

USO DE INTERCAMBIADORES COMPACTOS AIRE-LIQUIDO
EN CALENTADORES SOLARES DE AGUA

G. Anumada, A. Iriarte y A. Amaya
INENCO", Unidad de Investigación Catamarca
Facultad de Ciencias Agrarias-UNCA.
C.C. 139- 4700 Catamarca

L. Saravia
INENCO", Universidad Nacional de Salta
Bs. As. 177-4400 Salta

Resumen

En trabajos anteriores (1),(2) se ha estudiado el comportamiento de prototipos desarrollados para el calentamiento de agua mediante el intercambio de calor entre el aire y un conjunto de tanques cilíndricos transversales al flujo. Este sistema de acumulador, si bien cumple con los objetivos previstos en el sentido que evita el congelamiento del agua, presenta una serie de inconvenientes, particularmente en lo que se refiere a su construcción.

En el presente trabajo se describe / el ensayo de un intercambiador compacto adaptado para usarlo como elemento de transferencia de calor entre el agua y el aire proveniente de un colector solar.

Se estudia el sistema en condiciones de régimen, detallando los resultados experimentales obtenidos en distintas situaciones de consumo y particularmente en las de los trabajos anteriores. En especial se analizan: distribución de temperaturas en el colector, intercambiador, acumulador, tanque intermediario y rendimientos globales, en comparación con los resultados de los diseños anteriores.

1.- Introducción

La problemática presentada al desarrollar un sistema solar calentador de agua, que entre otras ventajas / sea la de no permitir el enfriamiento excesivo de las tuberías de agua, además que su mano de obra sea relativamente sencilla, ha llevado a /

- (*) Instituto UNCA-CONICET
- (*) Unidad de Investigación del INENCO en Catamarca UNCA-UNSA-CONICET

nuestro grupo a diseñar y construir diversos prototipos, los cuales marcan una evolución tendiente hacia / la solución adecuada, que redundará un beneficio al ser utilizado en zonas frías, como las de alta montaña o bien en regiones aisladas.

En publicaciones anteriores, (1,2) se mostraron resultados referentes a / equipos con aire como fluido intermediario (en convección forzada y / natural) en el calentamiento del agua donde se justifican cambios importantes en la superficie de colección, modificaciones en la acumulación y el haber optado por la convección natural.

En el presente trabajo, se hace mención a una modificación sustancial / relacionada con el intercambio y posterior acumulación térmica en el sistema, permaneciendo el colector propiamente dicho sin variantes dignas de señalar.

A este dispositivo lo denominamos / ensayo III, y se fundamenta en la utilización de un intercambiador compacto y un termotanque acumulador.

Con el objeto de obtener un criterio de comparación respecto de los ensayos precedentes, se mantienen sin / variaciones, (entre otros parámetros) la política de consumo de agua y el régimen de medición global.

2.- Descripción General

El ensayo II (2) era un dispositivo experimental que consistía en dos / partes fundamentales:
Subsistema de colección
Subsistema de intercambio-acumulación.

El primero de ellos estaba constituido por una placa ennegrecida de fi-

bra de vidrio con aletas metálicas/ brillantes paralelas al flujo de aire, espaciadas convenientemente. Todo el conjunto estaba recubierto por una superficie doblemente vidriada/ de dos metros cuadrados de área.

Por su parte, el sistema de intercambio-acumulación consistía en 10 tanques cilíndricos metálicos, de 12 litros de capacidad cada uno, expuestos transversalmente al flujo, el intercambio y acumulación térmica se efectuaba a través de una área de transferencia total de aproximadamente 4,20m².

Si bien es cierto que éste prototipo resuelve varios problemas planteados con anterioridad, permanecen otros/ sin solución, destacándose por su importancia los siguientes.

- a) Bajos coeficientes globales de transferencia.
- b) Apreciable salto térmico entre colector y acumulador.
- c) Insuficiente volumen de agua disponible.
- d) Inercia térmica del intercambiador-acumulador ante exigencias de consumo.
- e) Carencia, en la zona, de mano de obra especializada acorde con las necesidades del diseño.
- f) Limitada vida útil de los tanques de acumulación.

