

MURO COLECTOR ACUMULADOR EN AGUA SU COMPORTAMIENTO EN LA ZONA TEMPLADA HUMEDA *

Carlos A. Discoli#, J. L. Guerrero, Elías Rosenfeld, Olga Ravella.

IAS, Instituto de Arquitectura Solar. Fundación para la Investigación y el Progreso Energético.

Calle 526 N° 2005, esq. 15, (1900), La Plata.

RESUMEN

Se expone acerca del comportamiento de los muros de agua del Prototipo Experimental de La Plata, diseñados para obtener un acumulación de calor mayor a un día y una descarga controlada a voluntad de acuerdo a las características de la zona templada húmeda argentina.

Se exponen sintéticamente sus características y los problemas observados una vez que fue puesto en operación, así como las modificaciones que se realizaron para solucionar las principales deficiencias. En particular los problemas de estanqueidad y la eficiencia de la aislación exterior. El nuevo sistema de aislación móvil dimensionado con un modelo de simulación teórico especialmente desarrollado. Finalmente los resultados de la campaña de ensayos, conclusiones y próximos pasos del proyecto.

1. INTRODUCCION

Los muros colectores acumuladores en agua de descarga controlada (MAC), fueron estudiados, propuestos, desarrollados y construidos como uno de los subsistemas acordes con las características de la zonas templadas húmedas, en vistas de obtener un acumulación de calor mayor a un día y una descarga controlada a voluntad. Sus características fueron discutidas en (1).

El modelo desarrollado para el conjunto CESAD, de 30 viviendas solares en La Plata -de próxima ejecución- fue construido, con algunas modificaciones en el prototipo solar experimental de La Plata. Cada uno de los dos muros consta aproximadamente de 920 litros de agua en recipientes metálicos de 4 litros cada uno, con disposición en tres pillos; la aislación posterior es de 5 cm de lana de vidrio y la delantera un vidrio inglés de 3 mm y una cortina de enrollar de

PVC blanco. Sus características detalladas y evaluaciones preliminares están expuestas en (2).

Los principales inconvenientes detectados fueron la falta de hermeticidad del MAC y deficiencias de aislación provenientes de la insuficiente resistencia térmica real de las cortinas de enrollar en función de las características climáticas de la zona. Ambas provocaban la descarga del muro antes de lo previsto. Las fugas se localizaron especialmente en la parte superior de los muros en correspondencia con los taparrollos, registros y en las juntas entre las aislaciones. Fueron resueltas mediante la instalación de un respaldo del taparrollo de chapa, convenientemente aislado y el sellado de todas las juntas.

Las deficiencias de aislación sólo podían resolverse mediante el desarrollo de una aislación móvil apropiada, lo que pudo realizarse parcialmente mediante el subsidio de la SECYT y la industria privada.

2. AISLACIONES MOVILES

El primer paso consistió en la evaluación con cierta precisión de las pérdidas al exterior admisibles. Para ello se formuló un modelo que contiene el modelo climático-energético local y las interacciones de este con el MAC y con el edificio, y luego las interacciones entre los distintos estados de estos últimos.

En la evaluación del MAC el modelo establece el estado final del calor acumulado en el período, considerando el calor intercambiado con el exterior, el acumulado en el período anterior, la descarga involuntaria hacia el edificio y la voluntaria para proveer a la calefacción. El modelo determina

* Trabajo realizado por convenio con SVOA y SECYT.

Becario de la CIC.

el grado de utilización del MAC respecto al de la fuente auxiliar. La variable puesta en juego para cada mes de invierno analizado fue la resistencia térmica exterior del MAC. Fue programado en una HP 85, lenguaje Basic. El programa consta de tres partes, una que decide el día tipo a evaluar, otra que realiza la evaluación diurna y la tercera en el período nocturno.

El archivo del modelo de simulación está constituido por cuatro grupos de elementos: las características físico-construccionales del edificio, las secuenciales y temporarias, diurnas y nocturnas de cada mes y las variables térmicas y operacionales puestas en juego en la simulación.

