

REGENERACION DE SOLUCIONES DE Cl_2Ca PARA EL USO EN DESHUMIDIFICACION.

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y MODELIZACION

Luis Cardón* y Graciela Lesino
INENCO*, Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177 - 4400 Salta

Resumen

Este trabajo describe resultados teóricos, computacionales y experimentales sobre colectores regeneradores planos de película descendente, sin cubierta de vidrio, operando con solución acuosa de Cl_2Ca .

Se presentan nuevas soluciones analíticas para la temperatura y cantidad de agua evaporada, en función de la distancia al borde del colector, de condiciones meteorológicas, de diseño y de operación. También se describe la solución numérica finalmente adoptada en base a la cual se hicieron estudios paramétricos y de simulación.

Se describen resultados experimentales efectuados sobre colectores de 2,4 m de largo y se comparan con las predicciones de los modelos computacionales.

El trabajo se encuadra dentro del proyecto parcialmente financiado por la SECYT, "Refrescamiento de edificios en el NOA mediante energía no convencional".

1. Introducción

Como se ha visto en trabajos precedentes (1), numerosas localidades del NOA se ubican dentro de las zonas cálidas, de límites higrotérmicos extremos en la clasificación climática de Hoffman modificada.

En particular se detectan los grupos 7/8H/HH y 8/9H/HH de la clasificación mencionada que indican que las temperaturas varían desde moderadamente cálidas, hasta muy cálidas, siempre acompañadas de humedades elevadas.

Desde el punto de vista del acondicionamiento térmico de edificios, la estrategia de diseño deberá contemplar dos problemas simultáneamente: la disminución de la temperatura y la reducción de la humedad. La utilización de los climogramas mensuales y de días pico, conjuntamente con el diagrama de Olgay extendido permiten analizar las estrategias pasivas e híbridas de acondicionamiento más adecuadas. En la Fig. 1 se muestran estos climogramas para enero de 1976 y para el día 10 del mismo mes (serie de 4 días más calientes) correspondientes a Colonia Santa Rosa, Salta (7/8H/HH). De su análisis se concluye que para obtener control de las variables que componen la carga higrotérmica debemos recurrir a estrategias que contemplen las deshumidificación del aire. En la actualidad existen numerosos sistemas convencionales de refrigeración (2), que incluyen etapas de deshumidificación. Esta se hace por sobreenfriamiento del aire, adsorción mediante desecantes sólidos o absorción mediante desecantes líquidos. Los dos sistemas desecantes permiten la utilización de la energía solar durante la regeneración.

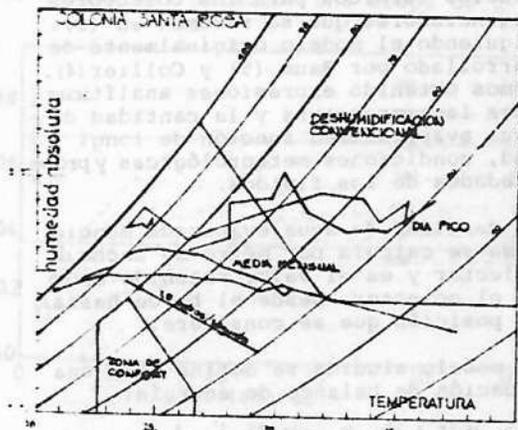


Fig. 1

* Becario del CONICET

Instituto UNSa.-CONICET

REGENERACION DE SOLUCIONES DE Cl_2Ca PARA EL USO EN DESHUMIDIFICACION.

RESULTADOS EXPERIMENTALES Y MODELIZACION

Luis Cardón* y Graciela Lesino
INENCO[†], Universidad Nacional de Salta
Buenos Aires 177 - 4400 Salta

Resumen

Este trabajo describe resultados teóricos, computacionales y experimentales sobre colectores regeneradores planos de película descendente, sin cubierta de vidrio, operando con solución acuosa de Cl_2Ca .

Se presentan nuevas soluciones analíticas para la temperatura y cantidad de agua evaporada, en función de la distancia al borde del colector, de condiciones meteorológicas, de diseño y de operación. También se describe la solución numérica finalmente adoptada en base a la cual se hicieron estudios paramétricos y de simulación.

Se describen resultados experimentales efectuados sobre colectores de 2,4 m de largo y se comparan con las predicciones de los modelos computacionales.

El trabajo se encuadra dentro del proyecto parcialmente financiado por la SECYT, "Refrescamiento de edificios en el NOA mediante energía no convencional".

1. Introducción

Como se ha visto en trabajos precedentes (1), numerosas localidades del NOA se ubican dentro de las zonas cálidas, de límites higrotérmicos extremos en la clasificación climática de Hoffman modificada.

En particular se detectan los grupos 7/8H/HH y 8/9H/HH de la clasificación mencionada que indican que las temperaturas varían desde moderadamente cálidas, hasta muy cálidas, siempre acompañadas de humedades elevadas.