Estos inconvenientes se transforman en desventajas y factores limitantes hacia una eventual transferencia tecnológica y constituyen un fuerte argumento a favor de la búsqueda de una alternativa que garantice, aunque sea en parte, un funcionamiento tendiente a lograr un mayor rendimiento global. Este objetivo debe lograrse teniendo en cuenta la economía y tiempo de construcción del sistema.

El ensayo III, del que nos ocupamos ahora, intenta dar soluciones a las desventajas enunciadas previamente, sin perder de vista el objetivo fundamental del desarrollo de éstos sistemas. A fin de facilitar una descripción detallada del prototipo, se hace necesario considerar tres partes bien definidas:

- I.- Subsistema de colección
- II.- Subsistema de intercambio
- III.- Subsistema de acumulación

I.- Subsistema de colección

Esta unidad no a sufrido modificaciones respecto a los prototipos anteriores (2), consistiendo básicamente

en un colector de aletas brillantes, dispuestas de manera tal que el aire circula por convección natural entre la placa colectora y el vidrio interno.(Fig. 1)

II.- Subsistema de Intercambio

El módulo de intercambio, fig. 2, está constituida por un intercambiador compacto, tipo radiador, donde se realiza la transferencia térmica entre el aire caliente, proveniente del colector solar y el agua. Este sistema, de fácil adquisición en el mercado, reemplaza los tanques de intercambio-acumulación, reduciendo una proporción importante el volumen del sistema.

El intercambiador compacto, formado por tubos aplanados aletados, tiene 05x55x9cm de alto, ancho y espesor respectivamente, con una densidad de aletas igual a 6 por pulgada. Dichas aletas están colocadas horizontalmente, paralelas al flujo de aire caliente y perpendiculares a los tubos por donde circula el agua por transferencia, presentando un área efectiva de transferencia de aproximadamente 13 m².

Dos depósitos, uno superior y otro inferior están unidos por tubos aplanados verticales, que a su vez atraviesan las aletas, permitiendo la distribución del agua para la circulación en los tubos y su recolección. Se ha incluido una entrada y salida, parte inferior y superior respectivamente, dispuestas diagonalmente a efectos de favorecer la distribución del flujo de agua.(Fig. 6)

III.- Subsistema de acumulación

Consiste en un tanque de 120 litros de chapa galvanizada, aislado del exterior con lana de vidrio. Está ubicado en la parte superior del equipo Fig. 1, y unido al intercambiador por medio de tuberías de caucho vulcanizado para alta temperatura, a efecto de lograr una menor pérdida de carga en la circulación del fluido, asimismo están aisladas con lana de vidrio y recubierta con cinta plástica a lo largo de su recorrido.

En toda la instalación se han tomado las provisiones correspondientes, en cuanto a la aislación de las distintas partes, a efectos de evaluar costos, como si el equipo estuviera en funcionamiento en zonas de baja temperatura.

3.- Análisis de Funcionamiento

El sistema integrado por los tres / subsistemas descriptos, fig. 1, colector, intercambiador compacto y / termotanque, opera en convección natural con dos circuitos convectivos independientes. En ese sentido el / funcionamiento consiste en la circulación de aire caliente del colector solar, que asciende hasta llegar al radiador en donde transfiere parte de su calor al agua, mediante / las aletas y tubos aplanados.

El agua, calentada de ésta manera, / fluye hasta la zona superior del / termotanque, obligando al agua fría del mismo a descender para completar el circuito de termosifón. Asimismo el aire, luego de transferir calor / al agua, baja por la parte inferior del colector para cerrar el ciclo / de termocirculación.

Es importante destacar en el análisis de funcionamiento de los ensayos experimentales, que la transferencia entre los fluidos es razonablemente importante. Esto es consecuencia directa de la superficie expuesta de / las aletas y de la masa térmica relativamente baja del intercambiador, que resultan ser comparativamente / más adecuadas que en el caso de los ensayos anteriores.

Sin embargo, a pesar que la densidad de aletas-tubos es importante en la transferencia, ésta tiene un límite fijado por la máxima pérdida de carga admisible del circuito de circulación. En consecuencia, se hace necesario calcular estos parámetros / con la finalidad de evitar marcados gradientes de temperatura entre la / parte anterior-posterior del intercambiador, que pueden favorecer la formación de corrientes espúreas en el mismo cuando se opera en convección natural, ya que fue diseñado / para trabajar en convección forzada.