La variable puesta en juego fue la resistencia térmica exterior del MAC. Se hizo correr el programa una sucesión random de días, extrayendo para cada caso el calor que aportó el MAC y las veces que lo hizo y el calor entregado por la fuente auxiliar y su número de apariciones. Se relacionaron estos resultados con el número de días que recorrió el programa, en forma reiterada para cada valor de R, obteniéndose cuatro curvas indicativas del promedio de energía utilizada en el mes en cuestión para cada sistema y el promedio de apariciones de los mismos.

La curva número 1 representa el calor aportado por el MAC en función del número de días que recorrió el programa (Q MAC/N); la curva número 3 el aportado por la fuente auxiliar; la número 2 la cantidad de veces que el MAC aportó calor al ambiente interior en función del número de días que recorrió el programa (veces MAC/N); la número 4 lo mismo que la curva número 2 pero para la fuente auxiliar.

En la figura 1 se muestra el comportamiento para el mes 7. Relacionando las curvas 1 y 3 podemos determinar el porcentaje de aporte teórico que tuvo que abastecer el MAC con respecto a la fuente auxiliar para mantener los niveles térmicos requeridos sin tener en cuenta la ganancia solar directa, para los diferentes tipos de protecciones.

Los resultados se muestran en el cuadro 1.

Sobre los mismos caben las siguientes objeciones:

a. Los valores correspondientes a cortinas de enrollar ($R = 0,227 \text{ m}^2 \text{ }^\circ\text{C/W}$) en la realidad no serían tan alentadores pues están afectados por las pérdidas debidas a fallas de operación y fugas aleatorias que presentan los mecanismos.

b. Para asegurar resultados pareciera razonable manejar valores resistivos coincidentes con los últimos del cuadro, teniendo

en cuenta la aproximación a la realidad que surge de datos climáticos estadísticos como los utilizados.

En la figura 2 se puede observar el prototipo de la aislación móvil plegadiza diseñado, el que no ha podido ser construido aún por falta de fondos a pesar de haberse recibido colaboración de la industria privada que proveyó los sistemas de herrajes de tipo "Roma" con colocación al canto de la hoja. Para los ensayos se utilizaron planchas de poliestireno expandido de 8 cm de espesor y 15 kg/m^3 de densidad, revestidas en polietileno, colocadas y retiradas manualmente con ajuste a presión.

3. ENSAYOS REALIZADOS Y RESULTADOS

La campaña de ensayos se extendió a los meses de julio y agosto de 1985, con un total de 55 días, trabajando solamente con el módulo de MAC de planta baja. A continuación se exponen las etapas que consideramos significativas:

a. Rendimiento del MAC en situación de carga. Se exponen en el cuadro 2 y las figuras 3 y 4.

Analizando los datos se puede afirmar que para el MAC entre en servicio con toda su capacidad de carga, se requieren 2 días con heliofanía relativa superior al 70% y una integral diaria de radiación media incidente de 120 MJ.

En el primer día se acumulan las tres cuartas partes de la energía máxima, perdiendo un 15% en el período nocturno con temperaturas próximas a $0 \text{ }^\circ\text{C}$; recupera el calor perdido y alcanza la carga máxima en el segundo día de exposición. Luego de reiterados ciclos, las temperaturas medias alcanzadas en el agua oscilaron entre $42 \text{ }^\circ\text{C}$ y $46 \text{ }^\circ\text{C}$, con máximas en la parte centro superior entre $52 \text{ }^\circ\text{C}$ y $54 \text{ }^\circ\text{C}$.

b. Rendimiento del MAC, en situación de descarga para su utilización como calefactor.

Se expone en el cuadro 3 y en las figuras 5 y 6.

Cabe acotar que en situaciones de uso normal es indispensable optimizar las descargas debido a la rápida respuesta que presenta el sistema. Si ello no se llevara a cabo se correrían riesgos de descargar la acumulación en tiempos menores a los previstos. Para verificar los volúmenes de descarga se llevaron a cabo mediciones de caudal sobre las compuertas a distintas temperaturas de acumulación y grado de apertura de las mismas determinándose los siguientes caudales en el cuadro 4.

Teniendo en cuenta un volumen estimado de renovación de $4.500 \text{ m}^3/\text{día}$, se verifica que entre $1/4$ y $1/2$ de apertura, circulará por el MAC el caudal de aire necesario y con aperturas mayores no controladas se corre el riesgo de descargas excesivas.

c. Comportamiento de acumulación del

Se selecciona una situación en que se utilizó el prototipo en forma normal incluyendo simulación de cocción, partiendo de un día de buena carga, y luego una sucesión de días nublados con heliofanía menor al 20% (25/7/85 al 1/8/85), figuras 7,8,9 y 10.

