

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO INDUSTRIAL
DE CONCENTRADORES CILINDRICO-PARABOLICOS

C. Franciulli, J.M. Kesque, J.A. Moragues*,
J. Di Santo, H. Bajano[†], E. Mezzabolta y
R.O. Nicolás

División Energía Solar
Comisión Nacional de Energía Atómica
Avda. del Libertador 8250 - 1429 Buenos Aires

Resumen

El diseño y se encuentra en etapa de construcción un concentrador cilíndrico-parabólico concebido para producción en serie mediana. El campo de concentradores está proyectado en forma modular, formado por unidades de dos líneas conectadas en serie, de ~ 30 m de largo cada una, con superficie reflectora de vidrio autoportante y área de captación de 1,73 m²/m. El concentrador tiene distancia focal de 700mm, apertura de 125° y factor de concentración geométrico de ~30. La ingeniería básica del conjunto se realizó considerando el empleo de componentes de producción nacional y las tecnologías de fabricación de la industria local. Se discuten las etapas de diseño y construcción del concentrador, los sistemas y dispositivos desarrollados para la fabricación y control de los componentes y el estado actual de construcción e instalación de una línea.

Introducción

Una de las utilizaciones importantes de los concentradores de radiación solar es su uso para calentamiento de fluidos en el intervalo de temperaturas de 120 a 220°C para proveer calor para diversas aplicaciones tales como industrias mineras, de alimentación, textil, etc.. Estos sistemas solares pueden ser operados en conjunto con los sistemas convencionales (cogeneración) ahorrando combustible durante las horas de sol o en forma independiente según el empleo de los mismos.

Entre los diversos concentradores analizados para generación de vapor en el intervalo de temperatura considerado, los concentradores cilíndrico-parabólicos resultan los más convenientes tanto desde el punto de vista óptico como en lo referente a su construcción y mantenimiento.

Se ha diseñado y se encuentra en la etapa final de construcción un prototipo de concentrador

cilíndrico-parabólico concebido para una producción en serie mediana. Se ha partido de la idea de un campo modular, estando la unidad básica constituida por dos líneas conectadas en serie, de ~30 m de largo cada una, con superficie reflectora de vidrio autoportante, área de captación de 1,73 m² por m de longitud y factor de concentración geométrico de ~30.

En base a una simulación numérica del comportamiento anual de estos concentradores realizada en el División Energía Solar de la CNEA¹⁾, se seleccionaron los parámetros más convenientes teniendo en cuenta las limitaciones de tipo constructivo que presenta la plaza local. Asimismo, la ingeniería básica del conjunto se realizó sobre la base del empleo de componentes de producción nacional y el uso, con la adaptación necesaria, de las tecnologías de fabricación en pequeñas series de la industria local. La ingeniería de detalle y de construcción se realizó con la participación de la empresa que efectúa la construcción del sistema.

2. Selección de la tecnología de fabricación

En función de las restricciones antes mencionadas-empleo de componentes de producción nacional, uso de las tecnologías de la industria local y producciones en series medianas (del orden de 1000 m²/año) - se hizo un estudio de diferentes tecnologías de fabricación de concentradores cilíndrico-parabólicos. Las mismas se pueden dividir en dos grandes grupos: aquellas que tienen la estructura portante con la forma cilíndrica-parabólica y las que solo la superficie reflectora tiene

* Miembro de la Carrera del Investigador del CONICET.

† Miembro de la Carrera del Personal de Apoyo del CONICET

para la circulación del fluido de trabajo y la determinación de los parámetros característicos del concentrador es el descrito en Ref.2.

Se construyó una unidad de concentrador completa formada por un par de semiparábolas (1/40 de la longitud total de la línea) a fin de probar las diferentes partes del sistema, la metodología de montaje y ajuste de las posiciones de los espejos y el sistema de seguimiento. Las experiencias realizadas permitieron introducir modificaciones al diseño inicial del conjunto. En la Fig.2. se muestra una vista frontal y trasera de la unidad donde se pueden observar los detalles de construcción del concentrador ante descriptos.

4. Trabajos realizados

En función de la ingeniería básica realizada para la construcción de una línea completa del concentrador se desarrollaron diferentes componentes del mismo, se seleccionaron los materiales más adecuados y se experimentaron estos en condiciones reales de operación.

4.1. Curvado y espejado de la sup. reflectora

Para el curvado de las semiparábolas se seleccionó la técnica empleada normalmente para la fabricación de parabrisas en la industria automotriz. Sin embargo, los requerimientos de precisión de la superficie reflectora obligaron a realizar un cuidadoso análisis de las opciones posibles, así como un desarrollo de la matriz de curvado que todavía está en proceso de evolución.