Es importante destacar, que la argumentación teórica válida que gravita en el análisis de funcionamiento del sistema, gira en torno al rendimiento térmico del intercambiador / compacto, que a su vez depende del rendimiento térmico medio de la superficie de aletas y de un parámetro adimensional de área A_f/A , esto es:

$$\eta = 1 - A_f/A (1 - N_f)$$

η : rendimiento medio de la superficie de la aleta.

A_f : área de transferencia térmica.
 A : área total de aletas.

La relación A_f/A es del orden de / 0,75 en la mayoría de los casos. En consecuencia N_f debe tender a 1 si se desea lograr valores aceptables de H_m (coeficiente medio global de transferencia), que en sí mismo expresa la calidad de la transferencia. Por otro lado, N_f depende del / material del que está construido el intercambiador y en particular, en nuestro caso el valor es alto debido a que el mismo es totalmente de cobre.

Otro parámetro útil a tener en cuenta, es el factor de rozamiento entre el aire y las aletas-tubos.

4.- Resultados

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende una buena respuesta de la combinación entre las tres unidades descriptas.

En la Fig. 4 se muestran las temperaturas del aire en contacto con el radiador en su parte anterior, indicando un predominio de "acumulación" de aire caliente en la mitad superior del mismo, como consecuencia / de la baja velocidad del flujo de / aire, obstaculizado por las aletas-tubos. Esta situación debe ser revisada en función de la pérdida de / carga del circuito convectivo.

Las temperaturas del aire al salir / del intercambiador, Fig. 5, son una muestra de la naturaleza del intercambio, observándose la baja disposición de las mismas.

La distribución de temperatura en / los puntos superiores del intercambiador 1 y 4, muestra las variaciones en una distancia de sólo 10cm, / llegando en algunos casos a 25°C; / asimismo si se extiende el análisis a los pto. 1 y 6, esa diferencia llega a 35°C.

La ganancia neta de temperatura en / el radiador, entre la entrada y salida de agua, es del orden de 7°C, / Fig. 3, obteniéndose la intersección de ambas curvas al atardecer, con / tendencia al termosifón inverso.

Por otra parte, la distribución de / temperatura en el termotanque, Fig. 2, señala que no existe diferencia

exagerada respecto al valor promedio de temperatura en el mismo; consecuentemente el volumen útil de agua caliente se hace mayor. Es notable además, la facilidad de recuperación del sistema ante fuertes extracciones de agua caliente durante el día, esto sin olvidar las altas temperaturas logradas cuando el consumo se reduce al mínimo o es nulo.

Del análisis de la Fig. 2 se concluye que la distribución de temperatura en el termotanque es casi uniforme mientras hay radiación solar, a pesar de la dinámica propia del agua en el circuito de termosifón.

La extratificación espontánea del agua se evidencia a partir de las lóms., aunque el salto térmico resulta apreciable.

En la tabla I se muestra los resultados energéticos obtenidos para los ensayos, detallándose además, algunos parámetros que hacen al funcionamiento del sistema y condiciones externas. Asimismo se compara con datos de un prototipo (2) con tanques cilíndricos en idéntica situación de consumo.

5.- Conclusiones

El ensayo descrito representa un avance importante en el desarrollo de colectores calentadores de agua

en convección natural para zonas / frías. Entre sus ventajas, respecto a los anteriores diseños, podemos señalar:

- a.- Buena transferencia térmica aire-agua.
- b.- Volumen apreciable de agua caliente útil: puede alcanzar los 240 litros (el doble de la capacidad / del termotanque)
- c.- Aceptable recuperación térmica.
- d.- No es necesario la utilización de mano de obra especializada.
- e.- Considerable aumento de la vida útil del sistema de intercambio y / acumulación en comparación con los diseños anteriores.

Es importante destacar que el tiempo de construcción de este sistema ha disminuido sensiblemente, ya que el sistema de intercambio-acumulación se adquiere en el mercado y su adaptación es muy sencilla.

Por otro lado, las respuestas energéticas del diseño son aceptables, lo que confirma las observaciones expuestas en el presente trabajo.

6.- Referencias

- (1) A. Iriarte, A. Luna UNCa., L. Saravia, I. de Paul UNSa. "Colector con intercambiador aire-agua: resultados experimentales" Actas VI Reunión de ASADES, Catamarca 1980.
- (2) A. Iriarte, A. Luna, G. Ahumada, L. Saravia. "Calentamiento de agua con intercambiador aire-agua en circulación natural" Acta VII Reunión de ASADES, Rosario 1981.

