

NUEVOS COMPONENTES EN UN EQUIPO DE ENFRIAMIENTO

Erico Frigerio¹

Av. Bolivia 5150 - 4400 Salta

Tel.: (0387) 4255424, (0387) 4255489.

Email: frigerio@unsa.edu.ar

RESUMEN. El sistema presentado en trabajos anteriores que enfría mediante la circulación natural de un alcohol se modificó para incorporar una carga a ser mantenida fresca y se ensayó en Cachi. A este sistema se le cambió luego el radiador por otro con el doble de superficie y se lo ensayó en Salta. Los resultados de estas experiencias indican que se debe modificar el evaporador, si bien se formó hielo en varias oportunidades y la cantidad de hielo formado fue mayor que con el radiador pequeño. Se muestran los resultados de los ensayos.

Palabras clave: Radiación nocturna, Enfriamiento pasivo, Sistemas, Diseño, Ensayos.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de enfriar para conservación de alimentos, granos, vacunas, etc. ha derivado en la búsqueda de diferentes estrategias para lograrlo. Entre ellas se encuentra el enfriamiento por emisión radiativa de calor a la atmósfera en regiones de clima seco y cielos despejados.

Con el objetivo de enfriar pasivamente por irradiación a cielo, las potencias disponibles son pequeñas, del orden de los 100 W/m² o menores por lo que se requiere de un buen diseño de los sistemas (Frigerio, 2000). En la provincia de Salta, los Valles Calchaquíes y La Puna son lugares aptos para la aplicación de tales sistemas, con potencias de ese orden y con gran ocurrencia de días claros.

En un trabajo anterior (Frigerio, 2004) se presentó el comportamiento de un equipo pequeño que usa la circulación de un alcohol para transferir el calor de un recipiente al cielo en campañas realizadas en Cachi, Valles Calchaquíes, Salta. El equipo fue capaz de formar hielo en el curso de una noche.

Una de las falencias del equipo es que no tenía ningún espacio destinado a la carga de elementos a ser enfriados o mantenidos frescos. En consecuencia se modificó el evaporador con el objetivo de colocar una carga y se lo ensayó en Cachi en la primavera pasada.

Por otra parte, se construyó un nuevo radiador con una superficie mayor de intercambio radiativo y mejorando aspectos de diseño del radiador. El equipo armado con él se ensayó en la ciudad de Salta.

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO USADO.

El diseño del equipo es esencialmente el que se describió en trabajos previos (Frigerio, tesis 2000; Frigerio, 2003). Es un circuito por donde circula alcohol por convección natural. (Figura 1). Este circuito consta de un tanque plano de 1 m x 0,5 m que actúa de radiador a cielo, un serpentín que toma calor de un depósito de agua y las conexiones mediante mangueras entre estos dos elementos.

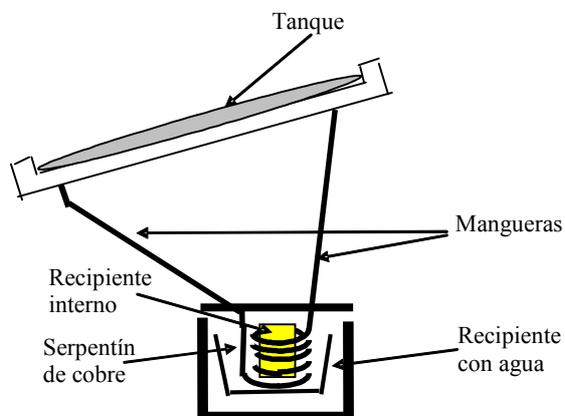


Figura 1. Esquema del equipo de enfriamiento utilizado.

¹ INENCO, Instituto UNSa - CONICET

Las mangueras de conexión tienen 0,019 m de diámetro interno y paredes gruesas (0,003 m) mientras que el serpentín es un caño de cobre de 0,012 m de diámetro.

Para incorporar la carga de una manera simple, en el actual diseño el serpentín abraza un recipiente metálico de 0,0035 m³ de capacidad y ambos están sumergidos en otro recipiente con agua que los contiene. Este último se encuentra dentro de una caja de poliestireno expandido de 0,075 m de espesor. El conjunto del serpentín, los recipientes y la caja aislante conforman la conservadora. Este diseño presenta dos ventajas: por un lado se puede armar in situ lo cuál lo hace más transportable, y por otro se puede adaptar rápidamente al lugar elegido para su ubicación.