Desde el punto de vista del acondicionamiento térmico de edificios, la estrategia de diseño deberá contemplar dos problemas simultáneamente: la disminución de la temperatura y la reducción de la humedad. La utilización de los climogramas mensuales y de días pico, conjuntamente con el diagrama de Olgay extendido permiten analizar las estrategias pasivas e híbridas de acondicionamiento más adecuadas. En la Fig. 1 se muestran estos climogramas para enero de 1976 y para el día 10 del mismo mes (serie de 4 días más calientes) correspondientes a Colonia Santa Rosa, Salta (7/8H/HH). De su análisis se concluye que para obtener control de las variables que componen la carga higrotérmica debemos recurrir a estrategias que contemplen las deshumidificación del aire. En la actualidad existen numerosos sistemas convencionales de refrigeración (2), que incluyen etapas de deshumidificación. Esta se hace por sobreenfriamiento del aire, adsorción mediante desecantes sólidos o absorción mediante desecantes líquidos. Los dos sistemas desecantes permiten la utilización de la energía solar durante la regeneración.

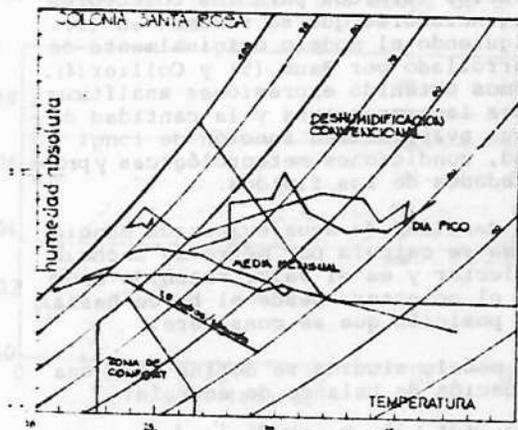


Fig. 1

* Becario del CONICET

† Instituto UNSa.-CONICET

2. Sistemas de enfriamiento mediante soluciones líquidas

La propiedad de las soluciones acuosas de sales llamada "depresión de la presión de vapor", es la causa de que también posean propiedades higroscópicas. El aire en equilibrio con estas soluciones tendrá una presión de vapor menor que si estuviera en equilibrio con agua pura a la misma temperatura, o sea tendrá una humedad absoluta y relativa menor. Estas soluciones permiten entonces secar el aire, que luego podrá usarse en etapas de enfriamiento evaporativo directo o indirecto en sistemas de acondicionamiento.

Para temperaturas medias (menores que 50 C) el Cl_2Ca se presenta como la sal más conveniente, por sus características higroscópicas, su disponibilidad y costo (0,6 U\$S/kg). Una solución de Cl_2Ca al 57% en peso da una humedad relativa de equilibrio de 14%.

En la referencia (3) se describen los sistemas solares de refrigeración de ciclos abiertos que utilizan soluciones absorbentes y los tipos de regeneradores existentes, de los cuales es el colector regenerador plano de película descendente (4), tiene el atractivo de su simplicidad, bajo costo, y posibilidad de integración al techo de la vivienda, si bien quedan algunos aspectos tecnológicos a solucionar, como la distribución pareja de la solución sobre el mismo y el cerrado del circuito en el caso de lluvias.

3. Modelo analítico

La literatura describe una serie de modelos térmicos para los colectores regeneradores que se resumen en (3). Siguiendo el modelo originalmente desarrollado por Baum (5) y Collier (4), hemos obtenido expresiones analíticas para la temperatura y la cantidad de agua evaporada en función de longitud, condiciones meteorológicas y propiedades de los fluidos.

La cantidad de agua evaporada mencionada se calcula por metro de ancho de colector y es el valor obtenido en todo el colector, desde el borde hasta la posición que se considere.

El modelo aludido se define con una ecuación de balance de energía:

$$I_a dx - U_L (T - T_o) dx - (G_o - m) c_p \frac{dT}{dx} - h_{fg} dm = 0 \quad (1)$$

una ecuación para la razón de transferencia de masa:

$$dm = \beta (P - P_o) dx \quad (2)$$

y una función de correlación para los datos de presión de vapor:

$$P = aT + b/m_s (G_o - m) + c \quad (3)$$

Con las ecuaciones (1), (2) y (3), poniendo m despreciable frente a G_o y $T = T_o$, $m = 0$ en $x = 0$, llegamos a:

$$T = (T_o - b^*/a^*) e^{-\alpha^* x} + b^*/a^* \quad (4)$$

$$b^* = [I_a + U_L T_o - h_{fg} \beta (G_o/m_s - c - P_o)] / G_o c_p \quad (5)$$

$$a^* = (U_L + h_{fg} \beta a) / G_o c_p \quad (6)$$

Con las funciones para la presión de vapor en función de la temperatura conocida, podemos integrar la ecuación (3) obteniendo:

$$m = c_1 (1 - e^{-\alpha^* x}) + c_2 \quad (7)$$

$$c_1 = a\beta/a^* (T_o - b^*/a^*) \quad (8)$$

$$c_2 = \beta L (b^*/a^* + bG_o/m_s + c - P_o) \quad (9)$$

Los valores m obtenidos con esta ecuación concuerdan con los calculados por Collier (4).

Hemos encontrado inconveniente el uso de las ecuaciones analíticas en programas de simulación, debido a la dificultad de tabular los coeficientes a , b , y c para distintos rangos de temperatura y concentración, que mantengan continua la función de correlación por lo que se ha adoptado por un modelo numérico.

Los coeficientes de transferencia han sido calculados como en (4).

Las pérdidas de calor convectivas y radiativas se consideran globalmente calculándose mediante:

$$U_L = h_c + h_r \quad (10)$$

$$h_r = \sqrt{\epsilon (T^4 - T_o^4)} \quad (11)$$

linealizándose así las pérdidas radiativas.