De las dos opciones posibles -vidrio templado o vidrio laminado- se seleccionó la segunda por presentar las siguientes ventajas: se disminuye la absorción al permitir el uso de un vidrio más delgado delante de la superficie reflectora; se garantiza la protección total del espejado, dada por el vidrio posterior, y el pegado hermético de ambos; se mejora la adherencia de los soportes a las semiparábolas, por estar pegados directamente sobre el vidrio. En el caso del vidrio templado, el adhesivo empleado para la fijación ataca a la pintura empleada para proteger el espejado, e incluso a éste, reduciendo por lo tanto la adherencia; se logra una mayor precisión, por el hecho de efectuarse el curvado sobre una matriz "entera", en contraposición con el vidrio templado que requiere una matriz de sustentación perimetral.

La construcción de la matriz ha sido un trabajo laborioso, habiéndose probado varias técnicas sin resultados aún del todo satisfactorios. Se está trabajando en la construcción de dos nuevas matrices en base a la experiencia recogida; una metálica y otra cerámica. El mejor

curvado obtenido hasta el presente tiene una desviación estandar del error de la parábola real respecto de la ideal de 30', siendo el máximo admisible adoptado de 20'. El dispositivo utilizado para determinar la precisión del curvado de los vidrios es el presentado en la 9ª Reunión de ASADES³⁾.

De las diferentes técnicas utilizadas en el país para la fabricación de espejos se seleccionó la de pulverización simultánea de los reactivos sobre la superficie del vidrio. La misma se utiliza tanto para depositar la capa de Ag cuanto para aplicar la capa protectora de Cu. Presenta la ventaja de poder ser aplicada a superficies curvas sin requerir el empleo de dispositivos especiales.

Para la determinación de la reflectividad del espejo completo se construyó un dispositivo que permite hacer la medición utilizando directamente el espectro solar. En experiencias realizadas con una calibración preliminar del aparato se han obtenido reflectividades de ~80%.

4.2. Soportes

Para el pegado de la rótula-soportes a la superficie reflectora se experimentaron 6 tipos diferentes de adhesivos flexibles especiales para uso a la intemperie. Para seleccionar el material a emplear en la fabricación de las rótulas, se pegaron diferentes aleaciones metálicas sobre vidrio, con diferentes tratamientos de preparación de las superficies a unir. En cada caso, se probaron diferentes tiempos de curado y se sometieron las muestras a experiencias de tracción, a fin de determinar la resistencia máxima (carga de rotura por unidad de superficie). Se seleccionó un adhesivo que satisface los requisitos preestablecidos: soportar la acción de tracción ejercida sobre los espejos por vientos de 200 km/h, tiempo de curado reducido, resistencia a la intemperie y fácil obtención en plaza.

4.3. Receptor:

Para el diseño final del receptor se experimentaron diversos componentes del mismo.

Uniones: Una de las condiciones del diseño es que el diámetro exterior de la parte de la unión que va soldada al caño-receptor debe ser menor que el diámetro interior del tubo de vidrio, a fin de permitir el cambio de éste en caso de deterioro o rotura.

Se probaron diferentes uniones: de fabricación nacional, importadas y de diseño propio. Las experiencias se realizaron haciendo circular por su interior aceite a la temperatu-

ra de operación.

Soporte de tubo pyrex: Se probó a la temperatura de operación el sistema de coronas metálicas soldadas en los extremos del receptor, con anillos de sello hechos con siliconas para resistir altas temperaturas. Estos anillos cumplen cuatro funciones: centrar el tubo pyrex respecto al receptor, evitar pérdidas convectivas por los extremos, absorber la dilatación diferencial entre el tubo metálico y el de vidrio y hacer estanco el tubo receptor al polvo y agua de lluvia.

Soporte de uniones de receptor: se diseñaron dos tipos de soportes que sostienen al receptor en los puntos de unión (cada 3 m) permitiendo que este se desplace libremente al dilatarse. Fueron probados a la temperatura de operación, simulando la presión máxima y el desplazamiento a que se encontrará sometido uno de los extremos del receptor.

Superficie absorbente: Si bien la Sección Electroquímica de la CNEA está trabajando en la obtención de superficies selectivas de Ni y Cr para altas temperaturas, para la primera fase de experimentación del concentrador no se tendrán éstas disponibles. Por ello se están seleccionando y probando pinturas negras y depósitos de Ni opaco con elevado coeficiente de absorción y pinturas de Al con baja emitancia, ambas estables a temperaturas elevadas. Combinando las dos pinturas se tendrá una alta absorción en la parte del receptor que recibe la radiación solar (pintura negra) y una baja emitancia en donde no llega ésta (pintura de Al).

Para todas las experiencias antes descritas se montó un banco de prueba consistente en un circuito cerrado que utiliza un baño termostático para el calentamiento y circulación del aceite de trabajo.

