

## BANCO DE ENSAYOS PARA CONCENTRADORES DE RADIACION SOLAR

C.D. Franculli, E. Mezzabotta, H. Bajano \*, J.M. Kesque, L. Merino, J.H. Farias,

C. Tesone, A. Vicente, R. Weht, J.A. Moragues #, R. Nicolás

División Energía Solar C.N.E.A.

Av. Libertador 8250 (1429) Buenos Aires

### RESUMEN:

Se describen los diferentes aspectos de diseño, construcción, montaje y operación de un banco para ensayos de concentradores de radiación solar, destinado a determinar su comportamiento térmico a temperaturas comprendidas entre 150 °C y 300 °C. Se describen los elementos que lo componen y se analizan los resultados de la operación del sistema. En dicho banco actualmente se ensayan dos líneas de concentradores solares del tipo cilíndrico-parabólico; una desarrollada por la División Energía Solar de la C.N.E.A. (1), y la otra provista por E.N.D.E.S.A (Empresa Nacional de Electricidad S.A. España), en el marco del "Acuerdo Especial de Cooperación para el Desarrollo de la Tecnología de Concentradores de Radiación Solar". Se exponen los primeros resultados del comportamiento de estos concentradores.

### 1. INTRODUCCION

En el campo de las temperaturas intermedias, comprendidas entre 150 y 300 °C, los concentradores de tipo cilíndrico parabólico han demostrado ser una alternativa promisoría en la conversión fototérmica de la energía solar, tanto para aplicaciones industriales del calor, como para la generación de electricidad. En el desarrollo de tales concentradores y una vez construido un prototipo de los mismos, resulta indispensable contar con la infraestructura adecuada para la evaluación de su comportamiento, desde el punto de vista óptico, térmico, estructural y operativo. Gran parte de esa infraestructura está constituida por el banco para ensayos de concentradores solares aquí descrito, desarrollado por la División de Energía Solar de la C.N.E.A.; e instalado en su campo experimental del Centro Atómico Constituyentes.

Para determinar el rendimiento térmico global de los concentradores solares de tipo cilíndrico parabólico, se tomó como base el procedimiento establecido en la norma ASTM 903-82. Según esta, dicho rendimiento está dado por la expresión:

$$R_t = \frac{m \cdot c_p \cdot (T_2 - T_1)}{I \cdot A \cdot \cos \theta}$$

Donde:

m = flujo de masa por unidad de tiempo que circula por el receptor (kg/s)

\* Miembro de la Carrera de Personal de Apoyo del CONICET.

# Miembro de la Carrera del Investigador Científico del CONICET.

$c_p$  = calor específico a presión constante del fluido térmico (J/kg °C)

$T_s$  = temperatura del fluido a la salida del receptor (°C)

$T_e$  = temperatura del fluido a la entrada del receptor (°C)

$I$  = radiación solar directa (W/m<sup>2</sup>)

$A$  = área de apertura del concentrador (m<sup>2</sup>)

$K$  = ángulo de incidencia de la radiación

Con el propósito de realizar la medición y/o el control de los parámetros intervinientes en dicha expresión, se proyectó y construyó la instalación térmica esquematizada en la fig.1. Las pautas básicas utilizadas para su diseño, surgen de las condiciones establecidas por la mencionada norma para la realización de los ensayos. En ella se establece que los mismos son válidos cuando cada sistema a ensayar se halla en condiciones de equilibrio cuasi estacionario, para lo que es imprescindible mantener constantes el caudal del fluido de transferencia de calor y su temperatura en la entrada al receptor, en cada concentrador a ensayar.

En las siguientes secciones se expondrán las características de la instalación en conjunto, así como los criterios de diseño que condujeron a la selección de sus componentes.

## 2. PAQUETE TÉRMICO

Tal como se explicó anteriormente, la función principal de la instalación aquí descrita es la de controlar y/o medir las variables o parámetros que son factores determinantes del comportamiento térmico de los concentradores a ensayar. Este comportamiento puede ser evaluado ya sea analizando la eficiencia de los concentradores, en su carácter de conversores fototérmicos de la energía solar, o estudiando su capacidad para satisfacer las demandas térmicas de una aplicación o uso determinado de la energía colectada.