La temperatura de cielo se calcula con la correlación de Swinbank

$$T_c = 0.0552 T_o^{1.5} \quad (12)$$

4. Modelo numérico

Las ecuaciones (1) y (2), conjuntamente con la función de correlación pa-

ra la presión de vapor Mullik (6):

$$P = (-3258 + 2666,5 e^{0,005(T-4)}) \quad (13)$$

han sido resueltas en forma numérica, discretizándolas mediante diferencias finitas hacia adelante. Se obtiene:

$$m_{ev} = m \cdot \Delta x \rho / (P_4 - P_0) \quad (14)$$

$$T_{ev} = T_0 + \frac{I \Delta x - U_c \Delta x (T_0 - T_a) - \epsilon \Delta x (T_0^4 - T_a^4) - h_{cp} (m_0 - m_1)}{\rho c_p} \quad (15)$$

En la ecuación 15, el cálculo de las pérdidas radiativas ha sido separado del de las pérdidas convectivas. Se evita así la indeterminación que ocurre en la ecuación (11) cuando la temperatura de la solución y la ambiente son iguales. Las ecuaciones (14) y (15) se resuelven mediante un algoritmo que permite obtener convergencia para cualquier valor de Δx .

5. Resultados computacionales

Estudio paramétrico

Mediante el programa FORTRAN denominado COCAYA se ha sistematizado el estudio de colectores regeneradores abiertos.

Colectores regeneradores largos.

Un breve análisis de los colectores regeneradores largos permite apreciar en forma global el funcionamiento de los mismos, a la vez que, con ciertas restricciones, podemos interpolarlas condiciones para los regeneradores cortos. En la literatura se reportaron colectores regeneradores construidos de hasta 56 m de largo, aunque son evidentes sus problemas prácticos.

Las Figuras 2 a la 13 han sido calculadas, salvo que se indique lo contrario, tomando los siguientes valores:

Longitud del colector;	2,4 metros
Ancho	: 1 metro
Flujo volumétrico de solución	: 72 cm ³ /min
Temperatura de entrada:	30 c
Temperatura ambiente:	35 c
Humedad relativa	: 50%
Radiación	: 600 W/m ²
Velocidad viento	: 4.5 m/seg.

Las Figs. 2 y 3 muestran la evolución de la temperatura y de la razón de evaporación en función de la posición en el colector, parametrizadas en la radiación. Llamaremos razón de evaporación a la cantidad de agua evaporada, m dividida por la distancia para la cual fué calculada, x . En particular el valor de m/x para $x=L$, longitud del colector es la masa promedio evaporada en todo el colector. Analizando la curva correspondiente a $I=600$ W/m², consideramos dos tramos del colector, de 0 a 20 metros y de 20 a 50 metros. La temperatura cambia en un 95% en el primer tramo y sólo en 5% en el segundo. La razón de evaporación cambia en un 83% en el primer tramo y en un 15% en el segundo, siendo su valor máximo de 0,6 KG/m² hr. Mientras la temperatura se ha hecho totalmente asintótica en $x=50$ m, la razón de evaporación es todavía creciente.

Si usamos la temperatura máxima alcanzada por la solución como temperatura de alimentación, obtenemos que la razón de evaporación y la temperatura aumentan como se muestra en las líneas punteadas de las mismas figuras.

El comportamiento observado sugiere que para obtener resultados de operaciones similares con colectores más cortos se presentan las siguientes alternativas: a) recircular la solución, b) utilizar a la salida del colector una etapa de e-

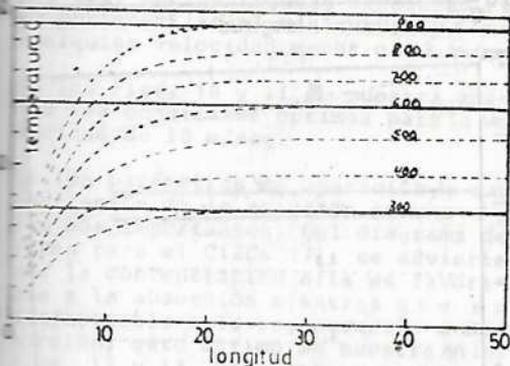


Fig. 2

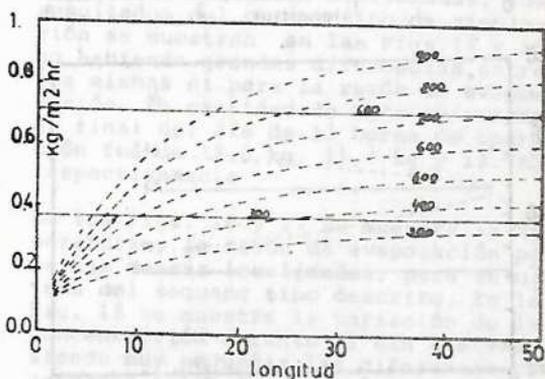


Fig. 3

vaporación adiabática, mediante rocío de la solución, escurrimiento sobre mallas fibrosas u otros medios, c) aumento del área de transferencia de masa en el colector regenerador mismo, mediante la utilización de superficies aletadas, hechas de materiales con propiedades capilares que permitan el mojado de la superficie, como podrían ser fieltros o telas de fibra de vidrio.

Collectores regeneradores cortos

Las ventajas prácticas que ofrecen los colectores regeneradores cortos (mayor facilidad de mojado de la placa, menor imposición arquitectónica, etc.), conjuntamente con las posibilidades experimentales con que contamos han originado que el estudio paramétrico que expondremos se base en ellos, en especial analizaremos el colector de 2,4m longitud de la placa comercial de fibrocemento.