Se construyó un nuevo radiador de 1 m² de superficie expuesta de manera similar al anterior, es decir, dos chapas de acero una plana y la otra ondulada soldada en los bordes y en los puntos de contacto entre ambas. Se eligió una geometría con una placa más larga que ancha porque ello implica un pasaje del alcohol más largo, dando más tiempo a que éste se enfríe. Se lo construyó de 2 m de largo y conservando el ancho de 0,5 m que tiene el anterior a fines comparativos. Se le mejoró la boca de carga de alcohol en el sistema haciéndola con un diámetro mayor y se la colocó encima de una de las conexiones a las mangueras. Este diseño permitió un llenado más fácil y rápido.

Los radiadores fueron pintados con la laca antiselectiva, cuyas propiedades ya se discutieron (Frigerio, 2002). Esta pintura persigue el propósito de mejorar su reflectividad evitando el sobrecalentamiento diurno y mejorar su emisividad infrarroja. Desafortunadamente, el nuevo radiador se pintó con una capa gruesa de pintura que presenta grumos y retiene el polvo atmosférico presente disminuyéndole las propiedades antiselectivas.

MEDIDAS EN CACHI

En la primavera 2004 se instaló el equipo en Cachi, en la misma vivienda donde se realizaron los ensayos el año anterior. El radiador se ubicó en el techo mediante una estructura metálica que permitió elegir la orientación sur de la superficie, situarlo contra el borde de manera que no hubiere intercambio radiativo entre techo y placa y ponerlo por arriba de una abertura de la casa. Dada la experiencia recogida en los ensayos previos, se le dió un ángulo de 30 ° con respecto a la horizontal. La conservadora se colocó en un pasillo a la entrada de la vivienda. Este esquema de ubicaciones permitió utilizar mangueras más cortas que en experiencias anteriores, aproximadamente de 2,60 m para cada una de las conexiones. Estas fueron aisladas envolviéndolas con aislante plástico para ropa de abrigo (Acrotop) y con una cinta de polietileno por encima. Se cargaron 0,00275 m³ de agua común en el recipiente externo (evaporador) tapando el serpentín y 0,001 m³ de agua en el interno como carga. (Figura 2)



Figura 2. Vistas de la instalación del equipo y de la conservadora.

Se midieron las temperaturas con termocuplas en el agua del evaporador y la carga, en el radiador a la entrada y a la salida, el ambiente externo (bulbos seco y húmedo) y el interno donde se hallaba la conservadora.

Los resultados no difieren mayormente de los obtenidos en campañas anteriores (figura 3). La gráfica de la temperatura de cielo indica que fueron noches con nubes altas y tenues, pero con mínimas cercanas a -15 °C, lo que dió buenas condiciones de ensayo.

La temperatura de la placa radiadora se aparta de la ambiente a diferencia de lo ocurrido en la primavera anterior donde la placa, por su ubicación, intercambiaba radiación con el techo de chapa de la vivienda y no lograba separarse. La temperatura

media del radiador (Radiador, prom) es siempre menor que la del aire exterior (t_{amb}), llegando en las máximas a estar muy por debajo del ambiente, hasta unos 10 °C. Esto mostró una vez más la efectividad de la pintura en el visible.