El doble carácter de los colectores, define dos métodos de ensayo diferentes. El primero de ellos exige mantener constantes tanto el caudal del fluido de transferencia térmica, como su temperatura en la entrada a los receptores. Mientras que en el segundo, por el contrario, lo que interesa son los parámetros del fluido a la salida del receptor; en este caso las condiciones estarán fijadas por las características del consumo de la energía disponible.

Para satisfacer estos dos requerimientos básicos la instalación construida cuenta con un intercambiador de calor fluido agua, conectado a la salida de los concentradores. Este intercambiador cumple una doble función: por un lado, actúa como disipador de la energía colectada, cuando la instalación se utiliza para determinar el rendimiento de los concentradores y por otro, se comporta como un simulador de consumo cuando la instalación se utiliza para analizar la capacidad de los concentradores para satisfacer una demanda específica. En el primer caso, el intercambiador reduce la temperatura que tiene el fluido de transferencia, a la salida de los receptores, hasta unos 2 ó 3 °C por debajo de la temperatura de ensayo. De esta forma, el intercambiador actúa también como un regulador grueso de la temperatura del fluido. La regulación fina queda reservada para el tanque calefactor-acumulador. En el calefactor se lleva al fluido hasta la temperatura de entrada fijada para el ensayo, calentándolo por medio de

resistencias eléctricas. El volumen de este tanque es tal que, el fluido contenido en él, provee una capacidad térmica suficiente como para absorber pequeñas fluctuaciones, o inhomogeneidades, en la distribución de la temperatura en el líquido.

En el segundo caso, o sea como simulador de consumo, el intercambiador fluido-agua puede variar la cantidad de energía térmica demandada al fluido de transferencia, o la temperatura a la que esa energía es requerida. En esta aplicación, el tanque calefactor-acumulador no aporta energía adicional y el control sobre las condiciones de ensayo se realiza, fundamentalmente, por medio de la regulación del caudal del fluido de transferencia a través de los receptores.

Además del intercambiador de calor y el tanque calefactor-acumulador, el resto de instalación esta constituida por elementos cuyas funciones son complementarias de las de aquellos o de las de los concentradores.

### 2.1. CALEFACTOR ACUMULADOR

El calefactor-acumulador tiene por objeto conseguir una temperatura constante en las entradas de los receptores, con una estabilidad de  $\pm 0.1$  °C, durante el tiempo que dura el ensayo. Está formado por un tanque cilíndrico con una capacidad de 0.3 m<sup>3</sup>, dentro del cual se ha montado un calefactor eléctrico.

El calefactor utilizado es de 15 kW de potencia, y está formado por una brida de acero de bajo contenido de carbono, sobre la cual se soldaron 18 resistencias con forma de U, de 11 mm de diámetro, y de 1.23 m de lado por rama. Los extremos de cada rama (primeros 27 cm), son del tipo frío (no disipan potencia).

Cada resistencia es de 58 ohm, y disipa 833 W cuando se la conecta a una tensión de 220 V. Las 18 resistencias están conectadas según un sistema trifásico en estrella, formando grupos de 6 resistencias en paralelo por cada fase.

El cálculo de la capacidad de transferencia de calor, en la superficie de las resistencias calefactoras, se hizo para la temperatura máxima permitida para la capa del fluido en contacto con aquellas (capa límite), suponiendo distintas condiciones de circulación del fluido a calefaccionar. Con los valores obtenidos se estimó el tamaño de los calefactores, los cuales fueron seleccionados entre los disponibles en plaza.

El calefactor está instrumentado con 3 sensores de temperatura:

- una termorresistencia de platino -Pt 100- colocada dentro de una vaina soldada a una de las resistencias, del que denominamos primer grupo: cumple la función de sensor para la regulación.
- una termorresistencia, igual a la anterior, vinculada a una resistencia del que denominamos segundo grupo: cumple la función de sensor de seguridad.
- una termocupia de cromel-alumel (K), de tipo compacta, soldada a una resistencia del tercer grupo: cumple la función de sensor para medir la temperatura de la capa límite del fluido.

### 2.2. INTERCAMBIADOR DE CALOR

Como se explicó, el intercambiador de calor tiene por objeto actuar como disipador de la

energía colectada y como primera etapa de un sistema de regulación de la temperatura del fluido de transferencia. Esto se debe al hecho de que el banco de ensayos no está diseñado para la utilización de la energía colectada.

