

DISEÑO DE UN CONCENTRADOR SOLAR CILINDRO PARABÓLICO CON FLUIDO CALOPORTADOR

Fabio Dri¹ - Arturo Busso² - Marcelo Gea³
Facultad Nacional del Nordeste
UNNE - Campus Libertad – Av. Libertad 5460 – 3400 Corrientes
Tel.0345 156268470 - e-mail: dri.fabio@gmail.com

RESUMEN: En este trabajo se analizan distintos factores considerados en el diseño de un sistema de concentrador cilindro parabólico. Este sistema ha sido diseñado para trabajar con un fluido caloportador como medio secundario de transporte de la energía, a fin de disponer de una fuente de calor a temperaturas entre 150°C y 250°C, para su uso en un ciclo de refrigeración por absorción. Se presenta el detalle de la geometría del espejo parabólico, con las expresiones matemáticas que rigen los parámetros principales, como así también la del absorbedor y la forma en que los mismos van ensamblados. Se mencionan además los materiales y métodos constructivos para un prototipo.

Palabras clave: energía solar, tecnología, concentradores cilindro parabólicos, absorbedor, refrigeración.

INTRODUCCION

Los sistemas de aprovechamiento energético solar que utilizan Concentradores Cilindro Parabólicos están encabezando el desarrollo en cuanto a sistemas de aprovechamiento en el intervalo de las temperaturas medias. Esto se debe al escaso riesgo, desde el punto de vista tecnológico que conlleva su instalación y uso, en relación a la gran cantidad de horas de operación acumuladas en plantas existentes (Cabrera Jiménez, et al, 2006), y en contraposición a los sistemas del tipo Receptor Central o Disco Parabólico, que constituyen una alternativa a los aquí planteados.

A nivel internacional, existen experiencias exitosas de este tipo de aplicaciones a gran escala, entre ellas: las nueve plantas SEGS (Solar Electricity Generating Systems) actualmente en operación en California, con más de 2,5 millones de m² de concentradores y una capacidad de generación de 354MWe (FPL Energy, 2008). En España se instaló una planta de generación de 0,5MWe en el año 1981. En la Plataforma Solar de Almería se está investigando especialmente en el área de generación eléctrica (Ministerio de Educación y Técnica España, 2008). Si bien hay mucha experiencia y material publicado en lo que se refiere al uso de los concentradores cilindro parabólicos en grandes centrales de generación, no es tanto lo que existe referido al uso de estos concentradores en pequeñas aplicaciones del orden de los kWt.

El objetivo del presente trabajo es presentar el diseño de un concentrador cilindro parabólico, orientado a la captación de energía solar en potencias inferiores a los 5kW para ser utilizada en aplicaciones de pequeña escala del tipo domiciliarias.

La idea original parte de la necesidad de contar con un sistema concentrador de construcción sencilla, utilizando fluido caloportador para el manejo secundario de la energía, con el fin de utilizar la misma en un ciclo de refrigeración por absorción, en el cual es necesario obtener calor de una fuente de alrededor de los 200°C. En este sentido, complementa estudios que ya se están realizando en la Universidad Nacional del Nordeste sobre refrigeración por absorción (Esquivel, 2006). Asimismo, el sistema puede ser utilizado para cualquier proceso térmico que utilice fuentes de calor externo, pudiéndose lograr temperaturas de hasta 250°C, desde motores de ciclo Stirling hasta hornos para cocción de alimentos.

Se optó por el uso de un concentrador cilindro parabólico debido a que para su construcción se pueden utilizar láminas reflectantes estándar, sin necesidad de efectuar cortes complejos y dificultosos métodos de montaje. Además se destaca el hecho de poder utilizar equipos de control numérico sencillos para fabricar las estructuras de dimensiones precisas, lo cual redundaría en la obtención de un prototipo ajustado a los valores de diseño.

