

EQUIPO DE ENFRIAMIENTO POR RADIACION NOCTURNA: UN PRIMER PROTOTIPO

Erico Frigerio y Luis Saravia*

INENCO#

Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177-4400 Salta

Introducción.

La posibilidad de enfriar usando la temperatura de cielo como fuente fría es un tema en el que se está trabajando en el Inenco hace algún tiempo, dado que la región del N.O.A. ofrece lugares con climas secos y cielos despejados durante buena parte del año, como lo son La Puna y los valles Caichaquíes. Los climas secos y los cielos despejados son necesarios dado que el principal emisor de radiación infrarroja en la atmósfera es el agua y, a mayor emisión, menor es la radiación neta emitida a cielo por una superficie expuesta a él.

Se ha estado midiendo la radiación proveniente de cielo para poder estimar el potencial de enfriamiento en la región del N.O.A. (1). Paralelamente, el año pasado se encaró la factibilidad de la construcción de un equipo de enfriamiento y, como consecuencia de ello, este año se ha construido un pequeño prototipo de refrigeración con el objeto de adquirir experiencia en el diseño y funcionamiento de un equipo que use esta fuente.

Medida del potencial de enfriamiento.

Se la hace en forma indirecta, midiendo la radiación infrarroja que emite la atmósfera hacia la superficie de la Tierra. Esta medición se realiza mediante el uso de pirgeómetros. A esta radiación R se la presenta en los gráficos como temperatura de cielo T_c , siendo

$$R = \sigma T_c^4$$

* la relación entre ambos parámetros. También se la presenta como emisividad aparente ϵ de la atmósfera mediante

$$R = \epsilon \sigma T_a^4,$$

* Investigador del CONICET

Instituto UNSa-CONICET

donde T_a designa la temperatura ambiente en grados Kelvin.

Conjuntamente con la radiación se han incluido medidas de temperatura ambiente de bulbo seco y de bulbo húmedo buscando una correlación entre datos meteorológicos y la radiación recibida. Para la localidad de Salta ya se ha encontrado una expresión de la emisividad de la atmósfera para cielos claros en función de la temperatura de rocío, que se ha presentado en una publicación anterior (1). En cambio para otras localidades no se disponen de suficientes medidas como para realizar una regresión, aunque se espera continuar con el programa de mediciones buscando obtener el comportamiento de esta radiación con la altura.

Equipo de enfriamiento.

Como se desea usar el efecto de radiación nocturna, la fuente de baja temperatura del equipo en su forma más simple es una placa expuesta a cielo que intercambia radiación infrarroja con la atmósfera.

La conexión de esta placa con el recinto se hace mediante el uso de tubos de calor ("heat pipes") ya que éstos presentan la ventaja de no hacer uso de motores (transferencia pasiva) y de que puede transportar grandes cantidades de calor comparado con otros materiales de alta conductividad térmica, con diferencias pequeñas de temperaturas entre ambos extremos. (2,3).

El recinto a enfriar consiste en una caja adecuadamente aislada en cuyo interior se ubica un receptáculo con agua en contacto con los tubos de calor.

El funcionamiento del equipo es el siguiente: los tubos de calor toman calor del agua enfriándola, transfieren el calor a la placa y ésta la emite a la atmósfera durante la noche en forma radiativa. Dado que las temperaturas de cielo son normalmente negativas, es de esperar que se pueda congelar el agua, dando lugar a la acumulación de frío en ella para el período diurno.

El problema central de este equipo lo constituye la construcción de los tubos. En sí, los mismos son bastante simples ya que constan de un tubo sellado en los dos extremos y en su interior una malla metálica y un líquido elegido adecuadamente que realiza la transferencia, llenando la malla. Sin embargo, la construcción presenta cuidados que, si no se respetan, harán que el tubo no funcione. Especialmente se debe poner atención en lo que se refiere a la estanqueidad y a la limpieza.

