

DESCRIPCIÓN DE UN GENERADOR SOLAR TÉRMICO DE TIPO FRESNEL INSTALADO EN SAN CARLOS, SALTA

L. Saravia, M. Gea, M. Hongn, D. Hoyos, H. Barcena, C. Placco, C. Cadena, S. Flores Larsen,
P. Dellicompagni, M. Condorí, C. Martínez, C. Fernández, R. Caso, M. Altamirano, H. Suligoy
INENCO: Instituto de Investigación en Energías No Convencionales, Instituto UNSA – CONICET
Avda. Bolivia 9150, Salta Capital, CP 400, Salta
Tel. 0387-4255424, Fax:0387-4255489, E-mail: luis.r.saravia@gmail.com
INTI-Centro Salta, Instituto Nacional de Tecnología Industrial
Avda. Durañona 822, Salta CP 4400

Recibido 16/08/14, aceptado 27/09/14

RESUMEN.- El objetivo del proyecto consiste en la instalación de un generador solar térmico de tipo Fresnel para la producción de vapor para usos industriales y/o generación eléctrica. La metodología usa el diseño, construcción y ensayo de un prototipo del generador. El equipo está constituido por cuatro módulos de ocho espejos cada uno, con una superficie total de 174 m² y cinco absorbedores. Grupos de cuatro espejos giran controlados por una computadora. Los absorbedores de seis metros colocados siete metros de altura vaporizan el agua y una bomba de alta presión inyecta agua. A la salida se conecta un motor reciprocante de vapor de doce Kw de potencia y se coloca un acumulador con trece toneladas de hormigón. La salida de vapor del motor o del concentrador se conecta con un intercambiador condensador a un secador. El generador ha sido terminado recientemente y su ensayo se está comenzando.

Palabras claves : energía solar, concentrador Fresnel, producción de vapor, generación eléctrica, secado solar.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se propuso hace varios años con un triple propósito básico:

- 1.- Lograr el aprovechamiento del recurso solar en la región NOA, que es uno de los mayores a nivel mundial. Su utilización implicaría un fuerte impulso económico para la Provincia.; sobre todo en industrias alejadas a las redes de gas y electricidad. Además puede ayudar a disminuir el problema energético del país
- 2.- Buscar el uso de recursos energéticos renovables y no contaminantes con fines de lograr la disminución de la contaminación atmosférica derivada del uso de combustibles convencionales como el petróleo y el gas.
- 3.- Lograr el desarrollo de una tecnología nacional que evite el gasto de divisas, promueva la actividad económica local y la creación de nuevos empleos.

Actualmente se realiza un gran esfuerzo en el aprovechamiento de combustibles del tipo shale oil y oil gas para resolver la problemática energética de la Argentina. Sin embargo no debe dejarse de lado el aprovechamiento de los recursos renovables ya que son los únicos que pueden brindarnos una solución ambientalmente sustentable.

Nuestro grupo se ha propuesto un plan de acción que en su primer etapa implica el desarrollo de un prototipo de tamaño suficiente para permitir el desarrollo completo de la tecnología de generadores solares de energía eléctrica y vapor. Se ha elegido la tecnología de tipo fresnel por considerarla tecnológicamente como la más factible de ser desarrollada en nuestro país. Después de armar un prototipo de 38 m², con ocho espejos de 0.8x6 m² cada uno, que permitió ensayar y poner a punto la tecnología a utilizar, se decidió que la construcción de un prototipo de unos 200 m² sería suficiente para poner a punto la tecnología y su posterior uso en un sistema mayor, que pudiera ser utilizado para satisfacer las necesidades a escala real. Después de varios intentos se obtuvo la concesión de un subsidio por \$ 400.000 de fondos que el COFECYT entrega a las Provincias, en este caso Salta. La primera cuota por \$ 150.000 fue entregada en febrero/2012 y la segunda en Noviembre de 2013. Con estos fondos se decidió que era posible construir un sistema de 174 m² de espejos según se explica en las próximas secciones. Como lugar para su instalación se eligió la población de San Carlos a unos kilómetros de Cafayate debido a su excelente radiación. Se hizo contacto con un productor de pimiento, el Sr. Vargas, con el cual ya se ha trabajado en proyectos anteriores (secador solar de cinco toneladas para pimentón) y el cual aceptó con gusto colaborar con nosotros. El equipo, además de generar electricidad para mover algunos motores, se aprovechará para calentar aire a usar en el secadero. En las próximas secciones se detallará el equipo construido. Durante el 2013, ya avanzada la construcción, se hizo realidad la necesidad de disponer de más fondos para poder terminar el proyecto. Se contactó al CONICET, del cual forma parte el INENCO como Instituto, el cual accedió a otorgar un monto de \$ 270.000 con ese fin. Estos fondos se entregaron en Diciembre/2013 con los cuales se procedió a fijar una fecha de terminación, aproximadamente en Octubre/2013. Actualmente se han comprado todas las partes del mismo y se está procediendo a terminar la instalación.

