ASADES

Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente
Vol. 10, 2006. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184

MURO SOLAR PASIVO EN VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON QUINCHA

M. Victoria Mercado y Alfredo Esteves
Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), (INCIHUSA)
Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CRICYT) (CONICET)
C.C. 131. C.P.5500, Mendoza, Argentina
Tel. (0261) 4288314 Int. 270, Fax. (0261) 4287370
E-mail: mvmercado@lab.cricyt.edu.ar, aesteves@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN: Las tecnologías de construcción de bajo costo han sido un tema de estudio constante en el Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, enfatizándose en el análisis de las condiciones térmicas de las mismas. De esto resulta la revalorización de la quincha la cuál ofrece condiciones térmicas superiores a las que se utilizan en construcciones espontáneas de asentamientos de emergencia o zonas rurales. En el presente trabajo se presenta la posibilidad de utilizar un muro de quincha existente, al que se le incorporaron los elementos necesarios para transformarlo en un muro acumulador. Los ensayos sobre el muro se realizaron en tres etapas midiéndose temperaturas superficiales, por sus lados interior y exterior, en el basamento de ladrillo y el muro de quincha, ubicando sensores HOBO en la superficie del muro y tratando de mimetizar la termocupla con el color y textura del muro. El comportamiento térmico del muro ya transformado en acumulador alcanza un aumento de temperatura considerable con respecto al muro en su estado natural, si se realiza una primera confrontación entre resultados de temperaturas se manifiesta una diferencia cercana a 12ºC.

Palabras Claves: calefacción solar radiante, sistemas pasivos, almacenamiento térmico, arquitectura bioclimática.

INTRODUCCIÓN

La situación de emergencia en el parque edilicio de vivienda social es un hecho en la provincia de Mendoza. El déficit habitacional alcanza la necesidad de 27000 viviendas nuevas (IPV 2001). Acompañado esto de una estable crisis económica que sufre la franja poblacional de menores recursos.

El estudio de tecnologías de construcción de bajo costo ha sido un tema de estudio constante en el Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV-INCIHUSA), habiéndose enfatizado el análisis de las condiciones térmicas de las mismas.

De esta manera surge la revalorización de la quincha, sistema de construcción ancestral que utiliza el barro como cerramiento de vanos opacos y caña de castilla como soporte estructural. Este sistema ofrece condiciones muy superiores a los sistemas alternativos, siendo a su vez de bajo costo. La adopción y revalorización de este sistema constructivo permite la transferencia de la tecnología en cursos-taller por autoconstrucción. Con respecto a las características térmicas de la quincha, se establece que es posible mantener las condiciones de confort interior en un espacio, muy superiores a otras alternativas utilizadas por personas de bajos recursos empleando materiales como chapa, láminas de polietileno entre otras. (Esteves et al, 2006).

A partir de resultados previos (Esteves et al, 2006), se deduce una conductancia térmica de 2.7 $W/m^2{}^oC$ para un muro de quincha de un espesor de 0.075m, siendo equivalente a la conductancia de un muro de ladrillo de 0.20m de espesor que es de 2.4 $W/m^2{}^oC$. Es importante destacar que la quincha, con un tercio de espesor es posible lograr valores de transmitancia térmica semejantes a la construcción tradicional (ladrillo, e=0.20m). Esto ayuda a la valorización de esta técnica para la construcción de viviendas de bajo costo o en sectores rurales.

La necesidad de calefacción en los períodos invernales de la ciudad de Mendoza es imperiosa en cualquier espacio destinado al hábitat de seres humanos constituyendo el costo del los recursos energéticos un problema vigente. Esto obliga a la población de menores recursos a vivir en espacios donde las condiciones térmicas interiores son un reflejo de las condiciones exteriores. (Mercado et al 2005)

En el presente trabajo se presenta la posibilidad de utilizar un muro de quincha como muro acumulador, haciendo hincapié en el aporte radiante que éste puede otorgar al espacio interior interviniendo en las condiciones de confort del mismo. Se analiza un muro con orientación norte, primeramente en su estado de color natural, luego con la integración de un sistema compuesto por una lámina de polietileno, que resulta muy económico y que anula el efecto convectivo que barre el calor superficial y por último se analiza el muro oscurecido para lograr mayor absorción de calor y de esta manera una mayor influencia en el interior del espacio.

SISTEMAS PASIVOS DE CALEFACCIÓN NATURAL

La arquitectura bioclimática aporta una herramienta de diseño económico y ecológico, ya que se maximiza la utilización del recurso solar disminuyendo a su vez el aporte contaminante de los sistemas de acondicionamiento mecánico. Inclusive si se utilizan sistemas solares pasivos para la rehabilitación bioclimática de cualquier edificio, estos constituyen un importante elemento, de fácil incorporación en un porcentaje elevado de casos del parque habitacional construido.

Muro acumulador

Por medio de una pared de almacenamiento térmico, la temperatura en el ambiente puede mantenerse confortable a través de gran parte del invierno sin ninguna fuente de calefacción adicional. El dimensionamiento correcto de un muro acumulador puede depender del clima, latitud y necesidades de calefacción del ambiente (Mazria, 1983).