En la figura 11 se muestran los gradientes térmicos, en corte, en diferentes estados de carga y descarga, indicando el calor acumulado medio en cada situación y la ubicación de los sensores (termocuplas Cu-K).

Los calores en juego se muestran en el cuadro 5.

El lapso de acumulación desde el período inicial hasta su descarga fue de 63 horas equivalente a 2,62 días.

Si relacionamos este valor medio con las necesidades teóricas de acumulación que surgen del modelo climático energético para la zona, que es de 4,5 días, surge que el sistema aportaría el 58 %. Pero debe tenerse en cuenta que la situación medida incluye una deficiencia másico-constructiva detectada, motivada por la conductividad piso-contrapié combinada con el alto grado de humedad de la tierra en el período. Podríamos en consecuencia evaluar las pérdidas por piso e incorporarlas al calor disponible de acumulación y recalcular en forma simplificada el aporte del sistema en función de las descargas medias registradas en los ciclos medidos. Las pérdidas alcanzan a 5,85 MJ/día. Para 4,5 días serían de 36 MJ, teniendo en cuenta que el calor inicial acumulado de 88 MJ reduce su carga en una media diaria de 19,58 MJ, si le incorporamos las pérdidas calculadas sumaría un total de acumulación de 114,2 MJ, carga que se ha reiterado en más de una oportunidad. Si aplicamos la relación media diaria de acumulación de 33,58 MJ, resulta una acumulación de 3,4 días, lo que equivale al 76% del tiempo teórico de acumulación necesaria.

CONCLUSIONES Y FUTUROS TRABAJOS

El muro de agua ha tenido un comportamiento bueno. En el período invernal registrado tuvo energía disponible para restablecer el confort en el 90,5% de los días, el 10% actuando en las condiciones bioclimáticas del prototipo e interactuando con los otros sistemas (ganancia directa, energía de cocción).

No fue necesaria ni se ha instalado fuente auxiliar específica. Los comportamientos en cuanto a temperatura de régimen, rendimiento y acumulación fueron cercanos a los previstos en (1).

Los próximos trabajos previstos son los siguientes:

- Construcción de la aislación móvil allegadiza.
- Evaluación del comportamiento del muro con la misma.

- Propuesta de un modelo industrial.
- Estudios tendientes a reducir costos, volumen y aumentar la capacidad de acumulación.

5. REFERENCIAS

- Muro colector acumulador para Programa CESAD. J. L. Guerrero et al. Actas de la 5ta Reunión de trabajo de ASADES, Córdoba 1979.
- Prototipo experimental de La Plata: primera campaña de ensayos de habitabilidad y comportamiento energético. J. L. Guerrero et al. Actas de la 9na Reunión de trabajo de ASADES, San Juan, 1984.