Por otra parte, el concentrador cilindro parabólico necesita de un control de seguimiento solar simplificado, comparado con concentradores disco parabólicos o de receptor central, ya que se orienta sobre un solo eje. En contraposición, la capacidad de concentración de los concentradores cilindro parabólicos es menor que la de los antes mencionados; el foco es lineal en este caso, lo cual implica una mayor superficie de absorbedor, con el consecuente aumento de las pérdidas en el mismo y una disminución de las temperaturas máximas posibles.

Como en todo sistema de captación de energía solar, la eficiencia del mismo depende de las pérdidas térmicas y de las pérdidas ópticas (Duffie y Beckman, 1991). Para los sistemas concentradores también resulta de gran importancia el sistema de seguimiento para conseguir la correcta incidencia de la energía sobre el absorbedor. Estas variables fueron consideradas para el diseño.

¹ Ingeniero Electrónico - Maestrando en Maestría de Energías Renovables - Facultad de Ciencias Exactas. UNSa.

² G.E.R – Grupo en Energías Renovables – FaCENA – UNNE.

³ INENCO – Instituto de Energías No Convencionales. UNSa.

DISEÑO DEL CONCENTRADOR SOLAR

Para el diseño del concentrador se partió de la premisa básica de que el foco debía mantenerse fijo durante el seguimiento del sol, lo cual implica que el espejo parabólico debía moverse en torno a su eje focal. Para esto, se diseñó la estructura de soporte del concentrador de forma que la misma esté contenida dentro de un círculo con centro en el mismo foco de la parábola, con un mecanismo de seguimiento que produce un desplazamiento sobre este mismo círculo. De esta manera, el espejo parabólico se mueva en torno al foco. El ángulo de seguimiento logrado con este mecanismo es de 90°.

A su vez, esta forma de montaje permite desensamblar las distintas partes del sistema sin interferir con las demás (por ejemplo: se puede retirar el espejo sin necesidad de mover el foco de su ubicación). El ángulo de inclinación respecto del plano (β) se puede ajustar a la posición deseada, pero no está prevista su modificación durante la operación normal del sistema.

Para la realización del prototipo, la estructura de montaje del espejo y la estructura inferior de soporte fueron construidas de tablero de fibra de media densidad (MDF). El mismo fue maquinado por medio de una fresadora CNC (Control Numérico Computarizado) a fin de lograr un perfil parabólico preciso, lo cual se traduce en una excelente calidad focal. Los diferentes perfiles (o costillas) que forman las estructuras son unidas por medio de encastrés que le dan la forma final y la rigidez necesaria.

Las formas talladas en los tableros obedecen a las siguientes ecuaciones: Parábola (1) y Círculo (2). Las unidades se expresan en [mm].

$$Y = 3.34E^{-4}X^2 - 0.61202X + 760 \quad (1)$$

$$(Y - 1230)^2 + (X - 915)^2 = 1030^2 \quad (2)$$

La ubicación de las curvas respecto de los ejes de coordenadas obedece al formato de datos interpretados por la fresadora CNC y ubicados de tal forma que el ancho final de captación del espejo parabólico sea de 1,70 m. Con una longitud total del concentrador de 1,20 m se logra una superficie neta de captación de 2 m².

En la Figura 1 se muestran las gráficas de los datos cargados en la fresadora. El contorno verde indica el tamaño total del tablero de fibra utilizado, mientras que el rectángulo rojo limita la parte útil del mismo. La superficie ubicada por debajo de la línea color rosa forma parte de la estructura soporte inferior, y sobre esa línea se desplaza la estructura del concentrador propiamente dicho, la cual está comprendida entre la línea azul (parábola) y la línea rosa (círculo). Los puntos rojos ubicados en el espacio antes mencionado se corresponden con orificios para contener los ejes de los elementos de rodadura del mecanismo de seguimiento.