Tabla I	Intercambiador compacto con tanque intermedio - Convección natural						
	15-6-83	28-08-84	29-08-84	30-08-84	27-09-84	30-09-84	01-10-84
Radiación sobre colector [MJ]	45,1	41,1	42,2	41	56,7	51,2	48,9
Energía residual a las 8 hs [MJ]			8,5	9,7		10,4	10
Energía perdida durante noche [MJ]			4	4,6		4,4	3,2
Energía ganada en el día [MJ]	19	22,4	21	20	28,9	29,2	22,7
Energía consumida [MJ]	9,4	9,5	13,9	11,3	12,9	20,4	20,5
Energía total acumulada [MJ]	19,	22,4	29,5	29,7	28,9	33,6	32,7
Energía perdida 18-20 hs. [MJ]	0,5	0,4	1,2		1,5		
Energía residual a 20 hs. [MJ]	9,1	12,5	14,4	18,4	14,5	13,2	12,2
Consumo [Lit]	8 hs.	20	20			20	40
	12 hs.	40	40	← Idem	← Idem	40	40
	16 hs.	40	40	← Idem	← Idem	40	40
	20 hs.	20	20			20	40
Eficiencia global diaria (%)	42,1	54,2	49,8	48,8	51,0	45,3	46,4
Velocidad de viento promedio diario Km/h.		6,8	10,9	9,6	3,9	12,1	6,7
Área de Intercambio	4,2 m ²	1,3 m ²	Idem	Idem	Idem	Idem	Idem