En las Figs. 4 y 5 se muestra la evolución de la temperatura y la razón de evaporación respectivamente en función de la distancia al vertedero ($x=0$) para un colector de 2,4 m parametrizadas en la temperatura de entrada al mismo,

T_0 (ordenada en el origen en Fig. 4). Se ha comenzado con $T_0=30$ C, para las demás curvas, el valor de T_0 es igual a la temperatura máxima alcanzada en la curva anterior.

También se puede interpretar estas curvas como correspondientes a seis colectores en serie, o un colector equivalente de $L=14.4m$, o despreciando inercias térmicas y pérdidas como seis pasos por el colector en un circuito de recirculación.

Se ha obtenido de esta manera la condición de operación de máximo rendimiento para los parámetros fijados, que se da conjuntamente con la constancia de temperatura a lo largo del colector.

Para $I=600 \text{ W/m}^2$, $T_{max}=39$ C, $m=0,73 \text{ kg/m}^2\text{hr}$ para $I=900 \text{ W/m}^2$, $T_{max}=41$ C, $m=1,05 \text{ kg/m}^2\text{hr}$. Debido al método de cálculo, estos valores de T y m que podemos hacer corresponder a colectores de longitud equivalente $L=14.4$, serán inferiores a los obtenidos para la misma distancia en los colectores más largos.

En lo sucesivo, tomaremos las curvas de máximo rendimiento de la Fig. 4 y 5 como base de comparación de nuestro análisis.

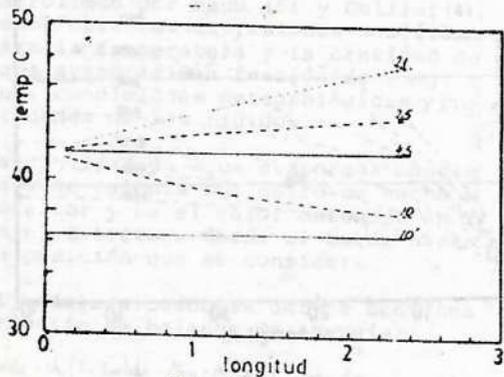
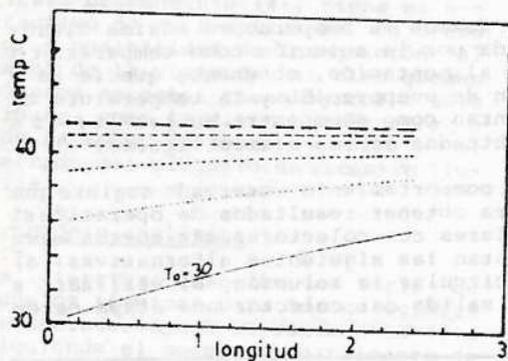


Fig. 6

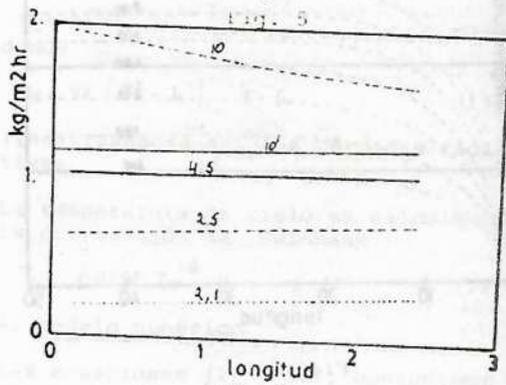
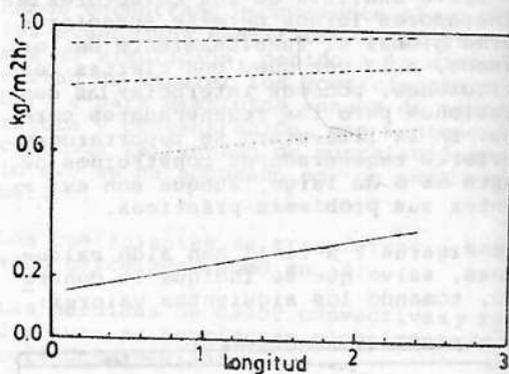


Fig. 7

lisis de sensibilidad.

La respuesta del colector a los cambios de la humedad relativa ambiente se muestra en las Figs. 6 y 7, para la temperatura y razón de evaporación respectivamente. El aumento de la presión de vapor del aire reduce el potencial de evaporación, disminuyendo se ésta, como lo muestra el descenso de la ordenada al origen de la curva par $HR=60\%$ con respecto a la $HR=50\%$ tomada como base de comparación, Fig. 7. El nuevo balance energético causa un aumento de temperatura Fig. 6 y consecuentemente da pendiente positiva a la razón de evaporación.

Para el caso analizado, $HR=60\%$, la condición de máximo rendimiento se da para $T_{max}=43.3$ y $M_{max}=1.007$.

La sensibilidad a la temperatura ambiente mostrada en las Figs. 8 y 9 presenta un comportamiento similar al descrito en el párrafo precedente. En este caso, la disminución en la coordenada al origen de la razón de evaporación se debe también a la mayor presión de vapor del aire, resultante del aumento de temperatura a humedad relativa constante. El viento actúa favorablemente sobre la razón de evaporación, incrementando los coeficientes de transferencia de calor y masa. El aumento de la velocidad del viento desciende la temperatura y aumenta la razón de evaporación, Fig. 10 y 11. Para velocidades de viento mayores que 2.4 m/seg se considera que las transferencias de calor y masa se hacen por convección forzada dependiente de la velocidad del viento. Para velocidades menores, se considera que el mecanismo de transferencia es la convección natural, independiente de la velocidad del viento. Así, en las figuras mencionadas se obtienen las mismas curvas para cualquier velocidad menor que 2.4 m/seg.