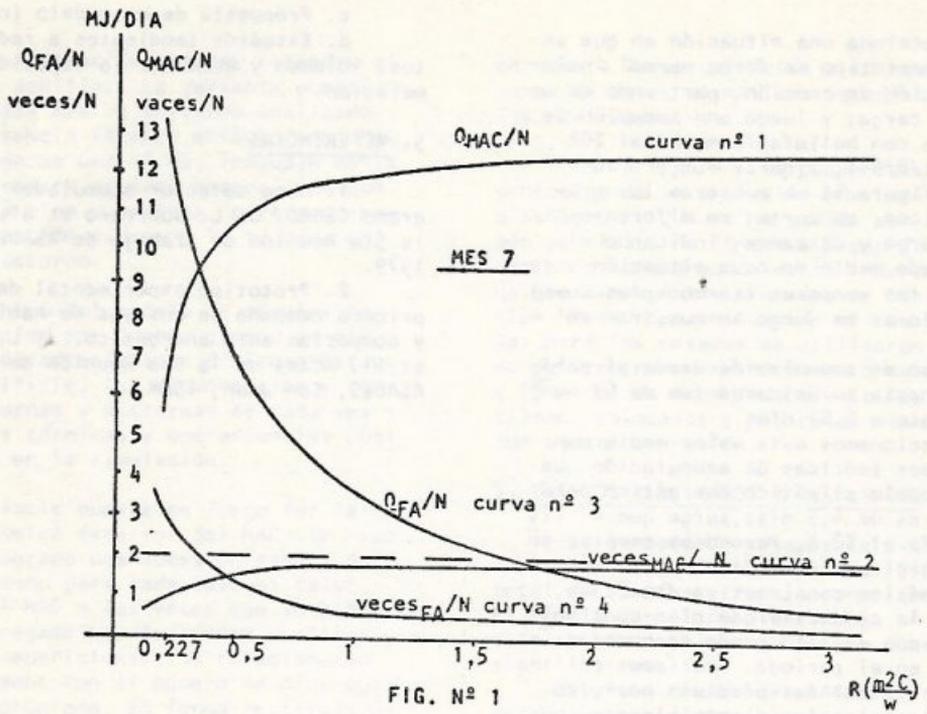


FIG. N° 1

CUADRO 1

R (m ² °C/W)	Mes 6	Mes 7	Mes 8
0,277	62%	46%	53%
0,5	86%	81%	87%
1	94%	91%	96%
1,5	97%	93%	98%
2	98%	96%	99%
2,5	99%	97%	99%
3	99%	97%	99%

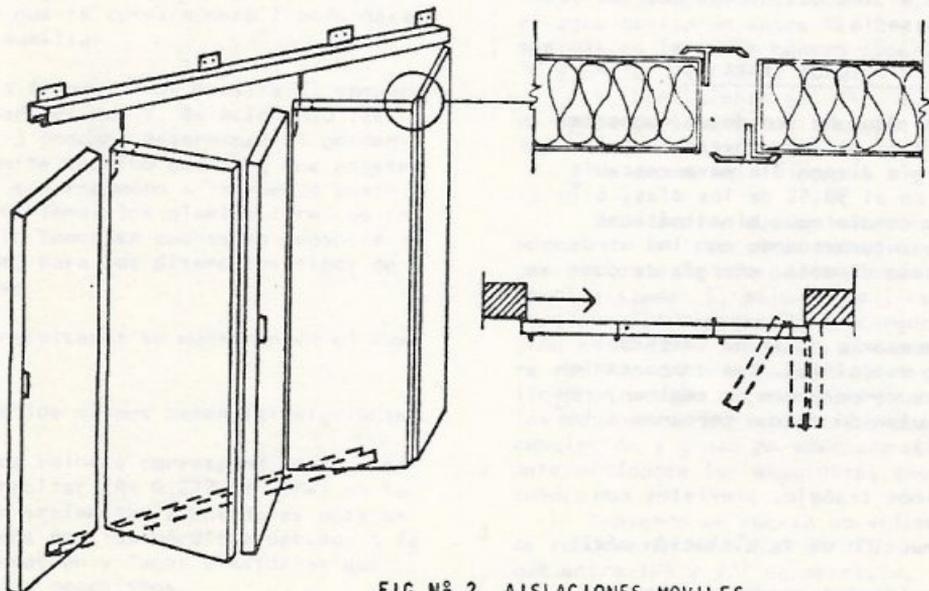


FIG. N° 2 AISLACIONES MOVILES

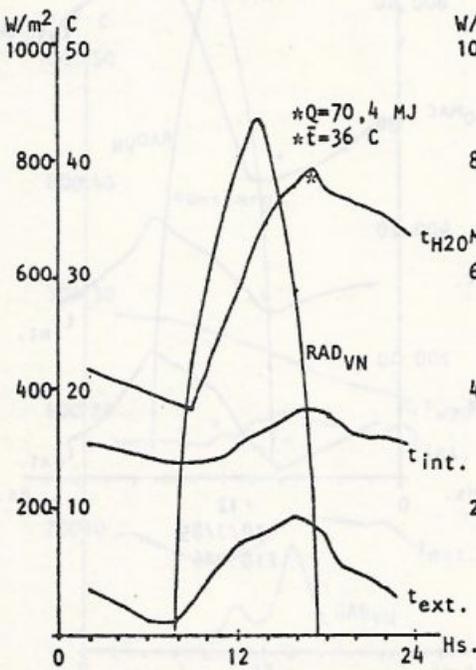
CUADRO 2

	Período de acumulación					Período de pérdida				
	Temp. inic. °C	Carga inic. MJ	Temp. acum. °C	Acum. MJ	Grad.T. carga C/h	Grad. carga MJ/h	Pérd. glob. MJ	Grad.T. pérd. C/h	Grad. pérd. MJ/h	Rend. η %
1º día	18	0	36	70,4	2,12	8,75	11	0,186	0,73	54,6
2º día	33,2	59,4	42,4	95,5	1,15	4,56	-	-	-	32,5