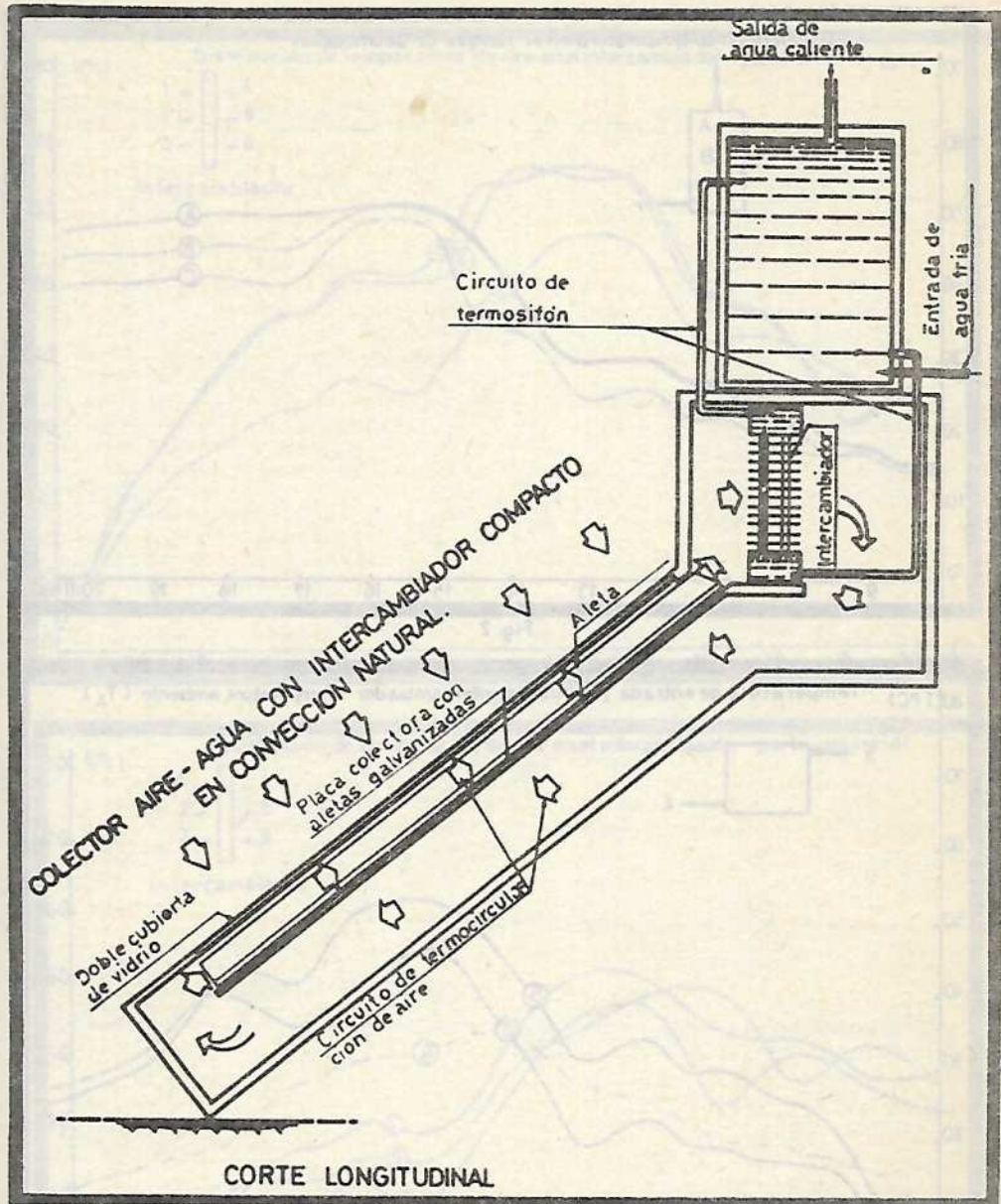
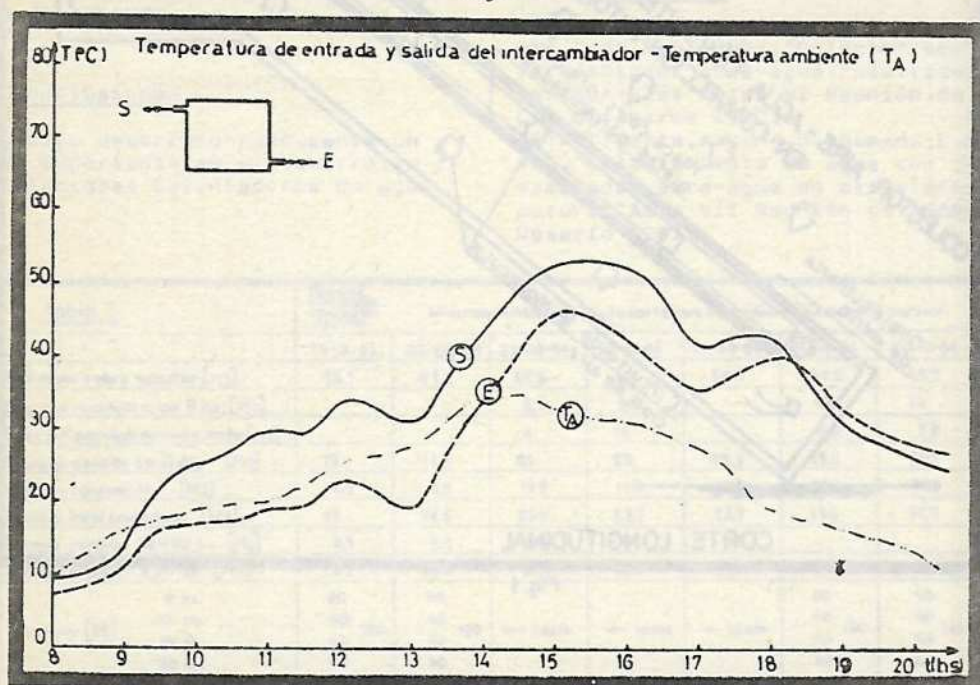