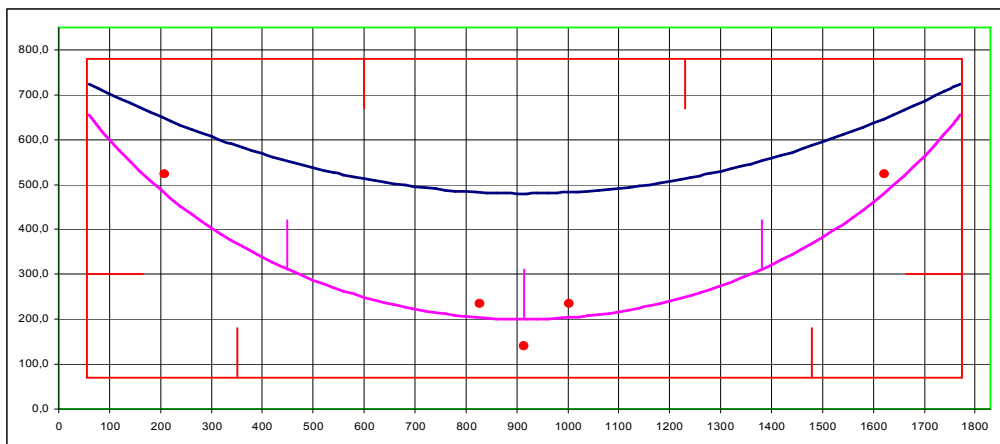


Figura 1. Gráfico de datos de entrada en fresadora CNC (dimensiones en mm)

DISEÑO DEL ABSORBEDOR

La Figura 2 muestra el esquema del absorbedor con sus distintos componentes. La longitud total del absorbedor diseñado es de 1,55 m y está dada por el largo estándar de los tubos de vidrio borosilicato. Su geometría está determinada por tres tubos concéntricos: 1- El exterior es el vidrio propiamente dicho, 2- El intermedio es un tubo de cobre de 25,4 mm de diámetro y 1 mm de pared, cuya superficie es la que recibe la energía del sol (superficie absorbedora), 3- El tubo interior es otro tubo de cobre de 6,35 mm de diámetro y 0,8 mm de espesor de pared; el mismo es el responsable de transportar el fluido hasta el extremo del absorbedor.

Como se puede apreciar en la Figura 2, la entrada y salida del fluido caloportador se hace por un mismo extremo del absorbedor por medio de los dos tubos concéntricos de cobre. Esto favorece un correcto comportamiento del conjunto ante las distintas dilataciones de los componentes con los cambios de temperatura, permitiendo que el extremo libre de los tubos

de cobre se desplace sin dificultad y evitando la generación de tensiones dentro del equipo. Se prevé una variación de alrededor de 5 mm en la longitud de los tubos de cobre, ante un cambio de temperatura de 200°C.

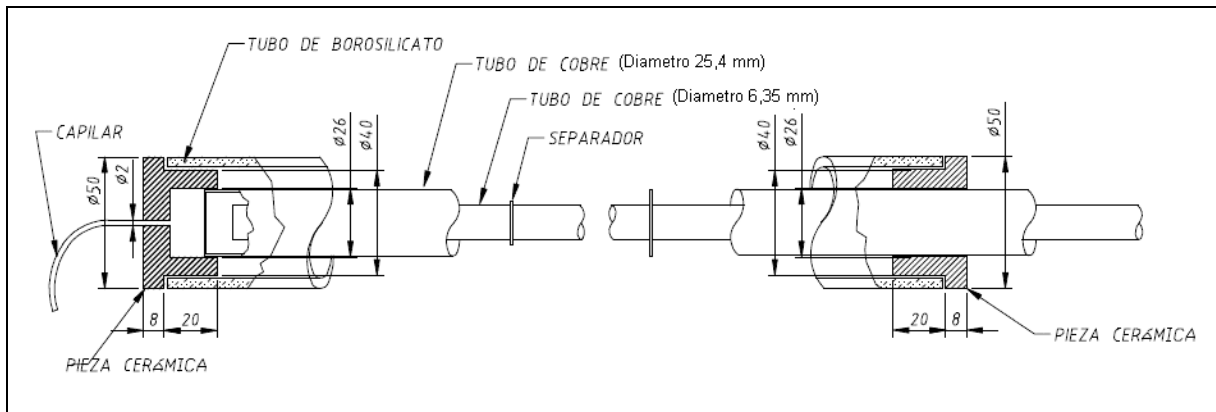


Figura 2. Esquema del absorbedor (dimensiones en mm)