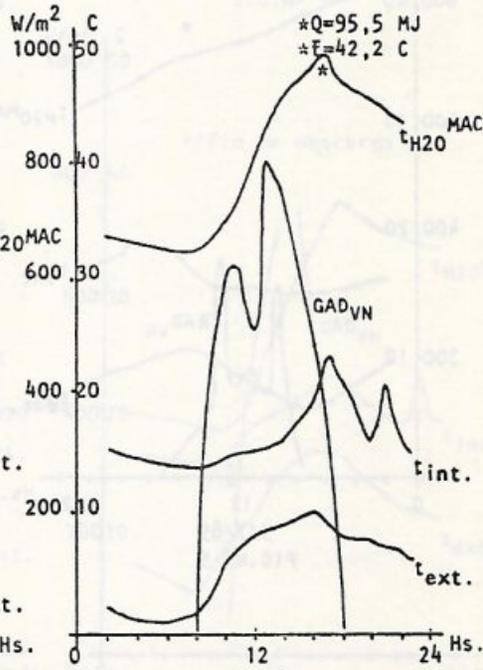
$\eta = Q \text{ carga} / Q \text{ GAD}$

Q carga= calor que adquirió la acumulación en el período de carga (MJ).

Q GAD= calor disponible e incidente (MJ).



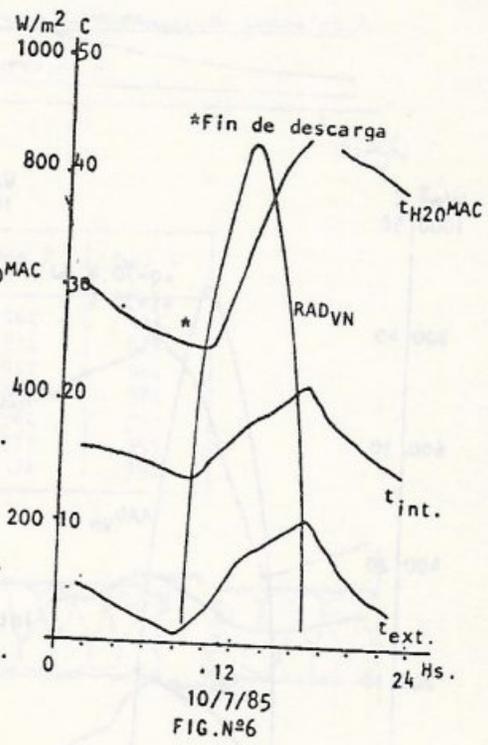
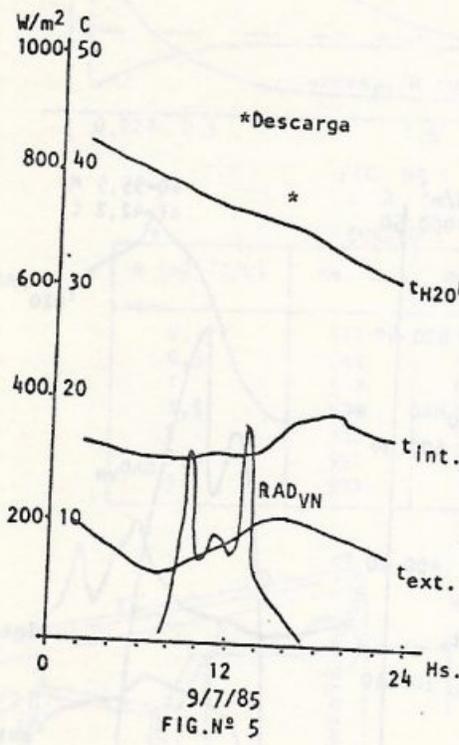
5/7/85
FIG.Nº 3