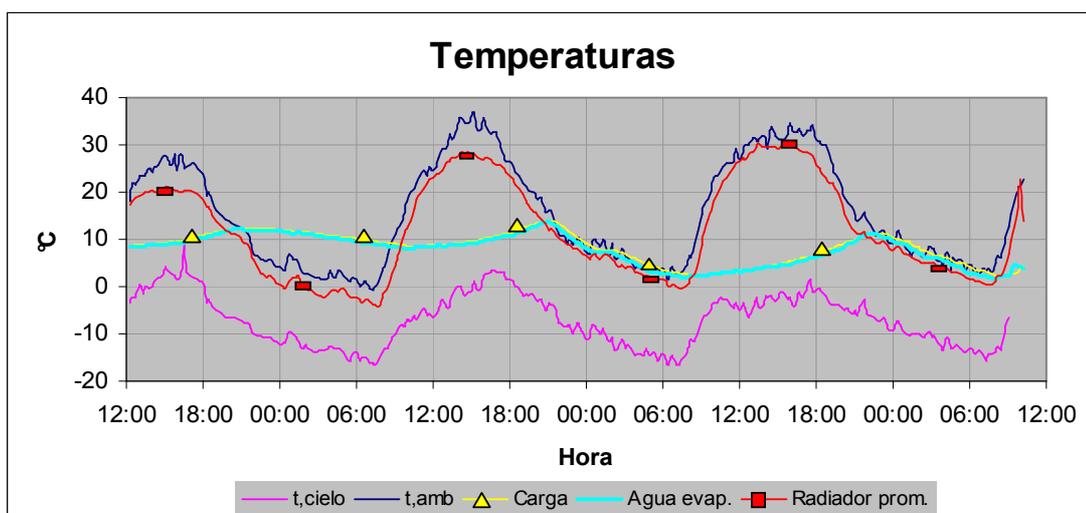


Figura 3. Evolución temporal de temperaturas. Cachi, septiembre 2004.

La evolución de la temperatura del agua indica que no hubo transferencia la primera noche. Se estima que la razón de ello era una pequeña pérdida de alcohol que se pudo arreglar. En las siguientes noches hubo enfriamiento, acompañando el agua del evaporador y de la carga a la media de la placa y al ambiente; no hubo circulación inversa que hubiese calentado el agua.

El agua no llegó nunca a 0 °C, por lo que no se logró la formación de hielo. El agua de la carga acompaña a la del evaporador de manera tal que no se separan en la figura. El apartamiento máximo observado fue de 1,5 °C, aunque en general estuvo por debajo del grado. A pesar de no lograr formar hielo, la temperatura del agua se mantuvo muy por debajo del ambiente del cuarto donde se encontraba la conservadora y permitió disponer de agua fresca a pesar de los 34 °C externos.

MEDIDAS EN SALTA

Se armó nuevamente el equipo reemplazando el radiador por el nuevo de 1 m² de superficie y se lo ensayó en Salta con 0,003 m³ de agua común en el evaporador y 0,002 m³ como carga (Figura 4). Se probaron tres ángulos distintos, 15 °, 23 ° y 30 ° con la horizontal. Si bien el sistema funcionó con los ángulos más bajos, se establecía circulación inversa más fácilmente por lo que se eligió trabajar a 30 °.



Figura 4: Equipo armado sobre su soporte y conservadora desarmada.

La figura 5 muestra el proceso de enfriamiento producido durante una noche de mediados de julio de este año, donde la temperatura de cielo llegó a un mínimo de -15 °C. La temperatura del radiador en promedio llegó a los -5 °C. El agua del evaporador se sobreenfrió hasta unos -2 °C y luego, con la formación de hielo pasó a 0 °C. En esta experiencia se formaron 1,9 kg de hielo. (figura 6) Por otra parte, el agua de la carga acompañó a la del evaporador y, aunque estuvo a temperaturas bajo cero no formó hielo.

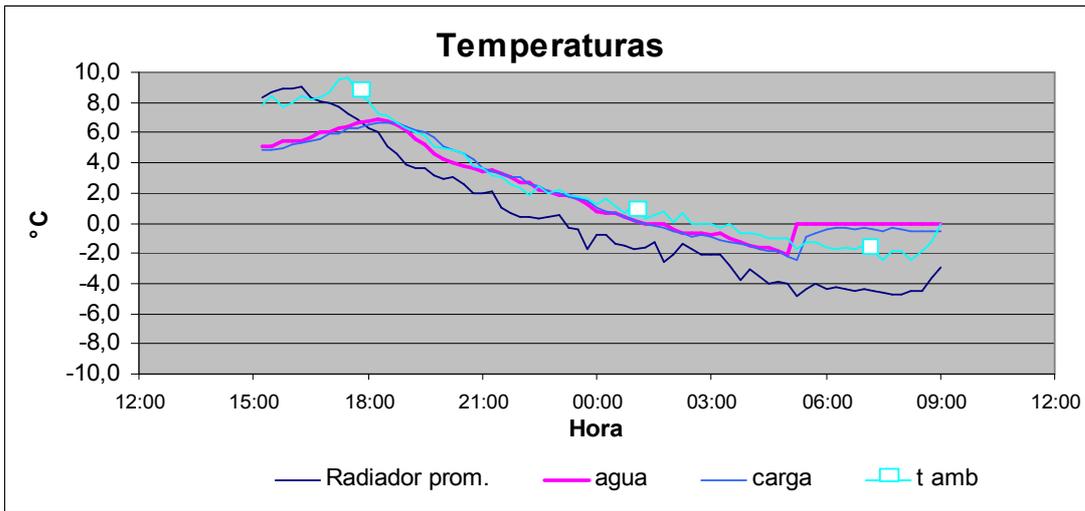


Figura 5. Evolución de temperaturas. Salta, julio 2005.