Este es el primer equipo de generador solar térmico de electricidad y vapor de tipo fresnel construido en Argentina, por lo que se ha considerado que es de interés presentarlo en su forma completa en la reunión de ASADES 2014. En las reuniones anteriores se han presentado algunos trabajos relacionados con el diseño y construcción de diferentes partes del generador. Aquí se presenta la versión final del mismo y algunos ensayos preliminares. En las secciones que siguen se comenzará por mostrar el equipo completo y luego se describirán sus diferentes partes en detalle.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL GENERADOR SOLAR TÉRMICO DE VAPOR Y ELECTRICIDAD.

La figura 1 muestra un esquema de la planta del equipo con todas sus partes. La figura 2 muestra una vista general actual del

mismo. El área ocupada es de aproximadamente $36 \times 27 \text{ m}^2$. Está formado por cuatro módulos de 8 espejos, con un área de $0.90 \times 6.0 \text{ m}^2$ para cada espejo.

El absorbedor tiene treinta metros de largo y está colocado sobre cada grupo con una prolongación hacia el sur de seis metros con el fin de poder captar la radiación reflejada durante el invierno, cuando la imagen de la radiación reflejada se corre por efecto de la declinación estacional llegada. Se dispone de un acumulador de 13 toneladas de hormigón para permitir el funcionamiento del equipo durante las horas no iluminadas. Un tanque de agua fría alimenta al absorbedor mediante una bomba de alta presión para producir el vapor. El vapor una vez que ha pasado por el motor generador y el intercambiador de calor vuelve al tanque de agua cerrando el equipo.

Eventualmente, parte del vapor que se produce puede pasar por el acumulador para calentarlo, produciéndose agua líquida que vuelve al tanque. Para recuperar el calor se circula agua líquida desde la bomba produciéndose vapor por el lugar en que antes entraba. El condensador puede recibir vapor a presión directamente o de baja presión que sale del motor.

La figura 2 muestra una foto general del equipo tomada desde un costado. El norte se encuentra a la izquierda de la foto. Detrás del equipo se aprecia uno de los secaderos de la finca, calentado parcialmente por un conjunto de colectores solares planos.

La figura 3 muestra el equipo de frente. Se pueden apreciar en detalle los espejos y las cañerías de subida y bajada del agua y el vapor. Al fondo se ve el local donde se instala el control del equipo que usa una computadora para el manejo del movimiento de los espejos y de diversas válvulas para controlar el flujo del agua líquida y el vapor. Dado que el motor de vapor trabajará a unos 7 kg.cm^{-2} de presión, la temperatura del vapor no pasará los 160 C . Por otro lado el secado se realiza a temperaturas en el orden de los 70 C , lo que nos da un buen margen de temperatura respecto al vapor.

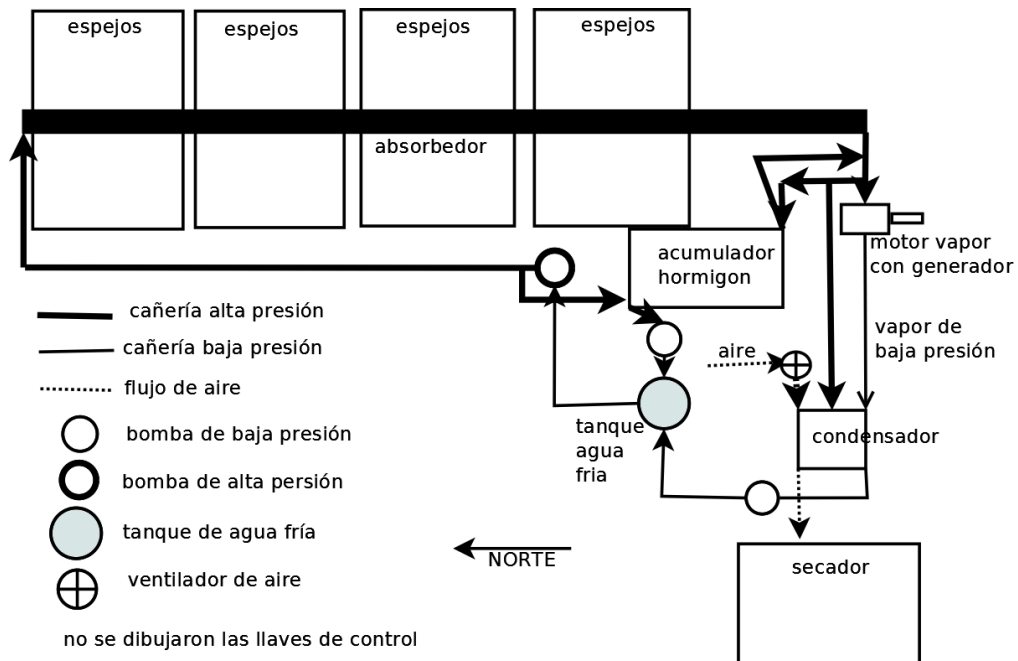


Figura 1.- Esquema de la planta del generador solar térmico de tipo fresnel y sus diferentes partes. No se indican las válvulas.