El intercambiador está intercalado entre la salida de los receptores y la entrada al calefactor acumulador. Está constituido por una serpentina de tubos de acero al carbono, de 25 m. de longitud y de 25.4 mm de diámetro, por la cual circula el fluido portador de calor; la misma está montada en una carcasa cilíndrica de eje vertical, de 0.22 m<sup>3</sup> de capacidad, por la cual circula el líquido frío (agua).

### 2.3. SISTEMAS DE REGULACION DE TEMPERATURA

El suministro de energía eléctrica a los calefactores es controlado por un regulador de temperatura de estado sólido, de acción proporcional, diferencial e integral, que recibe la señal de uno de los sensores de temperatura del calefactor, la procesa, y luego envía otra de control a tres triacs (uno para cada fase de la carga). La señal de control está vinculada a la carga a través de optoacopladores, no habiendo un acoplamiento eléctrico entre el sistema de control y la carga. Esto reduce los riesgos personales y protege al regulador, ante cualquier falla o descarga que se produzca en el sector del calefactor. La acción del regulador se produce por trenes de ondas con corte de tensión por cruce de cero, lo que disminuye la posibilidad de generación de ruidos electromagnéticos que puedan afectar las señales de los circuitos de medición en el resto de la instalación. El circuito esquemático del sistema de regulación se muestra en la fig. 2.

### 3. FLUIDO DE TRANSFERENCIA

Para elegir el fluido de transferencia se analizaron las propiedades que se consideraron fundamentales para su desempeño y se realizó un estudio comparativo entre diez fluidos obtenibles en el país, ya sean estos de producción nacional o de importación. El fluido seleccionado resultó ser el Turbina 32 de YPF, que es un aceite mineral de corte, de tipo parafínico, con un amplio rango de temperaturas de utilización (desde 0 °C hasta 310 °C, en el seno del líquido), un elevado punto de inflamación (200 °C) y de combustión (218 °C), ambos determinados según la norma ASTM D-92, una baja presión de vapor ( $6 \times 10^{-2}$  Pa a 250 °C), buenos valores de calor específico (0.1688 J/gr °C a 250 °C) y de conductividad térmica ( $8.6 \times 10^{-3}$  W/m °C a 250 °C), y una adecuada curva de viscosidad, lo cual asegura una fácil puesta en marcha de la instalación a bajas temperaturas y un bajo consumo de energía de bombeo a las temperaturas de operación del sistema. Sus relativamente elevados puntos de inflamación y combustión lo convierten en un fluido con muy bajo riesgo de incendio, como consecuencia de fugas accidentales o pérdidas. Además, exhibe una alta estabilidad a la oxidación y al craqueo (temperatura de craqueo: 582 °C), no es tóxico ni corrosivo y resulta ser el de menor precio por litro de todos los fluidos considerados.

### 4. SISTEMAS DE CIRCULACION Y ELEMENTOS AUXILIARES

#### 4.1. BOMBA DE CIRCULACION

Para la circulación del fluido térmico a través del circuito, se seleccionó una bomba centrífuga, por ser este tipo de bomba el que ofrece el mejor comportamiento en estas instalaciones. Las características de la bomba se determinaron considerando las exigencias de caudal de los receptores y las velocidades requeridas para la circulación del aceite por el calefactor. Se analizaron en particular dos casos extremos de operación: la puesta en marcha a temperatura ambiente y el funcionamiento del sistema a la máxima temperatura prevista (250 °C). En ambos casos se determinaron las pérdidas de carga en las cañerías, accesorios y demás componentes. Como resultado del cálculo se eligió una bomba centrífuga, del tipo usado en procesos, de una sola etapa, de rodete cerrado, con sello mecánico refrigerado por agua. Está acoplada por medio de un manchón elástico a un motor eléctrico trifásico asíncrono blindado de 4.1 KW (5.5 HP) de potencia y 293 rad/s (2800 rpm), conectado a una línea trifásica de 220/380 V. La presión máxima que puede desarrollar es de 0.59 MPa a caudal nulo, siendo de 0.49 MPa para un caudal de 40 dm<sup>3</sup>/min.

#### 4.2. TANQUE DE EXPANSION

Debido al elevado coeficiente de expansión del Turbina 32, se origina un cambio apreciable del volumen de aceite contenido en la instalación, cuando el fluido pasa de la temperatura ambiente a la de operación. Dicho aumento es absorbido por un tanque de expansión, que se conecta en la zona más próxima a la aspiración de la bomba. Su capacidad es aproximadamente igual al doble del cambio de volumen experimentado por el aceite entre sus temperaturas extremas (0.22 m<sup>3</sup>). Para evitar la descomposición u oxidación del Turbina 32, cuando se encuentra a temperaturas mayores de 40 °C, se crea una atmósfera inerte en el interior del tanque, presurizando éste levemente (0.09 MPa) con nitrógeno gaseoso.