Figura 6. Hielo formado en el serpentín.

Este comportamiento se repitió todas las veces que se formó hielo, como muestra el ciclo de tres días de la figura 7. En ésta se observa que el hielo dura hasta aproximadamente las 16 horas, luego comienza un proceso de calentamiento detenido por el siguiente ciclo nocturno. La cantidad de hielo formado en ninguno de los casos alcanzó para mantener la temperatura de la carga cercana a los 0 °C durante todo el día.

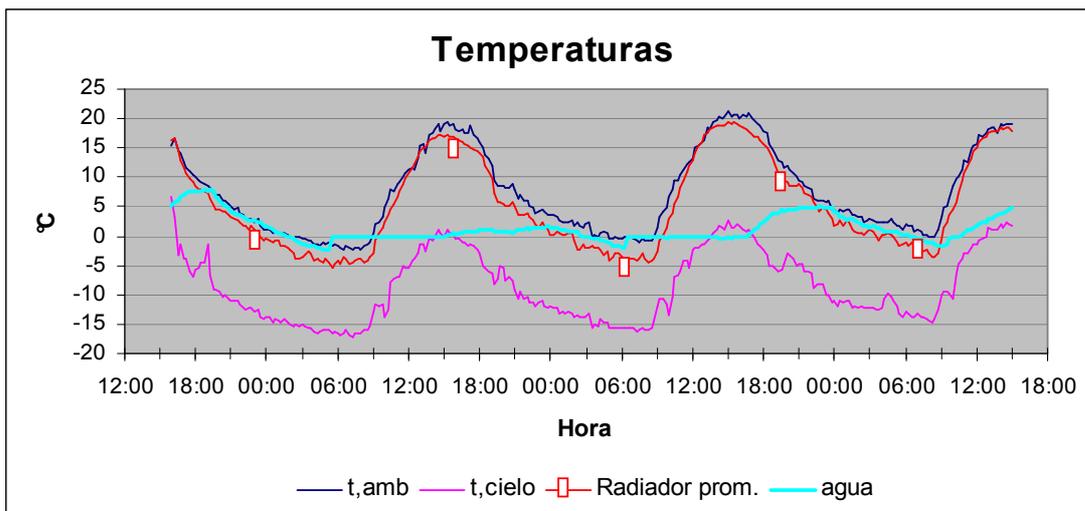


Figura 7. Tres días de ensayo con formación de hielo. Salta, julio 2005.

La temperatura promedio en el radiador no sobrepasa la temperatura ambiente. Sin embargo, si se observa la evolución de cada una de las temperaturas tomadas a lo largo del radiador aparecen comportamientos no deseados (figura 8). Las temperaturas tomadas en el centro y a la salida del radiador (radiador ab) son prácticamente iguales todo el tiempo lo que significa que el alcohol ha alcanzado su temperatura final cuando hizo la mitad del recorrido. Esto indica que se debe

umentar la velocidad del fluido en el sistema. La limitante es el diámetro del serpentín, el cuál no ha sido reemplazado al colocar el nuevo radiador y cuyo diámetro es menor que el de las mangueras. Por lo tanto se debe cambiar por un nuevo serpentín de mayor diámetro o cambiar el diseño del evaporador.

Por otra parte, cerca de los máximos de radiación se observa que la temperatura de salida es mayor que la de entrada (radiador arr) pudiendo dar lugar a circulación inversa y calentar el agua del evaporador. La evolución de la temperatura del agua no indica que esto haya ocurrido.