6/7/85
FIG.Nº 4

CUADRO 3

	Período 9/10 julio 1985	Período 15/16 julio 1985
Acumulación disponible	68,5 MJ	98,2 MJ
Energía entregada por el MAC	42,2 MJ	64,6 MJ
Tiempo de descarga	17 hs	24 hs
Acumulación restante	26,3 MJ	33,6 MJ
Pérdidas del MAC al exterior	7,6 MJ	11,8 MJ
Descarga de calefacción	34,6 MJ	52,8 MJ
η de descarga	50 %	53 %
η medio	51,5 %	



CUADRO 4

Grado apertura compuertas	1	1/2	1/4	1/8
Caudal (m3/día)	7718	6537	2850	892
Area total comp.	0,44 m2			

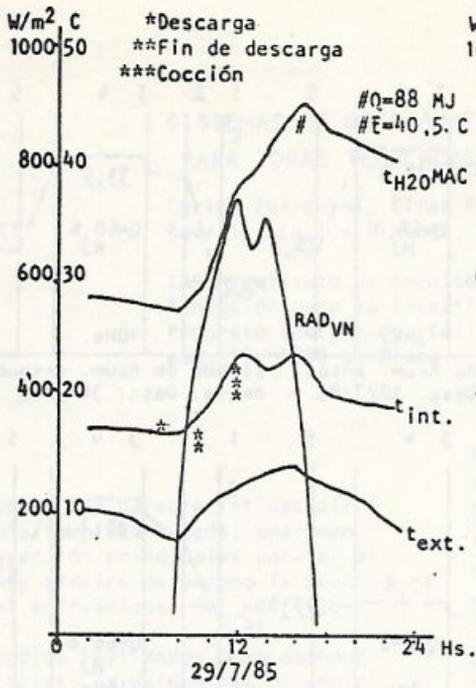


FIG. N° 7

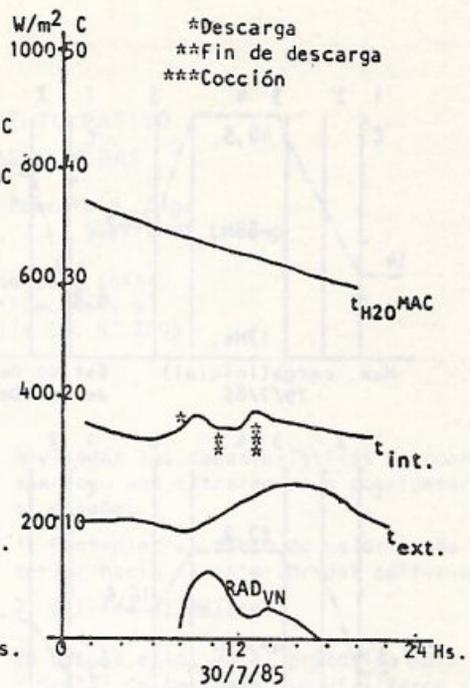


FIG. N° 8

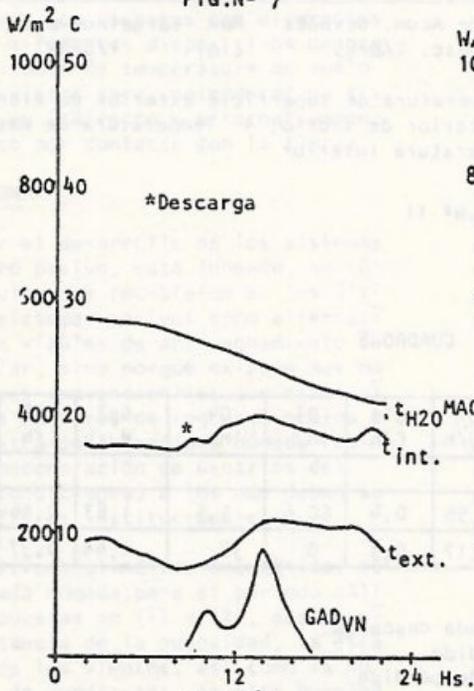


FIG. N° 9

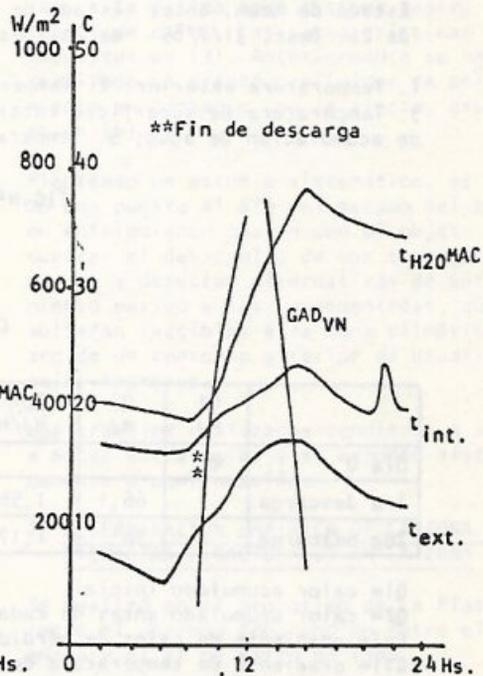
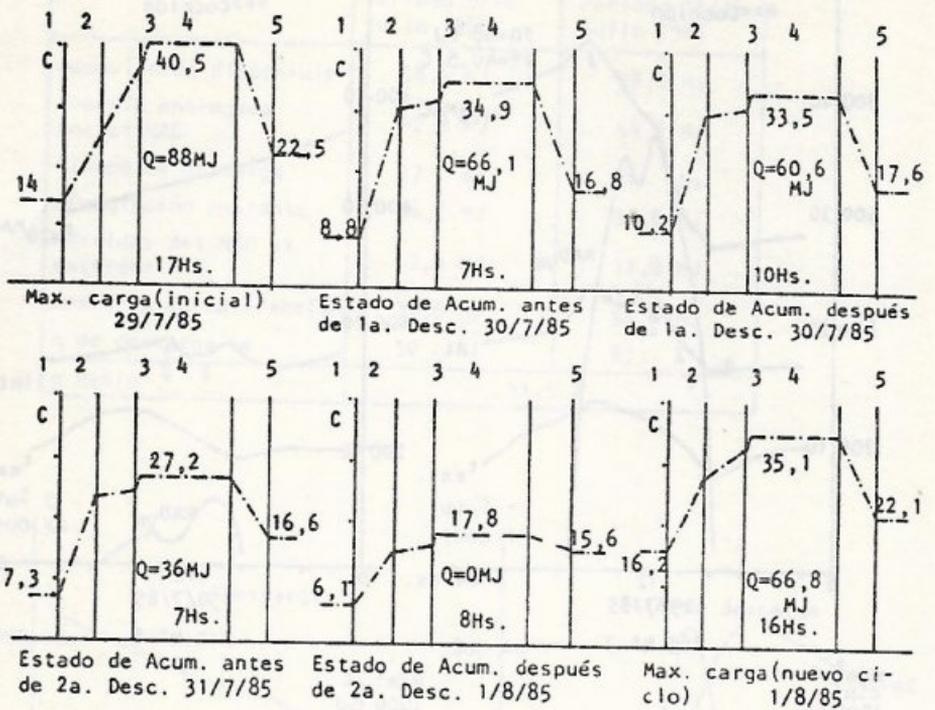


FIG. N° 10



1. Temperatura exterior; 2. Temperatura de superficie exterior de vidrio
 3. Temperatura de superficie interior de vidrio. 4. Temperatura de masa de acumulación de agua; 5. Temperatura interior

FIG. Nº 11

CUADRO 5

	Q1 MJ	Q2 MJ	Gp1 MJ/h	GT1 C/h	Q3 MJ	Q4 MJ	Gp2 MJ/h	GT2 C/h
Día 0	88							
1ra descarga		66,1	1,56	0,4	60,6	5,5	1,83	0,46
2da descarga		36	1,17	0,3	0	36	1,44	0,37

Q1= calor acumulado inicial.
 Q2= calor acumulado antes de cada descarga.
 Gp1= gradiente de calor de pérdida.
 GT1= gradiente de temperatura de pérdida.
 Q3= calor acumulado después de la descarga.
 Q4= calor descargado.
 Gp2= gradiente de calor de descarga.
 GT2= gradiente de temperatura de descarga.