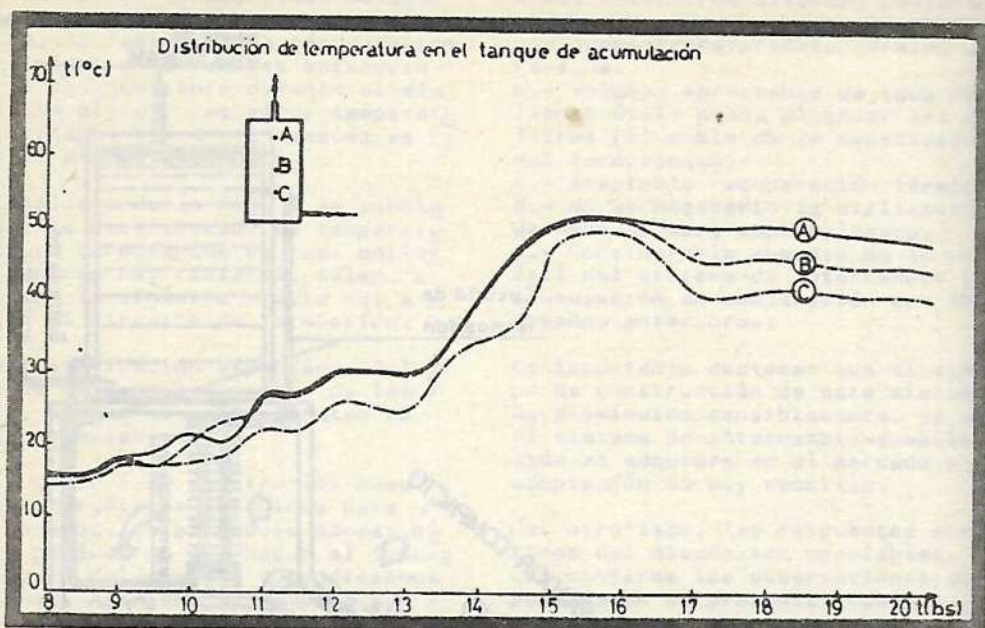