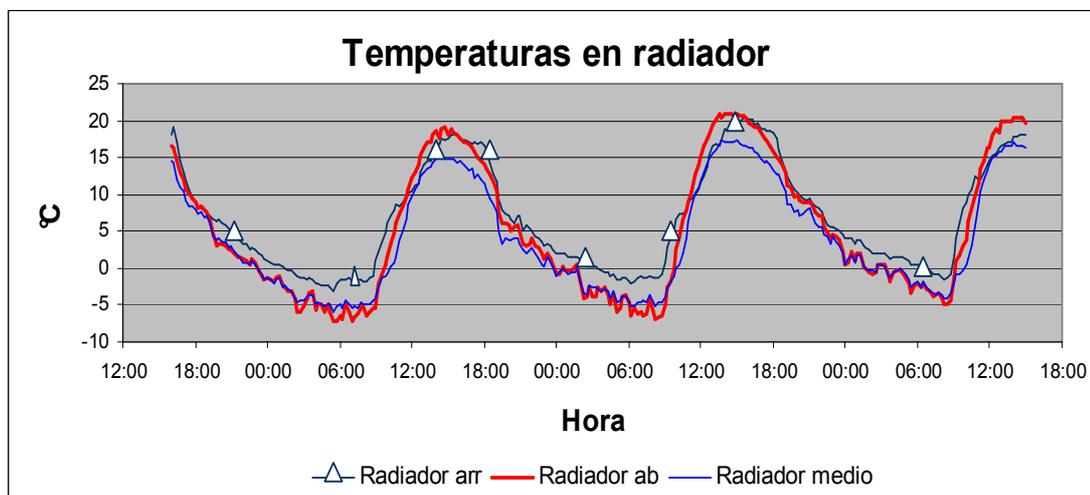


Figura 8. Temperaturas en el radiador correspondientes a la experiencia de figura 7.

CONCLUSIONES

Los ensayos demostraron un buen funcionamiento del equipo.

Las pruebas realizadas en Cachi no muestran comportamientos diferentes de los ya observados en las campañas anteriores. Esto se debe en parte a la buena transferencia que existió entre evaporador y carga. El diseño de una estructura portante dio la posibilidad de ubicar el radiador de manera adecuada en el sitio elegido.

Las experiencias realizadas con el nuevo radiador fueron satisfactorias. Sin embargo se han detectado dos problemas. El primero de ellos es un inadecuado pintado del radiador colocándole una capa gruesa e irregular que favoreció el depósito de polvo haciéndole disminuir sus propiedades antiselectivas. A pesar de ello, la temperatura en el radiador sólo en un par de oportunidades estuvo a 2 °C por encima de la ambiente y, probablemente, no haya alcanzado la temperatura mínima nocturna posible con un buen uso de la pintura.

El segundo es la velocidad del flujo de alcohol. Al ser muy lento sólo se estaría usando la mitad del radiador. La mayor resistencia al paso del flujo se produce en el serpentín por lo que se lo debería cambiar.

Estas dificultades no impidieron que se forme más hielo que con el radiador más pequeño, del orden del doble. Sin embargo esta cantidad lograda no alcanza para mantener la carga a una temperatura estable durante un día completo.

Es importante señalar que el equipo desarrollado es simple, fácil de transportar y de armar.

BIBLIOGRAFÍA

- Frigerio E. (2000) La Radiación Nocturna Como Fuente Fría: Su Caracterización y Uso. Trabajo de Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de Salta.
- Frigerio E. (2002). Ensayo De Mejoras Propuestas Para Un Equipo De Enfriamiento Con Butano. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, ISSN 0329-5184, Vol. 6, N° 2, pp 8.13-8.18, Buenos Aires.
- Frigerio E. (2003) Enfriamiento pasivo por convección natural. Revista Energías Renovables y Medio Ambiente, ISSN 0328-932X, Vol. 13, pp. 21-26.
- Frigerio E. (2004) Enfriamiento pasivo: ensayos en Cachi. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, ISSN 0329-5184, Vol. 8, N° 2, pp 11.35-11.39, La Plata.

ABSTRACT. A system presented in previous work that cools by natural circulation of an alcohol was modified to accept a charge to be maintained fresh and tested in Cachi. The radiator was changed then to this system by another with doubling area and was tested in Salta. These experiences demonstrate that the evaporator must be modified, despite ice were formed in several opportunities and that the amount of ice formed was larger than with the small radiator. Results of tests are showed.

Keywords: Nocturnal radiation, Passive cooling, Systems, Design, Tests.