Figura 2.- Vista general del generador mostrando las ocho líneas de espejos de 24 m de largo y el absorbedor de 30 m.



Figura 3. - Se aprecian en detalle los espejos y sus soportes con la casilla de control al fondo

DISEÑO DE LOS ESPEJOS



Figura 4.a y 4.b. Muestran la construcción de los espejos reflectores y su estructura de soporte

Los espejos son planos pero se han deformado ligeramente con flechas que van desde 5 mm en los espejos centrales hasta 9 mm en los laterales para que puedan concentrar la radiación incidente sobre los caños del absorbedor que tiene 23 cm de ancho.

La figuras 4.a y 4.b muestran ambos lados del espejo, el que tiene una longitud de 6 m y ancho de 0.90 m. Consta de un marco de caño rectangular . Por encima se apoyan los espejos y por debajo lleva una placa ondulada como las usadas en los

techos. Esta tiene la doble función de proteger al espejo contra el granizo cuando el espejo se gira mirando hacia abajo cuando no se usa y por otro lado, mejora la rigidez del espejo. Por debajo se observa una estructura con triángulos que brinda la rigidez necesaria para lograr que el espejo mantenga su forma evitando cambios en la reflexión de los rayos solares. Una planchuela de 6 m de largo se pega por debajo a lo largo de los espejos. Unos tornillos roscados en caños transversales permiten tirar de los espejos con el fin de curvarlos. Se llega a los tornillos a través de orificios en la placa ondulada. Los espejos están contruidos con vidrio común, que tienen una absorción relativamente grande, por lo que la reflexión es del orden del 80%. Por el momento no se han conseguido los llamados espejos blancos con una reflexión del 90%. No se producen en la Argentina por no existir un mercado que lo justifique. Las fábricas han mencionado que no tienen problemas para su fabricación si existiese un mercado para los mismos.

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS ABSORBEDORES

El absorbedor está constituido por 5 caños de una pulgada de diámetro del tipo Schedule 40, capaces de soportar presiones hasta $40 \text{ kg}\cdot\text{cm}^{-2}$, las que se producen cuando la temperatura llega a valores del orden de los 250 C. La figura 5 muestra un esquema de un corte transversal del absorbedor. Se coloca por encima un aislamiento de alta temperatura y la chapa de protección. Por debajo se cierra con un vidrio. La cavidad de forma trapezoidal por debajo de los caños permite que el aire contenido disminuya su convección, lo que se obtiene al estar los caños calientes en la parte superior de la cavidad. De esa forma se logra una pérd

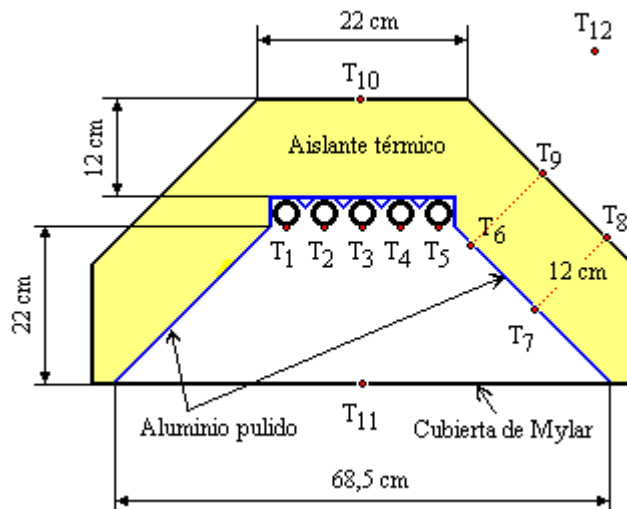


Figura 5.- Esquema de la sección transversal de un absorbedor mostrando los caños y la aislación.



Figura 6.- Muestra el absorbedor colocado debajo de la estructura de soporte para ser elevado hasta su posición final

La figura 6 muestra al absorbedor ya construido. Se aprecian los 5 caños soldados al caño de entrada de agua. Se aprecia la cavidad trapezoidal por debajo de los caños y la aislación superior protegida por la chapa. Todos los absorbedores se unen antes de subirlo y se cuelga de un conjunto de cuerdas y poleas a la parte superior de la estructura de soporte. Luego se va subiendo tirando en forma pareja de todas las cuerdas a la vez para evitar cualquier deformación de la estructura. Los caños

se soportan sobre soportes transversales que permiten el libre estiramiento de los mismos debido a la dilatación térmica. El alargamiento por calentamiento es importante, llegando a los 12 cm.