Fig.1



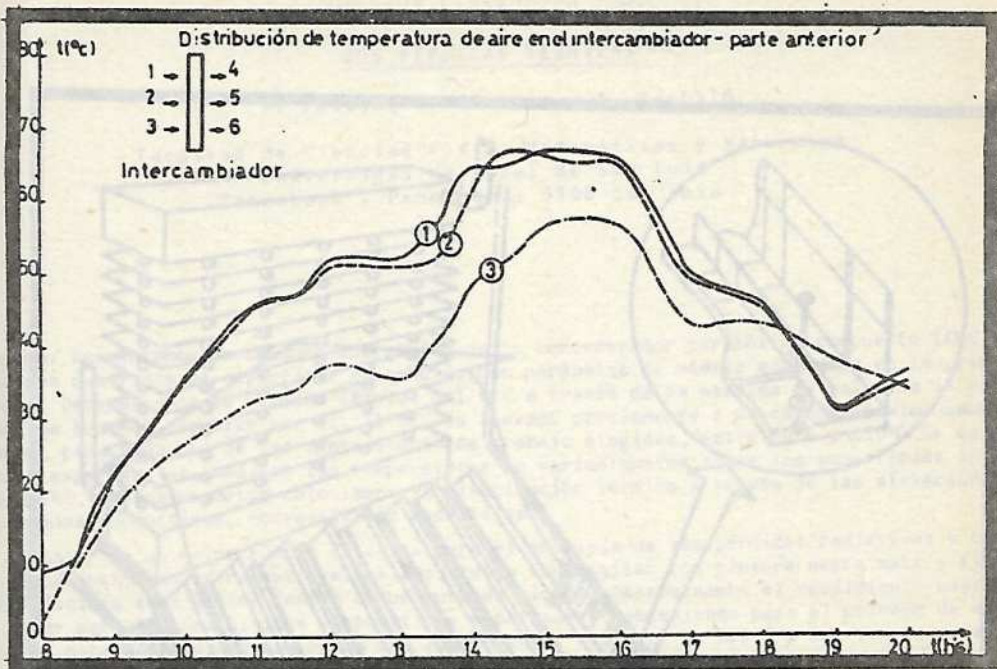


Fig.4

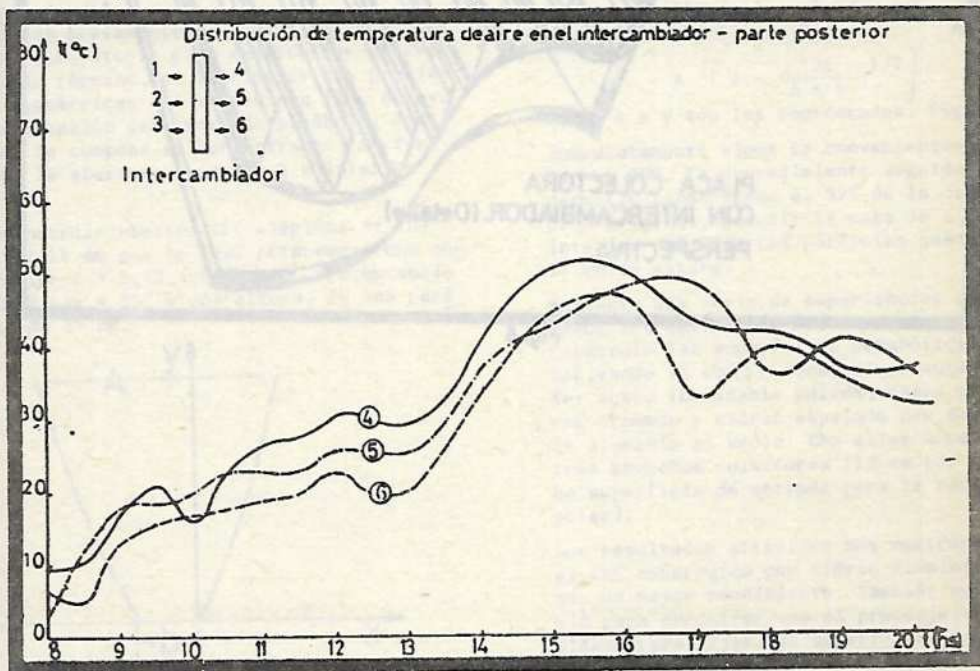


Fig.5

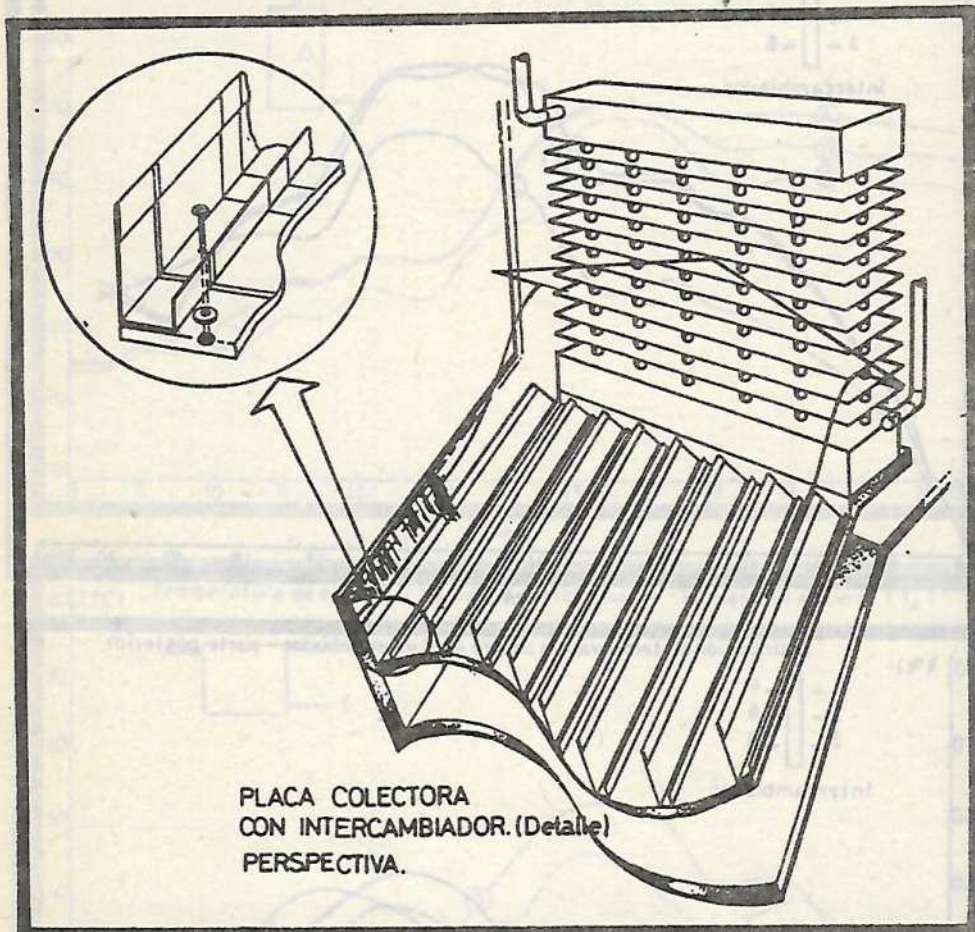


Fig. 6