En las Figs. 10 y 11 se muestra además las condiciones óptimas para la velocidad de 10 m/seg.

De los parámetros de operación, la concentración de la solución es uno de los más importantes. Del diagrama de fases para el Cl_2Ca (7), se advierte que la concentración alta es favorable a la absorción mientras que es desfavorable a la regeneración o desorción, esto último se muestra en las Figs. 12 y 13. Para una concentración del 40%, las condiciones óptimas se alcanzan con $T_{max}=50.2$ y $m_{max}=-$

$=.86$, mientras que para la concentración de 30% que tomamos como referencia tenemos $T_{max}=41.7$ y $m_{max}=1.05$.

Estudios de simulación

Se ha realizado un programa de simulación para estudiar la operación de distintos tipos de sistemas con colectores regeneradores, denominado CIMULA.

Se han realizado dos tipos de corridas de simulación. En el primero se simula un sistema comprendido por un colector regenerador de 2.4 m de largo por 1 m de ancho, sin cubierta de vidrio, inclinado 15 grados y azimut de 90, coeficiente de absorción de 0,95, un tanque de almacenamiento de 20 litros y un equipo de deshumidificación de aire. Para este último se supone que introduce la misma cantidad de agua que se evapora en el colector regenerador, por lo que la concentración de la solución permanece constante. En el segundo tipo no se considera el equipo de deshumidificación permitiendo que la concentración aumente a medida que se evapora agua.

Para ambos casos se ha considerado temperatura inicial de la solución de 20°C y velocidad de viento de 4.5 m/seg. Para el primer caso la concentración inicial fué de 40%, mientras que para el segundo, la concentración inicial fué de 30%.

Se hicieron corridas para tres localidades del NOA, Colonia Santa Rosa, de clasificación climática de Hoffman 7/8m H/H radiación global de 19.5 MJ/m² día. El lipeo, 6mHH, radiación global 19.5 MJ/m² día y Rosario de la Frontera, 6/7 m H/H radiación global 19.3 MJ/m².

Para las localidades mencionadas, los resultados del primer tipo de simulación se muestran en las Figs. 14 y 15 no habiendo grandes diferencias entre las mismas ni para la razón de evaporación. La cantidad de agua evaporada al final del día de 13 horas de operación fué de 12,0 kg, 11,4 kg y 13,9 kg respectivamente

En las Figs. 16 y 17 se muestra la temperatura y la razón de evaporación para las mismas localidades, para un sistema del segundo tipo descrito. En la Fig. 18 se muestra la variación de la concentración durante el día simulado siendo muy pequeñas las diferencias observadas entre las tres estaciones. El aumento de concentración en 13 hs de operación es del 75%, registrándose el