El tanque posee: nivel con visor exterior de vidrio plano, válvula de seguridad, tapa de inspección, medidor de presión manométrica electrónico, solenoide de purga y medidor eléctrico de nivel. Tanto este último, como el medidor de presión manométrica, son leídos en la pantalla de la computadora y la válvula solenoide es accionada por el sistema de control computado, cuando hay exceso de presión en el tanque.

#### 4.3. TANQUE RECEPTOR DE PURGAS

El tanque receptor de purgas se utiliza para la colección de las purgas que se hacen en los distintos puntos del paquete térmico, con el objeto de ventear los gases o vapores que se puedan producir durante la operación. Es de características similares al tanque de expansión y está ubicado de modo que su parte superior esté por debajo del punto más bajo del circuito. Al igual que aquel está presurizado con nitrógeno, a 0.05 MPa, para proveer una atmósfera inerte evitando así la oxidación del fluido.

Posee: un nivel exterior con visor de vidrio plano, una válvula de seguridad, una válvula de venteo manual, un medidor de presión electrónico y una válvula solenoide que es comandada por el sistema de control computado, cuando hay exceso de presión en el tanque.

#### 4.4. CAÑERIAS, FILTROS Y ELEMENTOS ACCESORIOS

**Cafeterías:** Son tubos sin costura, de acero ASTM A-53B, de bajo contenido de carbono, de 33.4 mm de diámetro exterior, y 4 mm de espesor (1", Sch. 40), arenados interiormente.

**Válvulas de paso:** Son de tipo globo, de accionamiento manual, con un vástago ascendente, cuerpo de acero forjado y extremos con bridas.

**Juntas:** Son de asbesto prensado (tipo Olicap)

**Cafeterías de purga y de drenaje:** Son tubos sin costura, de acero ASTM A-53B, de bajo contenido de carbono, de 14.3 mm de diámetro exterior, y 4 mm de espesor (1/4", Sch. 40).

**Válvulas de purga y de drenaje:** Son del tipo de aguja, con vástago y asiento de acero inoxidable y uniones soldadas.

**Uniones:** Las uniones entre cafeterías, válvulas, filtro y otros componentes, se realizaron por medio de bridas soldadas, del tipo deslizante (SLIP-ON) de la serie ASA 150 y ASA 300 lb. Las uniones entre cafeterías y accesorios se realizaron por soldadura de arco.

**Juntas de dilatación:** Los acoplamientos entre la bomba, el tanque de expansión, el calorímetro de flujo y los extremos de los receptores de los concentradores nacionales, con las cafeterías de la instalación se realizaron por medio de uniones flexibles del tipo fuelle, de acero inoxidable, con extremos provistos de bridas soldadas.

**Filtro de protección:** A la salida del tanque calefactor-acumulador se instaló un filtro de protección del tipo cartucho, de tela metálica de acero inoxidable, para filtrar partículas de más de 100  $\mu\text{m}$ . de diámetro.

**Válvula reguladora de caudal:** Es una válvula tipo esférica, con conexión con bridas, con actuador eléctrico y posicionador electrónico, controlada por el programa computado para regular el caudal del fluido que circula por los receptores.

**Válvulas de control:** Válvulas "ON-OFF", tipo esféricas, con conexión con bridas, con actuador eléctrico, de dos y tres vías, controladas por el programa, con el fin de permitir la circulación del fluido, tanto por los receptores como por el circuito de "by-pass".

**Vartos:** Todas las superficies exteriores de las partes construidas en acero al carbono, se pintaron con una pintura especial de aluminio para alta temperatura, a base de siliconas modificada con alquídico.

La presión máxima del circuito es de aproximadamente 0.58 MPa, y se alcanza a la salida de la bomba, donde se suman la presión de impulsión de la misma y la del nitrógeno del tanque de expansión.

## 5. SISTEMAS DE MEDICIÓN

En la presente sección se describen los sistemas instalados para la determinación de los parámetros necesarios para la obtención de  $R_p$ , y el control del circuito, a fin de disponer de información sobre las características de funcionamiento del conjunto.