Los extremos del conjunto se cierran mediante piezas de cerámica, las cuales dan la estructura del conjunto. Las uniones entre estas piezas y los demás componentes se sellan mediante silicona de alta temperatura para dar estanqueidad al conjunto y permitir el vacío entre el tubo de borosilicato y el de cobre de 25,4 mm de diámetro. En la tapa de cerámica del lado opuesto al de entrada y salida del fluido caloportador se instala un capilar de cobre que es utilizado para hacer vacío al conjunto. De esta manera se disminuyen al mínimo las pérdidas de calor por conducción y convección.

Como fluido caloportador se propone la utilización de un aceite térmico (del tipo Essotherm 500 o similar), el cual soporta temperaturas de hasta 300°C.

CONCLUSIONES

El diseño del concentrador cilindro parabólico fue basado en las siguientes premisas: movimiento del espejo parabólico en torno al eje focal, calidad focal del espejo y simplicidad del sistema de seguimiento solar. Para el caso del absorbedor, se priorizaron para el diseño la disponibilidad de los materiales, la eficiencia térmica y la sencillez constructiva.

El análisis de las variables mencionadas permitió llegar a un diseño de base del concentrador a fin de posibilitar el análisis de su funcionalidad y eficiencia, haciendo viable de esta manera continuar con las fases subsiguientes del proyecto.

A partir de este diseño se espera avanzar en la investigación de los concentradores cilindro parabólicos para aplicaciones domiciliarias de temperatura media, abordando las siguientes etapas: optimización del diseño del concentrador mediante modelado y simulación, construcción del prototipo optimizado, ensayo de las variables reales de funcionamiento, análisis multivariado de parámetros de eficiencia y determinación de rendimiento energético.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera Jiménez, J.A. et al (2006). **Energía Solar Térmica de Concentración. Estado actual. Actores del sector.** Prospectiva y Vigilancia Tecnológica. CIEMAT. Ministerio de Educación y Técnica. España. http://www.flabeg.com/download/03_download/publ_14_EnergiaSolarTermicaDeConcentration.pdf
- Duffie J. and W. A. Beckman. (1991). **Solar Engineering of Thermal Processes.** Second Edition. Published by J. Willey & Sons Inc., New York, USA.
- Esquivel, O. et al. (2006). **Refrigeración solar mediante ciclo de amoníaco-agua acoplado a un concentrador solar.** Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen T-058. Universidad Nacional del Nordeste. www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt2006/07-Tecnologicas/2006-T-058.pdf
- FPL Energy. **Solar Electric Generating System.** http://www.fplenergy.com/portfolio/pdf/solar_factsheet.pdf. Fecha de consulta: 03/2008
- Ministerio de Educación y Técnica. España. **Plataforma Solar de Almería.** www.psa.es/webesp/index.html. Fecha de consulta: 07/2008

ABSTRACT: In this work different factors included in the design of a parabolic trough concentrator are analyzed. This system has been designed to work with a heat transfer fluid as means to transport the energy, with the purpose of having a heat source with temperatures between 150°C and 250°C to be used in an absorption refrigeration cycle. A detail of the parabolic mirror geometry is given, including the mathematic equations for the main parameters, as well as for the absorber and the way they have to be assembled. The methods and materials to construct a prototype are also mentioned.

Keywords: Solar energy, technology, parabolic trough concentrator, absorber, refrigeration.