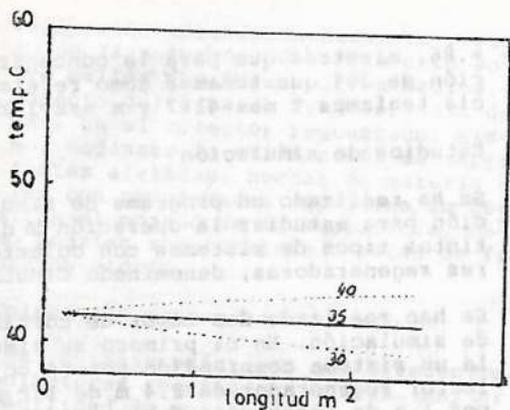


Fig. 8

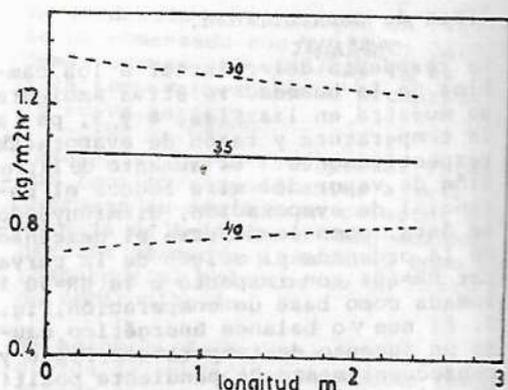


Fig. 9

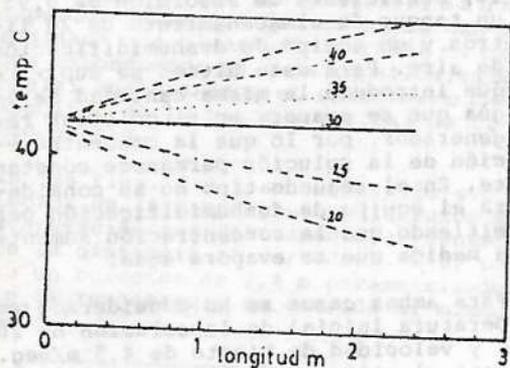


Fig. 10

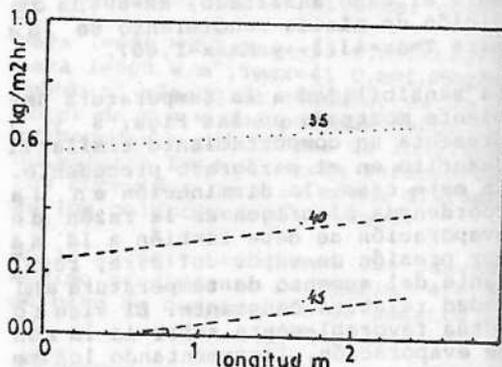


Fig. 11

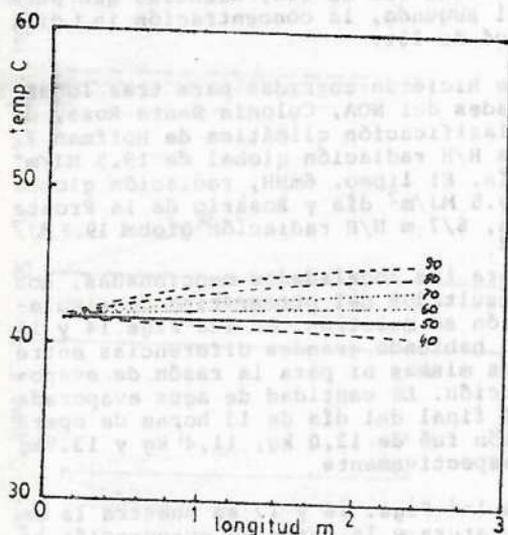


Fig. 12

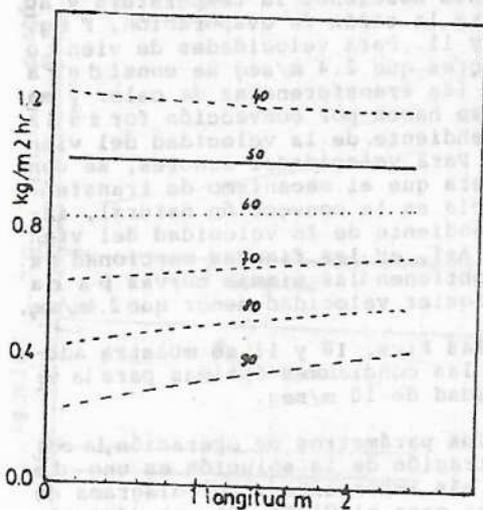


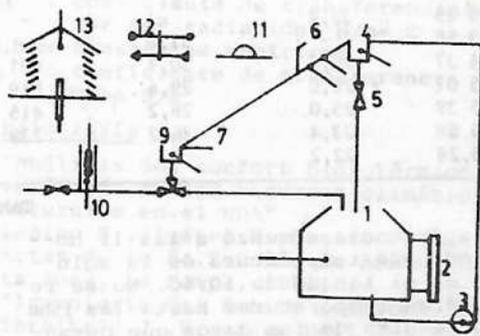
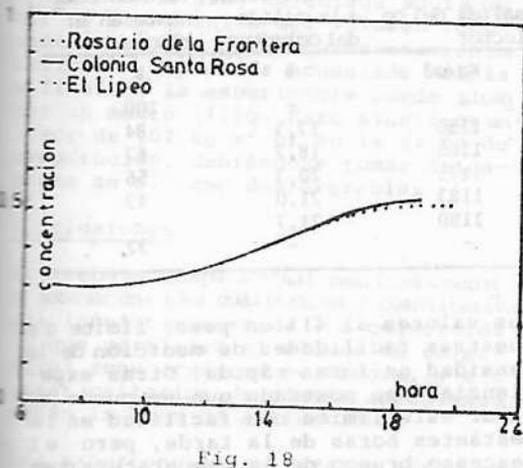
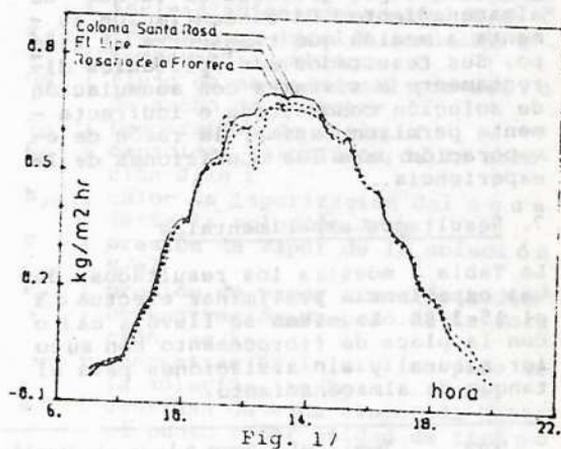
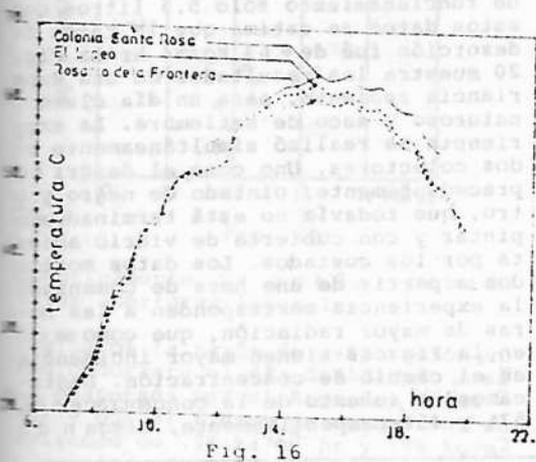
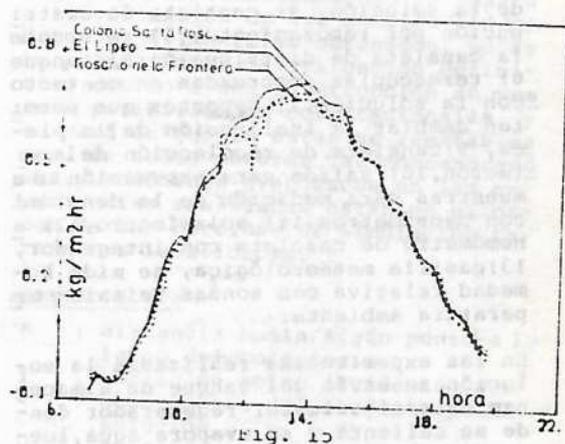
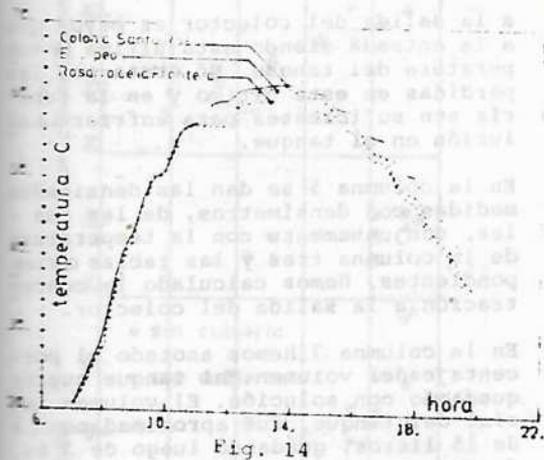
Fig. 13