La figura 7 muestra el absorbedor en el acto de ser subido tirando de las cuerdas que los sostienen desde a parte superior.



Figura 7: Subida de los absorbedores mediante poleas que los sostienen desde la parte superior de la estructura

EL ACUMULADOR DE HORMIGÓN

La colocación de un acumulador térmico de calor permite continuar con el funcionamiento del equipo durante las horas de la noche. La acumulación de calor se puede realizar a bajo costo por lo que actualmente se coloca en la mayoría de los equipos construidos a nivel mundial.

Esto constituye una de las ventajas más importante de los generadores solares térmicos frente a otras tecnologías que generan directamente electricidad, como los sistemas fotovoltaicos y los eólicos, ya que la acumulación directa de electricidad es aún de muy alto costo. En los equipos de pequeña dimensión y temperatura acotada es común la utilización del hormigón en el cual se acumula el calor por calentamiento mediante una red de caños colocados a unos 10 cm entre ellos, por los cuales se distribuye el vapor de agua que calentará al acumulador. El hormigón puede soportar temperaturas sin problemas hasta 300 C, muy por arriba de la temperatura de trabajo de este equipo, 160 C.

La figura 8 muestra un corte transversal del acumulador (normal a los caños). La masa de hormigón tiene 0.5 m de alto, 2 m de ancho y 6 m de largo. La masa pesa aproximadamente unas 13 toneladas por lo que se debe colocar una base de hormigón armado. Dado que debe colocarse aislación térmica por debajo se han colocado soportes de madera resistente cada 40 cm. Entre los mismos se coloca la aislación de lana de vidrio, la que puede soportar 230 C. Por encima se ponen tablones de 1" de espesor donde se apoyará la masa de hormigón. Una lámina de aluminio protege a la madera. Paredes y techo del bloque también se recubren con aislación. Por encima y en las paredes se protege con chapa ondulada y galvanizada.

Las figuras 9,10 y 11 muestran la construcción del equipo. En la figura 9 se observa la instalación de la red cuadricular de caños que transporta el vapor en el interior del equipo. Como se aprecia, la cantidad de caños es bastante grande. Los caños están conectados entre si en ambos extremos para permitir la circulación de los fluidos. Hacia el exterior solo se dispone de una entrada de vapor y otra de salida del agua licuada. Cuando se extrae el calor se trabaja en forma inversa, entrando agua líquida y saliendo vapor calentado por el hormigón. En la figura 10 se observa la masa de hormigón y las paredes de madera usadas durante el fraguado del hormigón. La figura 11 muestra el acumulador terminado, el que se recubre con chapas onduladas para la protección contra lluvias.

El hormigón posee un calor específico de $880 \text{ J.kg}^{-1}.\text{C}^{-1}$, tiene una masa de 13 toneladas y se planifica someterlo a una extracción de calor con un intervalo de temperatura de 100 C, lo que implica que es capaz de almacenar 1140 Mj.. Teniendo un calor de cambio de fase del vapor de agua de unos 2.4 Mj.kg^{-1} , se podría acumular diariamente la energía aportada por 475 kg de vapor. La producción de vapor del generador por m^2 de espejo es de unos $0.35 \text{ kg.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$ promedio, por lo que el área de espejo disponible de 173 m^2 trabajando durante 8 horas da lugar a una producción de 490 kg.día^{-1} . Por tanto, de ser necesario, el acumulador estará en condiciones de almacenar la producción diaria de calor del equipo.