## 6.1 TEMPERATURA

La temperatura del fluido de transferencia se determina por medio de termorresistencias de platino Pt 100. Se instalaron sensores calibrados de temperatura ubicados en la entrada y salida de los receptores de ambos concentradores, para determinar el salto térmico del fluido de trabajo. En otros puntos del circuito solamente se ubicaron vainas para la colocación de termorresistencias portátiles, a fin de poseer información acerca del comportamiento térmico de la instalación. Las vainas y las protecciones que atraviesan la aislación térmica se diseñaron tratando de reducir al mínimo las pérdidas térmicas.

La distribución de los puntos de toma de temperatura, donde se instalaron las vainas, es la siguiente:

a) Tanque calefactor acumulador: se instaló una vaina en la parte central del calefactor, para medir la temperatura en el seno del fluido, y además dos juegos de cuatro vainas cada uno, ubicados sobre dos generatrices de la pared del tanque, para determinar la distribución espacial de temperatura en su interior.

b) Cafetería: en varios lugares de la cafetería aislada térmicamente, se colocaron vainas para determinar las pérdidas térmicas.

c) Válvulas reguladoras de caudal: a la entrada de las mismas se colocaron vainas para medir las temperaturas del fluido que circula por ellas.

## 5.2 CAUDAL

La medición del caudal se realiza por medio de un caudalímetro volumétrico, del tipo flotámetro, marca Fischer & Porter, con un indicador exterior de aguja y una señal de salida analógica. El error de lectura es de 1 %, la linealidad de 1 % y el error de repetibilidad es menor del 0.2 %.

El intervalo de medición es 0-716  $\text{cm}^3/\text{seg}$ .

## 5.3 PRESIÓN

La medición de presión en los distintos puntos del circuito del banco de ensayos, se realiza por medio de transductores de presión electrónicos, marca CONAR tipo TP-750-G. Estos transductores envían una señal de tensión que es leída y registrada por el sistema de adquisición de datos.

La presión se mide en los siguientes puntos del circuito:

- Aspiración e impulsión de la bomba de circulación; para verificar las condiciones de funcionamiento de la misma.
- Entrada y salida del filtro, para determinar, a través de la pérdida de carga, el estado del mismo.
- Entrada y salida de los receptores; para medir la pérdida de carga por unidad de longitud.
- Tanque de expansión y de purga; para mantener una presión mínima de la atmósfera interna de gas nitrógeno.

#### e) Entrada al paquete térmico.

### 5.4. CAPACIDAD CALORICA DE FLUIDO

La capacidad calorica de flujo está dada por el producto  $m \cdot c_p$ , y se la mide por medio de un calorímetro de flujo. El aceite seleccionado como fluido de transferencia, al igual que la mayoría de los fluidos orgánicos que cumplen funciones equivalentes, cambia sus propiedades originales como consecuencia del intercambio de energía, produciéndose el craqueo de sus moléculas, la volatilización de sus componentes más livianos, la contaminación con otros elementos presentes en el circuito, etc. Como consecuencia de dichas modificaciones o envejecimiento, se deben realizar ensayos periódicos para determinar su densidad, viscosidad, calor específico, acidez, contenido de humedad y sólidos en suspensión. Los valores reales de la densidad y del calor específico, son indispensables para calcular la eficiencia térmica por medio de la fórmula (1). (La densidad interviene en el cálculo de  $R_f$  como consecuencia de que el caudalímetro instalado mide el caudal volumétrico). Para evitar la incertidumbre que surge de utilizar los valores de tablas de la densidad y el calor específico, o la incomodidad que implica tener que realizar periódicamente ensayos para determinar sus valores, se diseñó, construyó e instaló un calorímetro de flujo (2), que permite obtener el valor del producto  $m \cdot c_p$ , sin realizar ningún ensayo sobre el aceite.

### 5.5 PARAMETROS METEOROLOGICOS

Con el propósito de medir las variables meteorológicas que intervienen directa o indirectamente en el funcionamiento del sistema, se instaló una estación meteorológica instrumentada con:

- Una termorresistencia tipo Pt 100, para la medición de la temperatura ambiente.
- Un piranómetro de incidencia normal, marca EPPLEY, para la medición de la radiación solar directa. Posee una linealidad de  $\pm 1.5\%$  para intensidades de hasta  $1400 \text{ W/m}^2$ .
- Un piranómetro marca KIPP & ZONEN tipo CM 5, para la medición de la radiación solar global.
- Un anemómetro marca SIAP.