60% entre las 11 y las 17 horas. Las cantidades totales de agua evaporada para las localidades mencionadas y en el mismo orden que arriba fueron de 14.3 kg, 11.0 kg y 14.5 kg habiéndose calculado para Colonia Santa Rosa

sólo 12 horas.

6. Modelo experimental

Se construyeron dos colectores regeneradores de 2,4 m de largo y 1,2m de an



... uno con cubierta de vidrio removable y está en construcción una prolongación para este último que lo llevará a 4.8 m. Para la superficie colectora se usó placa plana de fibrocemento. Una bomba dosificadora de dos

cabezales permite experiencias simultáneas en ambos colectores. El sistema completo se esquematiza en la Fig 19 y consta según los números en aquella de: 1) tanque de almacenamiento aislado, 2) escala piezométrica, 3) bomba de diafragma

para la alimentación y dosificación de la solución, 4) canaleta de distribución por rebozamiento, 5) retornode la canaleta de distribución al tanque 6) termocuplas sombreadas en contacto con la solución, 7) soportes que permiten cambiar la inclinación de la placa, 9) canaleta de recolección de la solución, 10) salida para extracción de muestras para medición de la densidad con densímetros, 11) solarímetro, 12) anemómetro de cazoleta con integrador, 13) casilla meteorológica, se mide humedad relativa con sondas Vaisala y temperatura ambiente.

En las experiencias realizadas la solución se envía del tanque de almacenamiento al colector regenerador donde se calienta y se evapora agua, luego retorna por gravedad al tanque de almacenamiento. La concentración aumenta a medida que transcurre el tiempo. Sus resultados son aplicables directamente a sistemas con acumulación de solución concentrada e indirectamente permiten estimar la razón de evaporación para las condiciones de la experiencia.

7. Resultados experimentales

La Tabla 2 muestra los resultados de una experiencia preliminar efectuada el 15-3-84. La misma se llevó a cabo con la placa de fibrocemento con su color natural y sin aislaciones para el tanque de almacenamiento.

a la salida del colector es mayor que a la entrada siendo esta última la temperatura del tanque. No obstante, las pérdidas en este último y en la tubería son suficientes para enfriar la solución en el tanque.

En la columna 5 se dan las densidades medidas con densímetros, de las cuales, conjuntamente con la temperatura de la columna tres y las tablas correspondientes, hemos calculado la concentración a la salida del colector.

En la columna 7 hemos anotado el porcentaje del volumen del tanque que va quedando con solución. El volumen inicial del tanque, fué aproximadamente de 15 litros, quedando luego de 3 hrs. de funcionamiento sólo 5.5 litros. Con estos datos se estima que la razón de desorción fué de $.63 \text{ kg/m}^2 \text{ hr}$. La Fig. 20 muestra los resultados de una experiencia reciente, para un día claro, caluroso y seco de setiembre. La experiencia se realizó simultáneamente en dos colectores. Uno como el descrito precedentemente, pintado de negro y otro, que todavía no está terminado, sin pintar y con cubierta de vidrio abierta por los costados. Los datos mostrados a partir de una hora de comenzada la experiencia corresponden a las horas de mayor radiación, que como se vió en la Fig. 18 tienen mayor incidencia en el cambio de concentración. Destacamos un aumento de la concentración del 57% y 45% respectivamente, llegando

Hora	Temp. del tanque	Temp. a la salida del col.	Radiación Sup.-Horiz.	Densidad a la salida del colector	Concentración a la salida del colector	Volumen remanente en el tanque
	0	0	W/M2	Kg/m3	%	%
3 29	32,2	-	-	-	-	100
3 55	-	31,8	-	1150	17,7	84
4 37	26,6	30,4	631	1165	18,7	67
5 07	26,0	29,6	519	1175	20,3	56
5 39	25,0	28,2	415	1183	21,0	43
5 58	23,4	26,2	239	1190	21,7	-
6,28	22,2	-	-	-	-	37

Tabla 2

La experiencia comenzó a las 11 horas con una temperatura de la solución en el tanque de 10,6C. No se registraron temperaturas hasta las 15hs pero resulta de los datos que durante parte de ese período la temperatura del tanque fué creciente.