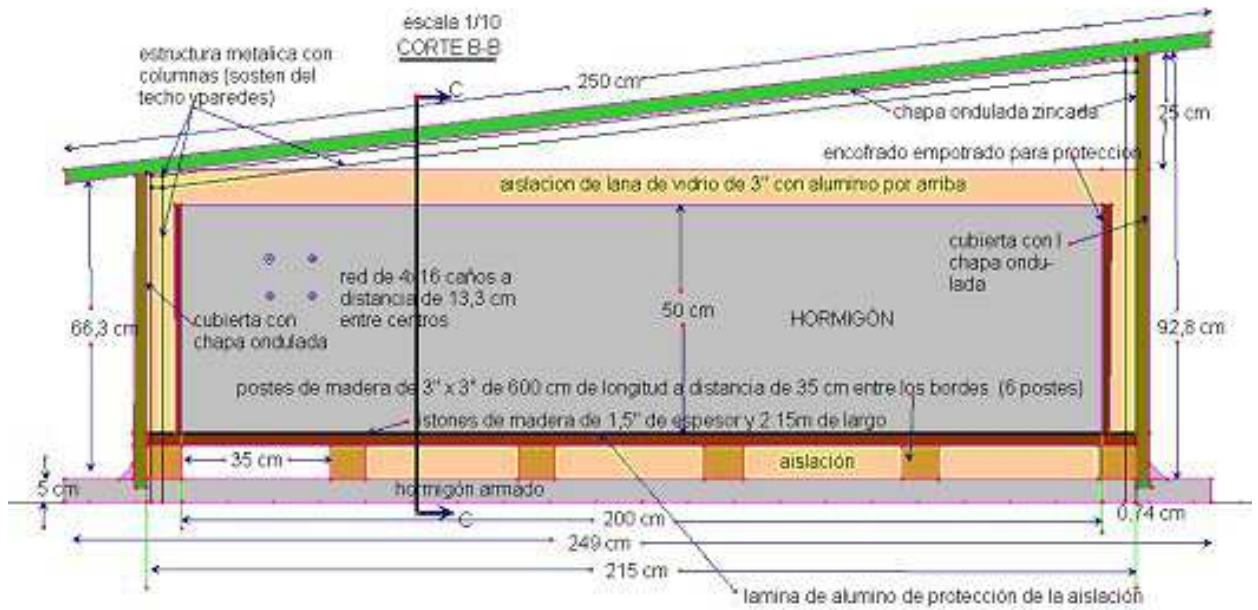


Figura 8. Corte transversal del acumulador mostrando los distintos materiales que lo forman.



Figuras 9 y 10. Muestra la instalación de los caños y el posterior llenado de hormigón en el acumulador



Figura 11.- Muestra al acumulador terminado con su protección de chapas contra la humedad.

EL MOVIMIENTO DE LOS ESPEJOS SIGUIENDO EL SOL

El sistema de seguimiento se compone de dos partes principales: el motor paso a paso y el gabinete de control electrónico. Como se ha mencionado, cada fila de espejos (actualmente 8 filas de 24 m de largo en total) posee un sistema de seguimiento independiente. El motor paso a paso es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, en este caso se encuentra acoplado con una reducción 1/100, por lo que cada paso barre un ángulo de 0.018° . El motor acoplado a cada fila de espejo puede observarse de la figura 8a.

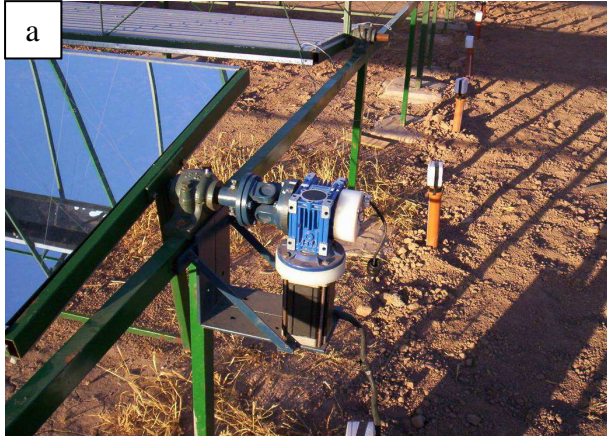


Fig. 12a.-El motor paso a paso que proporciona el giro a las filas de espejos y la caja azul de demultiplicación
Fig. 12b.-Gabinete con los elementos electrónicos utilizados para comandar los motores.



Fig. 13.- Conjunto de 8 motores y sus cajas de control conectados a las 8 filas de espejos

La frecuencia de giro del motor es comandada mediante un microcontrolador ARM de 32 bits que, mediante la programación de su algoritmo y archivos del tipo tablas de datos, permiten un movimiento automatizado del campo reflector para varios días en continuo sin la necesidad de un operario. Hoy día se dispone de ecuaciones que permiten el cálculo preciso del movimiento angular del sol que permiten calcular una tabla precisa del movimiento.

En los últimos meses se ha incluido al sistema de control la tecnología inalámbrica de transmisión de datos, mediante la incorporación de módulos Xbee. A partir de la integración de los Xbee a las cajas de control para cada fila de espejo, se consigue el mando a distancia para la etapa de “arranque” del sistema. De esta manera, se reemplazó la conexión cableada computadora – microcontrolador, que requería la traslación de una computadora portable (notebook) para la inicialización de cada motor, por el mando a distancia desde una computadora fija dentro de la casilla de control.