Con un equipo AGA Thermovision 750 se realizaron mediciones aproximadas de la emitancia de las pinturas negra y de Aluminio, a la temperatura de operación.

4.4. Fluido de trabajo

El fluido de trabajo que circula por el receptor se eligió a través de un estudio comparativo de sus propiedades fundamentales entre 10 fluidos obtenibles en el país, ya sean estos de producción nacional o de importación. Se descartó el agua como fluido de trabajo, debido a las elevadas presiones que aparecen en el circuito a las temperaturas de operación del sistema de ensayo, lo cual no impide su utilización en otros casos específicos.

El fluido seleccionado es el Turbina 32 de Y.P.F., que es un aceite mineral puro, de ti-

po parafínico, con un amplio rango de temperaturas de utilización (desde 0°C hasta 300°C), elevado punto de inflamación (200°C medido por el método C.O.C.-Cleveland Open Cup), baja presión de vapor (8 mm de columna de Hg a 250°C), buenos valores del calor específico (0,707 cal/g °C) y de la conductividad térmica (0,1 kcal/h.m.°C) y una adecuada curva de viscosidad. Tiene, además, una alta estabilidad a la oxidación y al craqueo (temperatura de craqueo: 582°C), no es tóxico ni corrosivo y tiene el menor precio por litro de todos los fluidos considerados.

5. Estado de avance

Se terminaron todos los planos de detalle de fabricación del concentrador, encontrándose en construcción una línea completa del mismo en los talleres de INVAP S.E..

Para la fabricación de la estructura portante que contribuye con la rigidez mecánica necesaria al conjunto, se construyó un dispositivo que permite el soldado de las bridas y costillas al tubo de torsión, los largueros a éstas y la correcta ubicación de las bridas con relación a las costillas con la precisión requerida; el mismo está pensado para que el sistema sea producido en el futuro en serie mediana. Asimismo se construyó el material necesario para el correcto maquinado de las diferentes piezas del concentrador. Se encuentra actualmente construido el 20% de la estructura portante del concentrador, esperándose tener terminada una línea completa para Diciembre del corriente año.

Están terminados los pilotes y las bases de la primera línea de concentradores en el campo experimental ubicado en el predio vecino al Centro Atómico Constituyentes.

Agradecimientos

Agradecemos la valiosa colaboración prestada en el desarrollo de diferentes componentes por las siguientes empresas y entes:

- Curvado de vidrio
Ocampo y Cía.
Santa Lucía Cristal S.A.C.I.F.
- Espejado
Glasser S.A.
- Uniones de receptores
Casucci S.A.
- Medición de absorbancia y emitancia
INTI
- Medición de emisividad
INEND (CNEA)

En mismo agradecemos al Sr. Luis Merino la confección de los planos de ingeniería básica de la División Talleres Especializados de la ICA por la colaboración prestada en la construcción de los diferentes dispositivos y componentes desarrollados.

Referencias

R.O. Nicolás, Comunicación privada.

2) E. Mezzabolta, J. Di Santo, C. Franciulli, H. Bajano, C. Bruno y J.A. Moragues, Instalación térmica para el ensayo de concentradores. Actas de la 8ª Reunión de Trabajo de la ASADES, pág. 103, 1983.

3) J.M. Kesque y C.D. Franciulli, Dispositivo para medir calidad de vidrios curvados. Presentado en la 9ª Reunión de Trabajo de la ASADES, San Juan 1984.