En las columnas 2 y 3, se muestra las temperaturas de la solución en el tanque de almacenamiento y a la salida del colector regenerador respectivamente. Se observa que la temperatura

sus valores al 41% en peso, límite de nuestras facilidades de medición de la densidad en forma rápida. Otras experiencias han mostrado que se puede superar este límite con facilidad en las restantes horas de la tarde, pero el descenso brusco de la temperatura cuando se pone el sol y aún antes empasta y cristaliza la solución sobre el colector mismo y en la bomba y cañerías. Con respecto a la temperatura, corresponde al colector negro la más elevada, siendo que la cubierta de vidrio

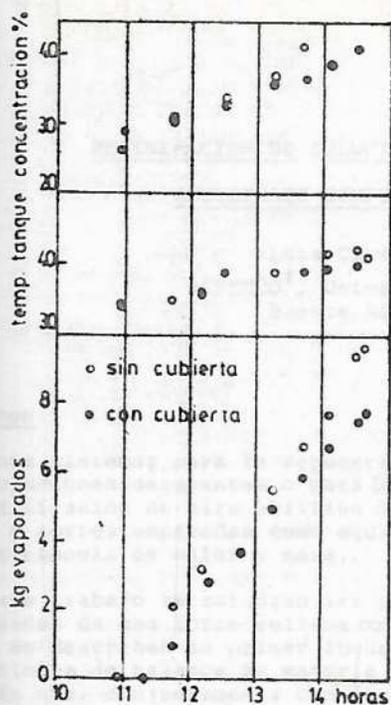


Fig. 20

prácticamente no actúa debido a las aberturas laterales.

Evaluamos la razón de evaporación promedio durante el día dividiéndola masa evaporada por el área del colector y por el tiempo de operación, resultando de $.78 \text{ kg/m}^2 \text{ hr}$ y $.76 \text{ kg/m}^2 \text{ hr}$, respectivamente. La masa de agua evaporada ha sido calculada aquí a partir de la medición del volumen remanente en el tanque de almacenamiento. Estimamos que error acumulado hacia el final de la experiencia puede alcanzar un medio litro. Esto significa un error de $.07 \text{ kg/m}^2 \text{ hr}$ en la razón de evaporación, debiéndose tomar únicamente en el caso desfavorable.

Conclusiones

El trabajo computacional realizado, permite obtener una idea cualitativa y cuantitativa del funcionamiento de los colectores lo que permitirá el diseño de colectores regeneradores mejorados, y elaborar criterios de diseño apropiados según la zona de aplicación.

Las experiencias realizadas apuntan a la validación de los modelos resueltos, y a la obtención de experiencia en el funcionamiento de los mismos se desearía para el diseño de colectores regeneradores de fácil instalación y

seguridad de funcionamiento. En cuanto a la validación de los modelos con los datos experimentales obtenidos, no se ha podido hacer la evaluación definitiva debido a una interrupción en nuestras posibilidades computacionales y se hará en cuanto éstas se reestablezcan. De todas maneras las concentraciones y volúmenes evaporados en las experiencias realizadas están en el orden de las corridas de simulación para otras localidades.

Nomenclatura

- x : distancia hasta algún punto a lo largo del colector. m
- I : radiación solar incidente. W/m^2
- α : absorptancia del conjunto placa - solución
- U_L : coeficiente de pérdidas del colector (radiación+convección). $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- T : temperatura local de la solución. $^\circ\text{C}$
- T_a : temperatura ambiente. $^\circ\text{C}$
- G₀ : flujo de masa inicial por metro de ancho de colector
- T_C : temperatura de cielo. $^\circ\text{C}$
- C_p : capacidad calorífica de la solución. $\text{J/kg } ^\circ\text{C}$
- h_{fg} : calor de vaporización del agua desde la solución. J/kg
- P : presión de vapor de la solución. N/m^2
- P_a : presión de vapor atmosférica. N/m^2
- ϵ : concentración en peso de la solución. kg/kg
- ϵ_0 : concentración inicial en peso de la solución. kg/kg
- m : cantidad de agua evaporada hasta el punto x por unidad de tiempo por unidad de ancho de colector. kg/m s
- h_{c, U_L} : coeficiente de transferencia de calor por convección. $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- hr : coeficiente de transferencia de calor por radiación. $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$
- a, b, c : constantes empíricas
- θ : coeficiente de transferencia de masa. S/m

Bibliografía

1. "Análisis del confort higrotérmico y evaluación de los recursos climáticos naturales en el NOA". Lesino G., Jiménez E., Castro Padula L., Actas de la 8a. Reunión de ASADES, Santa Rosa, La Pampa, 1983.
2. "Ingeniería del ámbito térmico". Threlkeld J., Prentice Hall International, 1973.
3. "Estudio de sistemas solares pasivos e híbridos de deshumidificación". Primer informe anual, Cardón L., 1984.
4. "The analysis and simulation of an open cycle absorption refrigeration system". Collier R.K. Solar Energy, V.23 pág. 357-366, 1979.