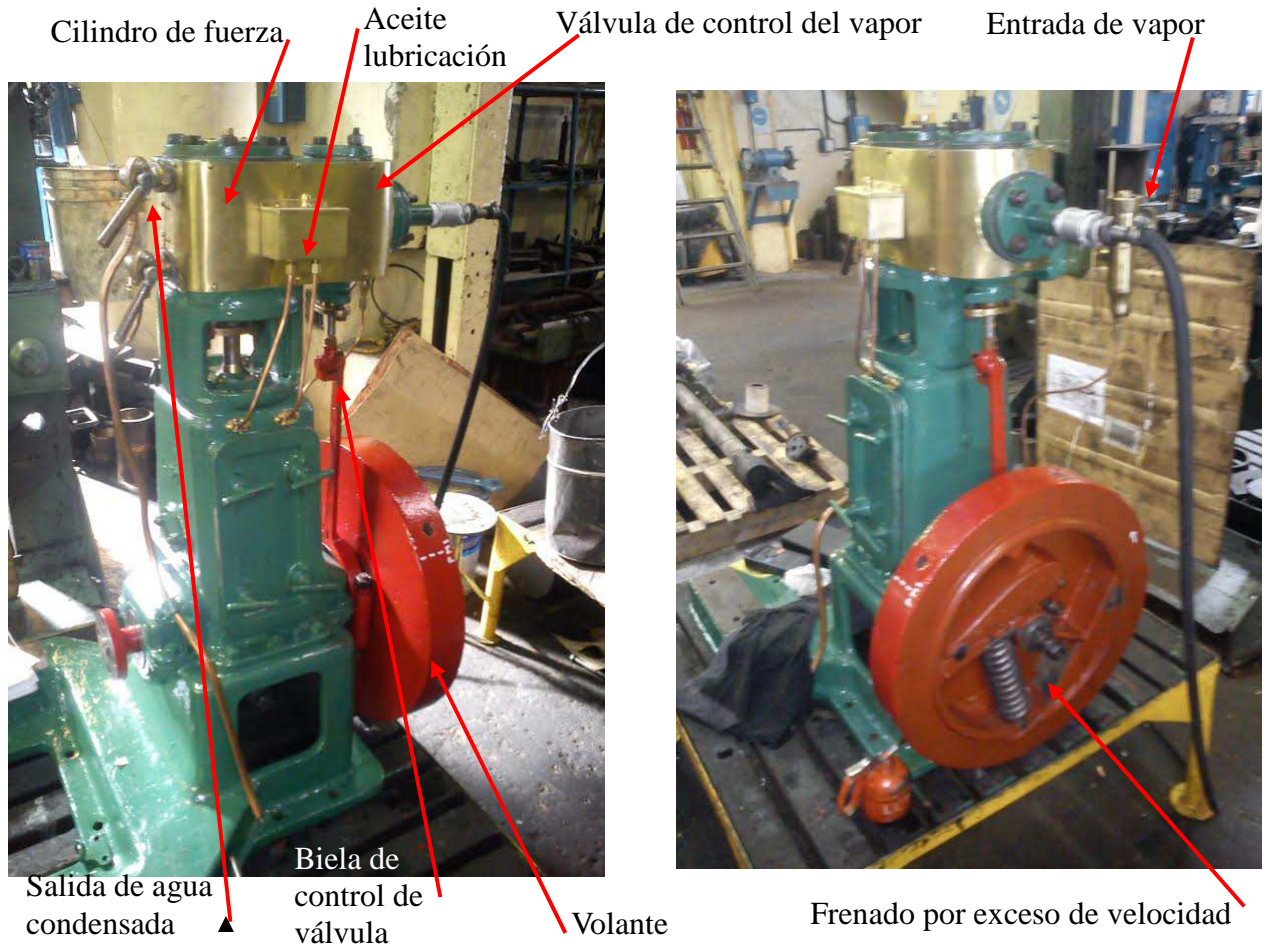
La figura 13a muestra el motor con su caja de reducción y la figura 13b el gabinete utilizado para control y funcionamiento del sistema de seguimiento, el mismo incluye una fuente de corriente continua de 12v, un circuito de potencia, una placa ARM con microcontrolador de 32bits (placa roja) y la placa ZigBee que contiene el módulo de transmisión inalámbrica Xbee (placa verde) entre otros.

La figura 9 muestra el conjunto de 8 motores conectados a los espejos del generador. Mediante los circuitos que se encuentran en cada caja, todos los motores son comandados desde la computadora central.