Durante el año pasado se ha intentado la construcción de un tubo con butano como fluido de intercambio, ensayando varias técnicas sin éxito.

En marzo del presente año, se ha realizado un viaje a Buenos Aires, donde en el Departamento Fuentes Renovables y Uso Racional de la Energía de la C.N.E.A. se aprendió

una técnica desarrollada en Canadá para hacer tubos de calor con agua como fluido de intercambio.

Se ha aplicado la misma técnica para construir tubos con metanol como fluido de intercambio con buenos resultados. La elección de metanol es debida a que el tubo de calor deberá soportar temperaturas inferiores a 0°C y, por lo tanto, evitar el congelamiento del fluido.

Con el objeto de familiarizarse con la técnica de construcción, se han hecho dos tubos de calor cortos en cobre, de 1 m de largo y $5/8''$ de diámetro, los cuales se encuentran en funcionamiento.

Aprovechando estos tubos ya construídos, se ha diseñado un equipo de enfriamiento en función de ellos (figura 1).

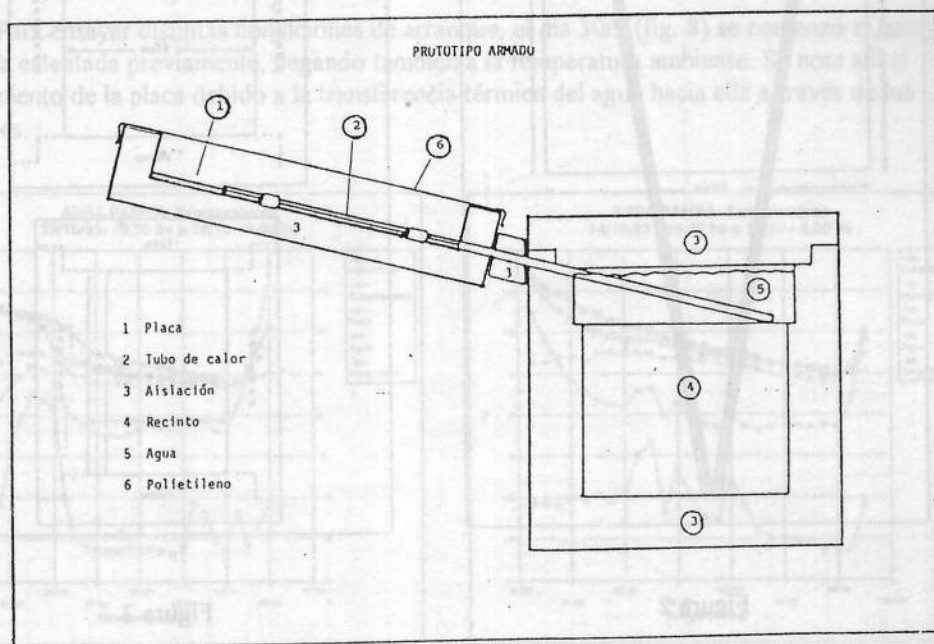


Figura 1

El hecho de que los tubos sean cortos quita flexibilidad al diseño, obligando a los mismos a operar en posición casi horizontal cuando lo deseable es que lo hagan en una posición lo más vertical posible, ya que en esta situación se comportan como diodos térmicos, es decir, transfieren calor de abajo hacia arriba pero no en el sentido inverso. Además, con la

verticalidad, se incrementa la velocidad de transferencia debido a que es ayudada por la gravedad.

La placa emisora es de cobre de 1 mm de espesor y de 50 cm x 60 cm de superficie expuesta pintada de blanco (figura 2). Para evitar el efecto de calentamiento de la placa con el aire ambiente, se la aisló con 5 cm de poliestireno expandido por debajo y los bordes. La ventana a cielo se la hizo con polietileno cristal por ser transparente al infrarrojo. La placa está firmemente adherida a un extremo de los tubos de calor, sirviéndole de aletas.