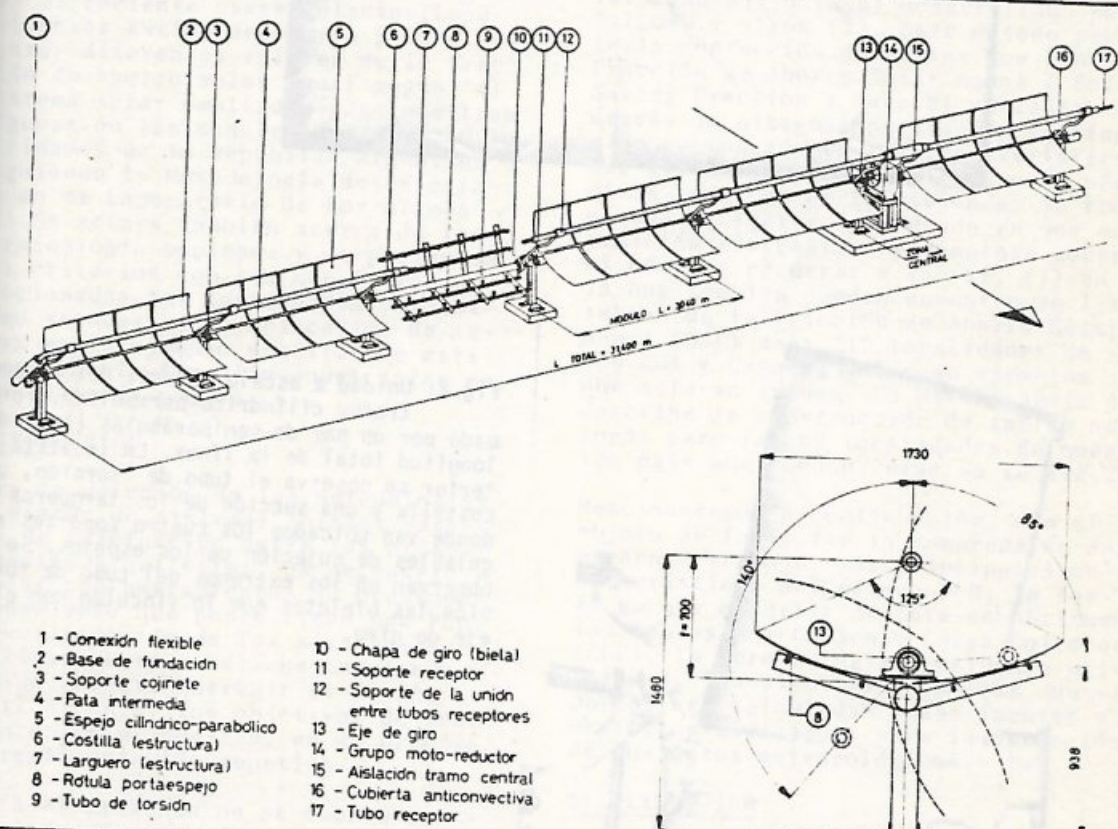


Fig.1: Esquema de una parte de la línea de concentrador cilíndrico-parabólico. Se indican los principales componentes del sistema y las dimensiones principales del mismo. Las dimensiones de la vista en corte están expresadas en mm; f es la distancia focal.

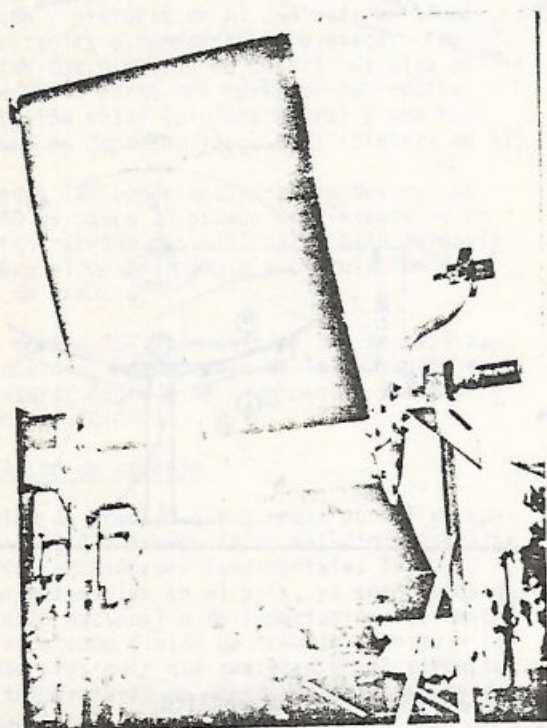
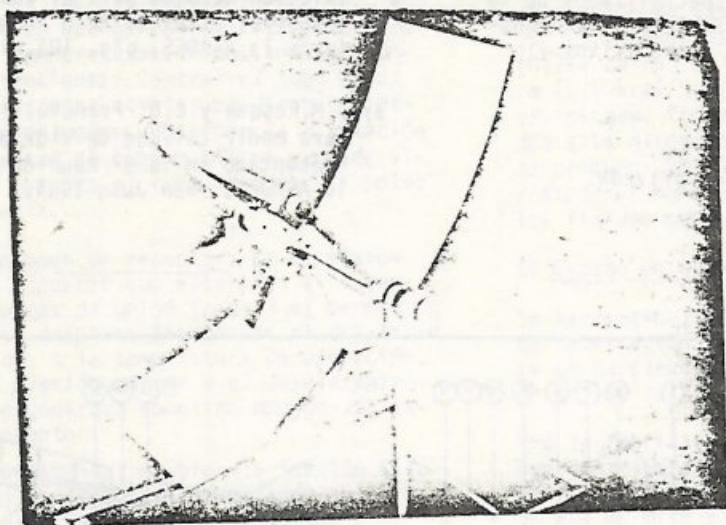


Fig.2: Unidad a escala natural del concentrador cilíndrico-parabólico, formado por un par de semiparábolas ($1/40$ de longitud total de la línea. En la vista posterior se observa el tubo de torsión, una costilla y una sección de los largueros donde van ubicados los cuatro soportes regulables de sujeción de los espejos. Se observan en los extremos del tubo de torsión las bieletas que lo vinculan con el eje de giro.