Las señales producidas por estos instrumentos son leídas por la unidad de adquisición de datos.

### 6. SISTEMAS DE CONTROL Y ADQUISICION DE DATOS

Para la operación y control de banco de ensayos, fue desarrollado por el personal de la D.E.S. (3), un programa de control y adquisición de datos, para una computadora del tipo "PC XT", con una plaqueta de comunicaciones "IEEE-488", una impresora y una unidad de adquisición de datos y control, con 10 canales de entradas analógicas y 20 digitales, 18 actuadores y 2 salidas analógicas. El programa satisface los siguientes requerimientos:

- Control automático del proceso.
- Verificación de las condiciones mínimas de operación, detección, evaluación y corrección de inconvenientes.
- Grabación de los parámetros de interés en disco, para su posterior evaluación.
- Información visual permanente de las variables del sistema.

### 7. SISTEMAS DE SEGURIDAD

El programa de control evalúa las condiciones mínimas de operación. En caso de detectar algún inconveniente, de ser necesario modifica los estados de las válvulas solenoides, las reguladoras de caudal, las de control, la habilitación de tensión al tanque calefactor-acumulador, etc.

La instalación cuenta con resguardos electromecánicos que actúan en caso de sobrepresiones y sobretemperaturas.

Además, por razones de seguridad, el programa prevé la interrupción del ensayo, enviando a los concentradores a su posición de guardado, cuando la velocidad del viento supera los  $500 \text{ m/min}$ .

### 8. ENSAYOS REALIZADOS

En el banco actualmente se ensayan dos líneas de concentradores cilíndrico parabólicos, una de ellas desarrollada por personal de la División Energía Solar de C.N.E.A. y la otra provista por E.N.D.E.S.A. (Empresa Nacional de Electricidad S.A. - España), en el marco del "Acuerdo Especial de Cooperación para el Desarrollo de la Tecnología de Concentradores de Radiación Solar", el cual preveía la realización de ensayos comparativos de ambas líneas. Las mismas están equipadas con reflectores de vidrio autoportante, espejados en segunda superficie y poseen un área de captación de  $45 \text{ m}^2$ . La línea española posee un receptor recubierto con una superficie selectiva.

Se realizaron ensayos a caudal y temperatura de entrada del fluido a los receptores constantes. En los gráficos 1 y 2 puede verse la regulación del caudal, la eficiencia, la temperatura de entrada al receptor y la radiación directa, en los ensayos en ambas líneas de concentradores (DES y ENDESA).

### 9. CONCLUSIONES

El banco de ensayos ha mostrado ser una herramienta idónea para la evaluación del comportamiento de concentradores de radiación solar, a nivel de prototipo. Es fácilmente adaptable al ensayo de otros concentradores, con la condición de no superar su temperatura máxima de operación.

Los ensayos realizados arrojan resultados promisorios para ambas líneas, con rendimientos aproximados del  $50\%$ . Se pudo observar un mejor comportamiento de la línea española, hecho atribuible a la superficie selectiva que recubre el receptor de la misma. Actualmente la División Energía Solar está desarrollando un proceso para la obtención de dichas superficies. Otra diferencia apreciable es la existente entre los valores de los rendimientos brutos y los netos, a través de los cuales se puede evaluar el aprovechamiento del área ocupada.

### 10. REFERENCIAS

1. 'Diseño y construcción de un prototipo industrial de concentradores cilíndrico-parabólicos'. C. Franciulli, J. M. Kesque, J. A. Moragues, J. Di Santo, H. Bajano, E. Mezzabotta y R. Nicolás. X Reunión de Trabajo de ASADES. Neuquén. Octubre. 1985.
2. 'Calorímetro de flujo aplicado al ensayo de concentradores solares'. E. Mezzabotta, F. Pensa, C. Vignolo. XIII Reunión de Trabajo de ASADES. Salta. Octubre 1988.
3. 'Sistemas de control y adquisición de datos para la operación de un banco de ensayos de concentradores de radiación solar'. C. Tesone, H. Bajano, L. Dawidovski. XIII Reunión de Trabajo de ASADES. Salta. Octubre 1988.

#### AGRADECIMIENTOS:

Los autores desean expresar su agradecimiento a los Srs. Claro V. Aquines y Claudio Bolzi por el empeño y dedicación mostrado durante el montaje del banco de ensayo de concentradores de radiación solar.