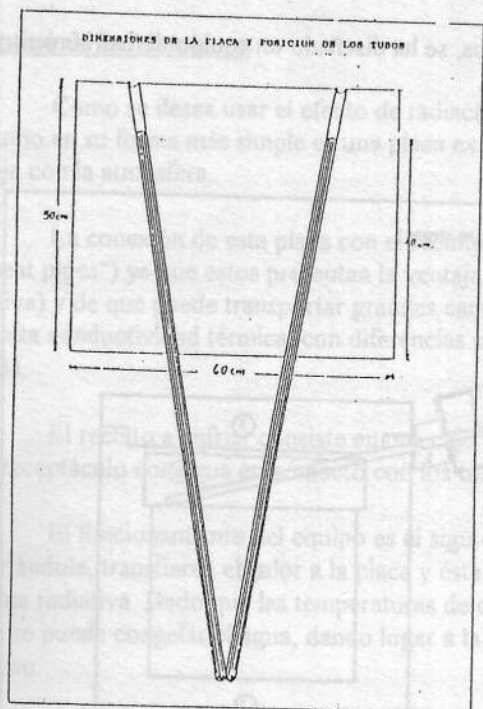


Figura 2

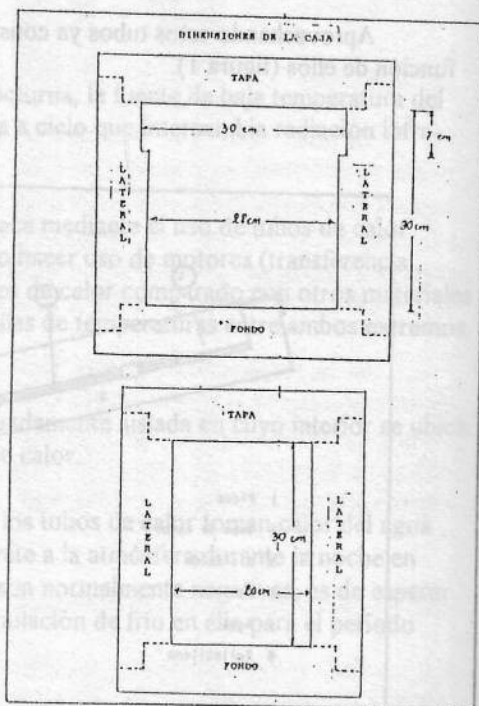


Figura 3

El recinto fue construido de poliestireno expandido de 7,5 cm de espesor y sus dimensiones interiores son: 30 cm de largo x 20 cm de ancho x 30 cm de altura (figura 3).

El receptáculo para el agua fue construido en metal para asegurar una buena transferencia con el aire del interior de la caja. Sus dimensiones son 30 cm de largo x 14 cm de ancho x 7 cm de alto. El extremo libre de los tubos de calor se introduce en este recipiente, quedando en contacto con la masa de agua, pero no están solidarios a él, pudiéndose separar la placa y los tubos del recinto.

Resultados.

Se ha ensayado este equipo en Salta y Abra Pampa. Algunas medidas se muestran en las figuras 4 a 8, donde están graficadas las temperaturas de la placa, de cielo, ambiente y del agua.

En ellas se ve que la temperatura de la placa radiante se ubica, como era de esperar, en una temperatura intermedia entre la de cielo y la del agua. En Salta la placa sólo una vez llegó a temperaturas cercanas a 0 °C, mientras que en Abra Pampa alcanza temperaturas menores por períodos de 5 a 6 hs. por noche a pesar de no disponer de cielos claros. Aún en este caso, la temperatura del agua rara vez ha bajado de la temperatura ambiente.

En las figuras 4 y 7 se puede apreciar el efecto de calentamiento a partir de las 7 hs. debido al funcionamiento inverso de los heat pipes permitido por su poca inclinación.

Para ensayar distintas condiciones de arranque, el día 30/9 (fig. 8) se comenzó el ensayo con agua calentada previamente, llegando también a la temperatura ambiente. Se nota allí el calentamiento de la placa debido a la transferencia térmica del agua hacia ella a través de los heat pipes.