EL MOTOR A VAPOR

Para generar electricidad a partir del vapor disponible se tienen dos alternativas: el uso de una turbina o de un motor reciprocante a vapor. Se ha adoptado el motor a vapor porque su costo es unas 5 veces menor que la turbina. Esta alternativa se está comenzando a utilizar a nivel internacional para generadores de tamaño reducido, del cual este sistema es un ejemplo. A partir del vapor producido por el equipo solar se generarán 12 kw eléctricos. El motor adquirido será adaptado con un sistema de poleas para llegar a las 1500 rpn que necesita. Es necesario comprar el generador eléctrico y conectarlo al eje de salida del motor. El motor fue prestado por la Cronwel Naval mediante gestión del centro de Mecánica y de Energía del INTI. Se preve la construcción de una máquina de vapor moderna diseñada por personal del INTI específicamente para este proyecto. se encuentra en Bs. As. La misma está asesorada por el INTI en lo que se refiere al diseño de los motores. Dada la fuerte actividad de la empresa tiene plazos largos de construcción, pero una vez consultada nos ofreció un motor de 17 HP usado que tenían en depósito en carácter de préstamo. El motor monocilíndrico de doble acción gira a 300 rpm, tiene un consumo de vapor similar al que se produce en el generador y su peso es de 250 kg. Se ha adquirido un generador y en este momento se trabaja en la adaptación del generador eléctrico al motor a través del uso de poleas. También se esta diseñando un circuito electrónico para el control de velocidad del motor y poder generar a 50 ciclos.s⁻¹

Las fotos 14a y 14 b muestra dos vistas del motor que ya se encuentra en La Universidad de Salta. También ha llegado un generador trifásico de 14 kw que se conectará con poleas al motor.



Figuras 14 a y 14 b.- Dos vistas del motor de vapor de 17 HP a 300 rpm.

Antes de su traslado a San Carlos, se ha conectado a una caldera de vapor disponible en la Universidad de Salta y se están realizando diversas pruebas. Se ensayará el generador eléctrico y el sistema de control de velocidad.

EL CONDENSADOR

El vapor remanente que sale del motor debe ser condensado para recuperar el agua que se utiliza. Esto también mejora el rendimiento del motor al ampliar el salto térmico disponible. Teniendo en cuenta la necesidad de la finca de disponer de aire

caliente para el secado de varios productos agrarios, se puede colocar un intercambiador entre vapor de agua y aire a la entrada del secadero que cumple la doble función de licuar el vapor y de calentar el aire del secadero. Ese intercambiador funcionará como el condensador del equipo.

De acuerdo a las necesidades propias de la producción del secadero también puede decidirse que parte del vapor que sale del generador sea usado directamente pasándolo por el intercambiador.. Cabe indicar que al agua usada en el ciclo térmico se le coloca algunos productos químicos para evitar la corrosión del hierro de las cañerías, lo que construye otra razón adicional para la recuperación de la misma. Esto es un procedimiento habitual en todas las calderas convencionales.

Los intercambiadores donde se usa aire, necesitan disponer de una buena superficie de contacto entre el aire y el vapor, dado que el coeficiente convectivo del aire es bajo respecto al del agua. Por esa razón se ha diseñado un intercambiador consistente en el uso de dos placas planas verticales que se sueldan en su perímetro y se colocan separadores entre las placas para dejar un espacio por el cual circulará el vapor.. Un caño colocado en la parte superior permite la entrada de vapor al espacio interior. Por fuera circula el aire impulsado por el ventilador que se usa en el secadero. Otro caño opuesto al primero y colocado en la parte baja permite retirar el agua líquida que se produce al condensar el vapor. Las placas serán rectangulares, de $2 \times 1 \text{ m}^2$ para aprovechar las chapas que se consiguen con la misma medida. Se estima que el uso de 12 placas colocadas paralelas unas a las otras y entre las cuales circula el aire será suficiente para lograr la condensación del vapor. Las placas serán colocadas dentro de una caja conectada en serie con el caño de entrada de aire al secadero. En el espacio entre las dos placas el vapor desplaza al aire y cuando ocurre su condensación se tiende a producir un vacío. Este equipo tiende a trabajar en un régimen subatmosférico, lo que hace necesario utilizar una bomba de agua para poder retirar el agua y enviarla al tanque de reserva.

ENSAYOS

En la primer etapa de entrega de fondos se construyeron los primeros dos módulos de espejos (87 m^2 de los 174 m^2 finales), se colocaron los motores de movimiento de los mismos, se instalaron 3 absorbedores y se puso en marcha el circuito de agua con su bomba de presión. Ello permitió llevar a cabo algunos ensayos para controlar el funcionamiento correcto del sistema de concentración. Las medidas de producción de vapor realizadas mostraron que se puede esperar una producción de $0.4 \text{ kg.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$ de espejo. A título de ejemplo, la figura 15 muestra una salida de vapor del equipo expandiéndose al aire libre con una presión de 30 kg.cm^{-2} .



Figura 15.- Expansión del vapor producido en el generador solar térmico con una presión de 30 Kg/cm^2 .

También se realizaron varios ensayos de funcionamiento del mecanismo electrónico de seguimiento del sol por parte de los espejos.

