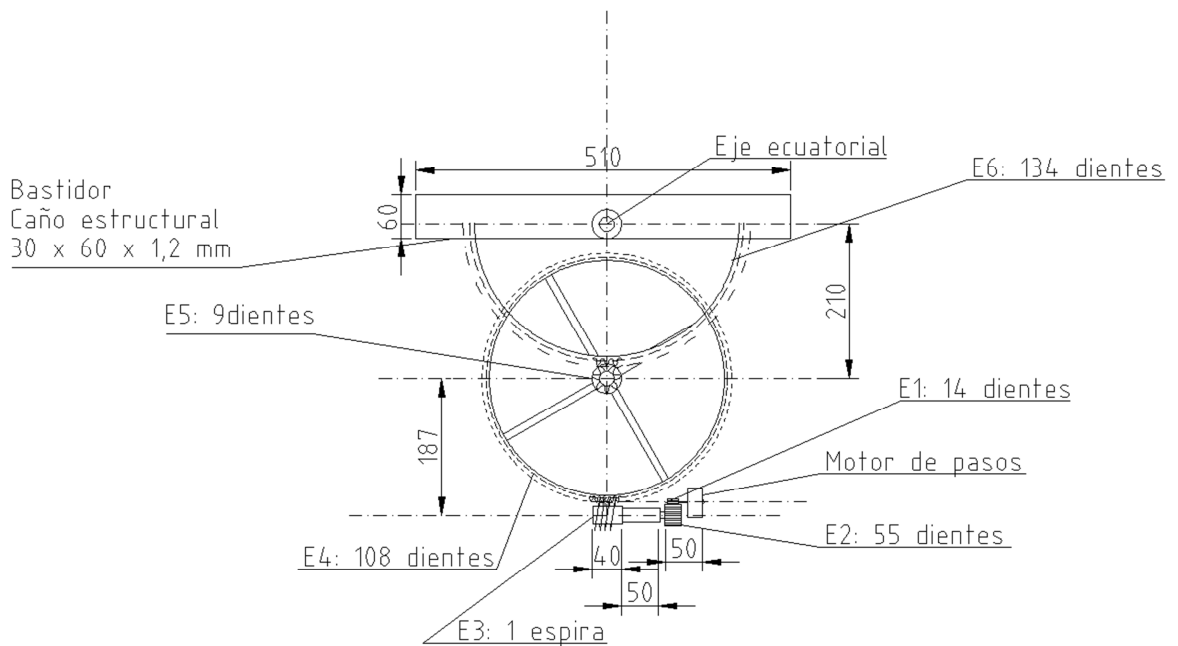


Figura 8: Mecanismo de transmisión del motor paso a paso.

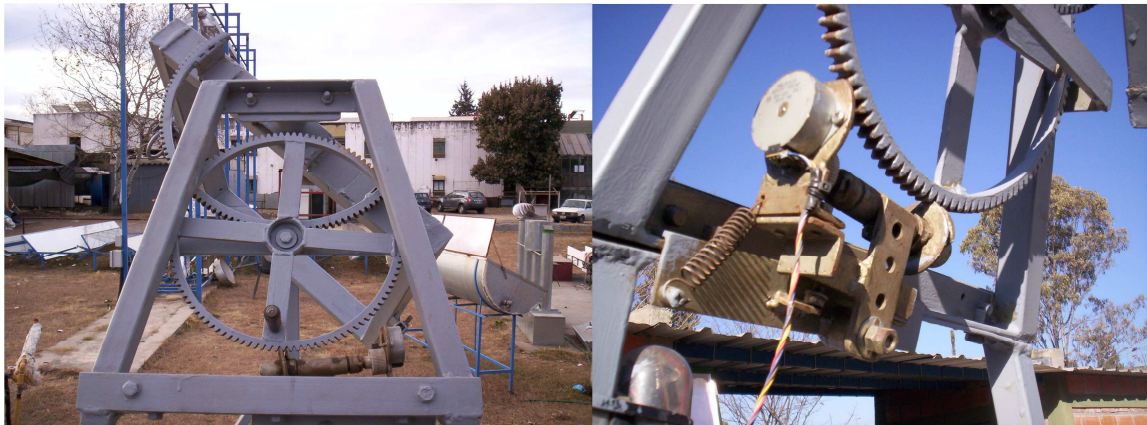


Figura 9 : Mecanismo de transmisión.

Figura 8: Detalle del motor y primer tren de engranajes.

CONCLUSIONES.

Al presente se completó el montaje de los espejos, del CPC y los mecanismos. Se agregó un contrapeso en la parte inferior del bastidor para equilibrar fuerzas, facilitando el funcionamiento del sistema de seguimiento y se enfocó la óptica. Resta conectar las cañerías de vapor para ensayar el sistema completo.

REFERENCIAS

Cabri II Plus PC, versión 1.2.5. Copyright Cabrilog, 2002, 2003.

Echazú R., Cadena C. y Saravia L. (2000), " Estudio de Materiales Reflectivos para Concentradores Solares " Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 4 No 1 ISSN 0329-5184 p.p. 02.07.

Echazú R. , Cadena C. (1998) "Mecanismo de Seguimiento para Cocinas Solares" Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol 2 No 1 ISSN 0329-5184

Coughlin R. F. & Driscoll Frederick F. (1993), "Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales" Prentice Hall, México, 1993

Gea M., Saravia L., Fernández C., Caso R. y Echazú R. (2007). Concentrador Lineal Fresnel para la Generación Directa de Vapor de Agua. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol 11. p.p. 03.83 – 03.89)

Gea M., Saravia L., Placco C., Altamirano M., Hongn M. ,Fernández C., Caso R., Tilca, F. Bárcena H., Suligoy H. (2012) Diseño y Estado de Avance de la Construcción de un Concentrador Fresnel Lineal de 270 m2. AVerma Vol 16 p.p. 03.79 - 03.86

Welford W. T. & Winston R. High Collection Nonimaging Optics. Academic Press Inc., USA, 1989.

ABSTRACT

We report the design and construction of a steam generation system that uses solar energy concentrated by mirrors available aluminum flat Fresnel reflector. The team, compact design is unique in that the primary concentrator Fresnel, the secondary CPC and absorber type, mounted on a single structure that is oriented to the sun mounted on two axles. Optics was designed by simulation with Cabri and built a prototype of 6 m² which was installed at the National University of Salta.

Keywords: Solar Energy, Fresnel, steam.