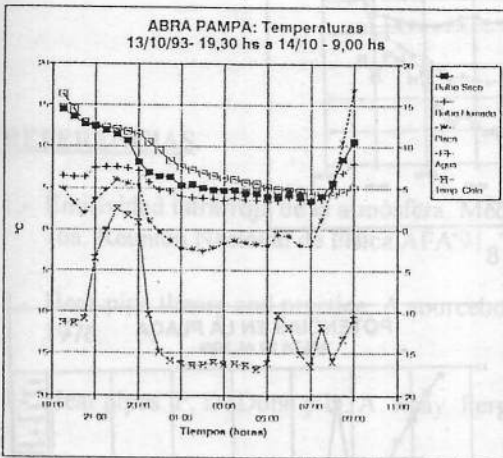


Figura 4

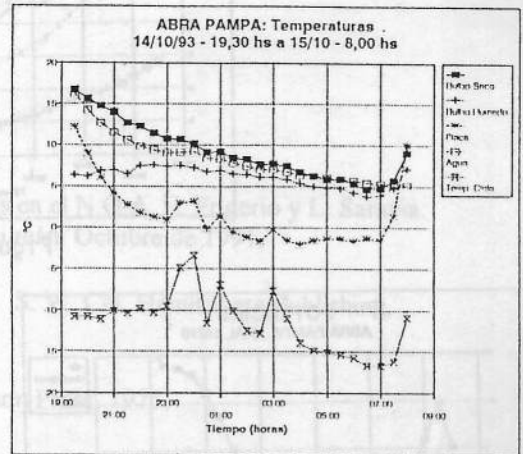


Figura 5

En las figuras 9 y 10 se han graficado la potencia neta emitida por la placa (Q_{rad}) a la atmósfera, la contribución a través de la aislación del fondo de la placa (Q_{perd}) y la energía por unidad de tiempo perdida por el agua (Q_{agua}). La potencia radiada en Abra Pampa no superó durante la noche los 10 vatios mientras que lo que recibió la placa desde el fondo se ubicó entre los 2,5 y 5 vatios, lo que deja sólo del orden de los 5 vatios de potencia útil para enfriar el agua. En Salta la potencia disponible fue del orden de la mitad.