Se ha comprobado en series de ensayo de un día y de 5 días, observándose que la mancha luminosa sobre el absorbedor producida por los 8 espejos es mantenida en posición en forma automática por 8 horas seguidas durante cada día.

CONCLUSIONES

En términos generales se ha comprobado que se dispone en Argentina de los materiales y equipos necesarios para armar un generador solar térmico de tipo Fresnel.. Si bien algunos pocos aspectos no fueron cubiertos, tales como espejos de vidrio con bajas pérdidas ópticas, esto no ha sucedido por falta de capacidad en el país, sino por no existir demanda suficiente para la fabricación desde el punto de vista económico.

Ha sido satisfactorio haber encontrado tecnología de buen nivel para la construcción de motores recíprocos de vapor, lo que abre una buena perspectiva debido a su bajo costo en relación con las turbinas, al menos para equipos de tamaño pequeño que pueden satisfacer necesidades tanto de energía eléctrica como de vapor a nivel industrial o pequeñas poblaciones mediante tecnología nacional.

Aunque aún no se ha realizado un estudio completo desde el punto de vista económico, se ha comprobado en términos muy generales que con los \$570000 disponibles hasta el momento se ha puesto en marcha un equipo de 174 m², lo que implica que se ha tenido un costo de \$ 3200 por m² de espejo o sea, U\$S 390.0 al valor oficial del dólar. Esto es un monto interesante en relación con los precios internacionales a pesar de que la construcción ha sido artesanal.

En especial es necesario recalcar que el poder disponer de un equipo con posibilidades de acumulación que permita obtener energía durante las 24 horas del día abre una posibilidad importante en aplicaciones energéticas en zonas rurales o pequeñas poblaciones que dispongan de recurso solar suficiente. Por ejemplo, la sustitución de equipos de generación eléctrica con motores de explosión convencionales puede ser una primera aplicación para ensayar el uso de los generadores solares térmicos de energía eléctrica, a lo que se agrega el posible uso del vapor para usos industriales o artesanales.

En la bibliografía que se agrega a continuación se mencionan los trabajos preparados por los integrantes del grupo en los estudios parciales que ha demandado el diseño de este equipo. Allí se encontrarán datos técnicos que complementan esta descripción general del generador fresnel. Allí se dispondrá de detalles acerca de las técnicas computacionales de diseño del sistema.

REFERENCIAS

Altamirano M. Y otros(2013) Puesta a punto y simulación del concentrador fresnel lineal de 86 m² instalado en San Carlos, Salta, AVERMA, vol. 17, pp.03.39-03.47.

Altamirano M. y otros (2010) .Simulación térmica de un concentrador lineal tipo fresnel, dos opciones de funcionamiento, AVERMA vol 14,pp. 03.139-03-146.

Altamirano M. y otros (2009) Evaluación experimental de las pérdidas térmicas en el absorbedor de un concentrador lineal tipo fresnel, AVERMA, vol 13, pp.3.83-3.89.

Flores Larsen S.,Altamirano M. and Hernández A.(2012) Heat loss of a trapezoidal absorber for a linear fresnel reflecting solar concentrator, Renewable Energy, Vol 39, pp 198-206, ISSN 0960-1481

Gea M. y otros(2012) Diseño y estado de avance de la construcción de un concentrador fresnel lineal de 270 m², AVERMA, vol. 16, pp. 3.79 – 3.86.

Gea M. y otros (2010). Aspectos Ópticos y Geométricos de un Concentrador Fresnel Lineal para Aplicaciones Térmicas. AVERMA, Vol. 14 (pág. 03.215 – 03.222).

Gea M., y otros (2009). Acumulación térmica en Hormigón de la energía solar captada por un concentrador de tipo fresnel lineal para generación de vapor, AVERMA., vol. 12, pp. 03.113 – 03-119).

Hongn M. y otros (2011) Estudio de reflectancia de espejos para un concentrados solar Fresnel Lineal. AVERMA, Vol. 15 (pág. 08.191 – 08.197).

ABSTRACT: The project objective is the installation of a solar thermal generator of the fresnel type for steam production to be used in industrial applications and electrical generation. The used methodology is the design, construction and testing of a generator prototype. The built equipment includes the following elements : four modules with eight mirrors each with a total 174 m² mirror surface and five absorbers. Each set of 4 sequential mirrors turn controlled by a central computer. The absorbers are 6 meters long and vaporize the water running along pipes by solar radiation. They have been installed seven meters above ground floor. A high pressure pump moves the water along the pipes. The produced steam is connected to a steam reciprocating engine producing a 12 kw electrical power. A concrete 13 ton storage that can be heated by the steam is also installed to store the heat used at night. Finally a heat exchanger is used to heat a drier or condense the unused steam. The generator has been finished recently and its testing is being performed.

Keywords: solar energy, fresnel concentrator, steam production, electrical generation, drier heating.