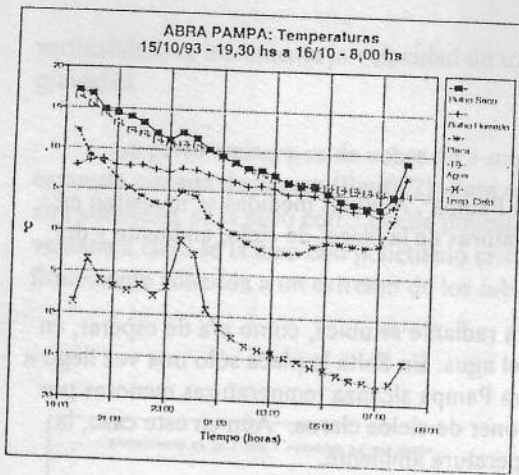


Figura 6

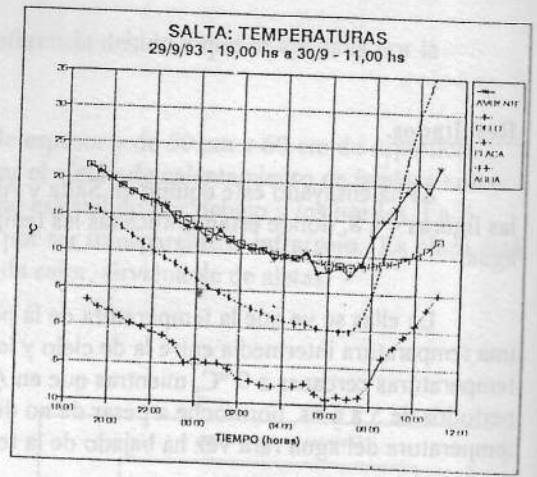


Figura 7

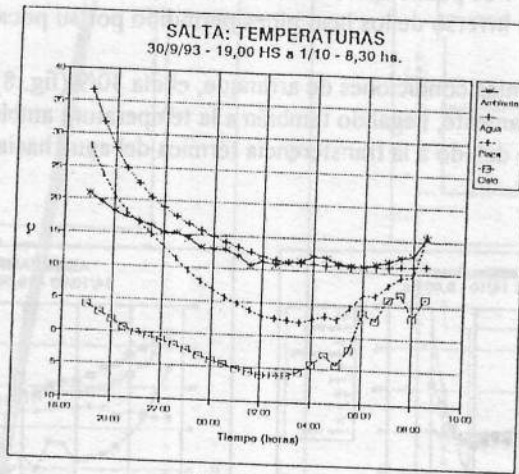


Figura 8

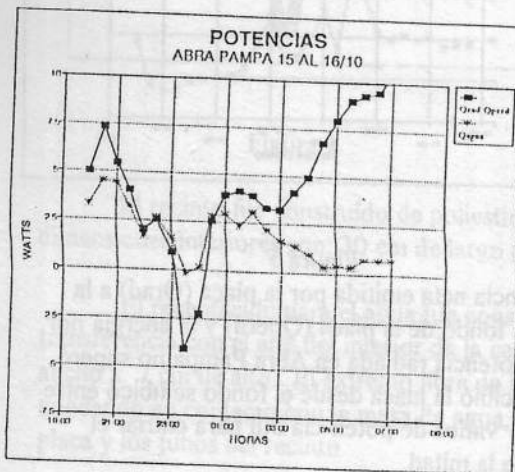


Figura 9

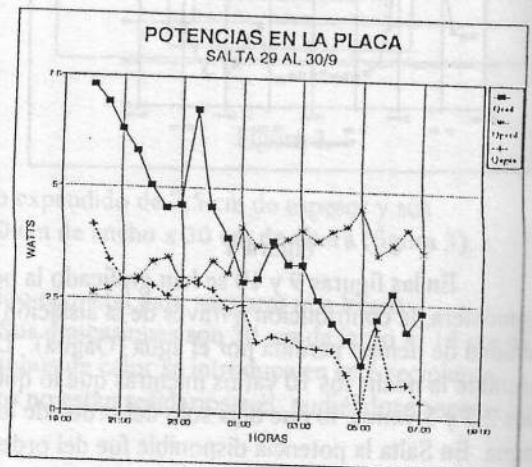


Figura 10

Conclusiones.

Sobre el relevamiento de radiación de cielo, es evidente la necesidad de realizar más mediciones y en diversos lugares, para permitir en el futuro tener una idea más acabada del potencial de enfriamiento en la región.

Respecto al desarrollo de un equipo de enfriamiento usando este recurso, el pequeño prototipo construido muestra su factibilidad, a pesar de no operar en las mejores condiciones debido a un diseño exigido por las circunstancias.

Dadas las pequeñas cantidades de energía se deberá aislar mejor la placa que, por error de construcción, sólo tiene 2,5 cm de aislación por debajo aportando con ello una energía del orden de la mitad de lo que se evacúa a cielo.

Se ha diseñado y se espera construir a la brevedad nuevos tubos de calor que permitirán su colocación vertical en la caja con lo que la transferencia debe mejorar considerablemente.

REFERENCIAS.

- 1.- Emisividad infrarroja de la atmósfera. Medidas en el N.O.A. E. Frigerio y L. Saravia. 76a. Reunión Nacional de Física AFA'91. Tucumán. Octubre de 1991.
- 2.- Heat-pipe theory and practice. A sourcebook. S. W. Chi. Hemisphere Publishing, 1976.
- 3.- Heat pipes. P. D. Dunn y D. A. Reay. Pergamon Press, 1976.