Sin embargo el presente trabajo toma como base los muros ya existentes en una vivienda, y que, en muchos casos constituyen potenciales muros acumuladores, por lo tanto se parte de muros con diversos espesores, siendo algunas veces no recomendados. En este caso la técnica de la quincha ofrece muros de 0.075m de espesor.

En el presente se concibe la utilización del almacenamiento de calor en el muro de quincha y su retardo al entregarlo dentro del espacio, considerándolo como un panel radiante que elevará la temperatura interior. De esta manera se considera válida la posibilidad de alcanzar niveles mínimos de confort en el interior de un espacio con estas características.

En climas como el de la ciudad de Mendoza, árido con fuerte amplitud térmica y una intensa radiación solar (alta heliofania relativa, 62% media anual), en la estación de calefacción es posible el almacenamiento del exceso energético ganado por la energía solar. La inercia térmica de un muro es utilizada para almacenar este exceso y el calentamiento se produce suavemente para ser entregado posteriormente al interior del edificio. De acuerdo a la clasificación de la masa térmica según Goulding et al, (1994) se considera al muro de quincha como almacenamiento térmico primario, constituido por masa térmica localizada en un lugar expuesto a la radiación solar directa, entre las 9h y 15h (hora solar) en invierno.

Material y espesores

El calor generalmente se acumula en materiales con capacidad térmica considerable. Los medios de acumulación térmica requieren alta conductividad térmica para permitir al calor viajar rápidamente del exterior al interior y viceversa. considerando que la quincha con el espesor mencionado es levemente de mayor conductancia que el ladrillo.

La capacidad de almacenamiento térmico de un muro de quincha -del espesor mencionado anterioremente (0.075m)- es semejante al de un muro de ladrillo, lo que permite una fácil comparación con un muro de ladrillo macizo común de 0.20m de espesor y su comportamiento térmico. Así mismo en el estudio realizado se evaluaron los dos sistemas constructivos debido que el muro de quincha incluido en el presente trabajo se asienta sobre un basamento de ladrillo.

Color superficial

Cuanto mayor sea la absorción de energía solar en la cara exterior del muro térmico, mayor será la transmisión de calor a través de la pared hacia el espacio interior. Una pared oscura, con absorción solar del 95%, es uno de los captadores de mejor rendimiento. (Mazria, 1983)

El rendimiento, sin embargo, es solo uno de los criterios de selección del color de la pared (Mazria, 1983). La imagen de algo es importante para el valor de apropiación de esa cosa. El color es uno de los elementos determinantes en la imagen final de una obra arquitectónica, puediedose enfatizar planos, espacios, edificios o simplemente deprimirlos y hacerlos ajenos a los individuos.

Como se ha mencionado arriba los colores oscuros tales como el negro o azul marino hacen que se obtenga porcentajes de absorción considerablemente mayores (95% y 85% respectivamente) que con otros colores como lo pueden ser los colores cálidos (ocres, amarillos rojos, rojos) donde sus valores no sobrepasan el 55% de absorción.

Por lo tanto se considera importante que, mientras se elevan los índices de absorción con la elección de un color, se considere en la misma medida la importancia y el deseo de las personas que van hacer uso del espacio con un sistema de muro acumulador. La situación es sencilla, lo que difícilmente nos gusta no lo cuidemos y lo apropiemos.

SISTEMA PROPUESTO: Muro Acumulador Adosado

A partir de un muro construido en quincha en un espacio habitado, se procedió a incorporarle los elementos necesarios para transformarlo en un muro acumulador.

Esta tarea consistió en la colocación de un bastidor de madera de álamo de (1.3m x 2.6m) sobre todo el contorno del muro, sellada con poliestireno expandido. Posteriormente una cubierta de polietileno tensado sobre el bastidor, con esto se obtiene una cámara de aire.

La cámara de aire será la encargada de impedir el enfriamiento de la superficie del muro por medio de la convección, ayudando a su vez a que el muro alcance mayor temperatura superficial, lo que genera una mayor energía acumuldada que luego será entregada hacia el interior del espacio.

Metodología de estudio

Los ensayos se realizaron en tres etapas. En todas las etapas se midieron temperaturas superficiales del muro, por sus lados interior y exterior, en el basamento de ladrillo y el muro de quincha, ubicando sensores HOBO en la superficie del muro y tratando de mimetizar la termocupla con el color y textura del muro, esto se puede observar en la figura 1. También se tomaron los registros de temperatura exterior radiación solar sobre plano horizontal y velocidad de viento

Figura 1: Termocuplas de los sensores HOBO, mimetizados con el muro. ***a:*** *en basamento de ladrillo,* ***b:*** *en muro de quincha y* ***c:*** *en muro con color*

Las tres etapas de mediciones consistieron: i. Toma de registros del muro de quincha sin la cubierta (**MsC**), ii. Toma de registros con la cubierta adosada sin cambio de color (**McCsC**) y por último iii. Toma de registros en el muro con la cubierta incorporada con cambio de color (**McCcC**)

ENSAYOS Y RESULTADOS

Muro sin Cubierta adosada. (MsC)

En la figura 2 se puede observar el muro de quincha orientado hacia el norte sin la cámara de aire incorporada. Se puede apreciar la composición del muro de quincha: un basamento de ladrillo (a), estructura de madera (b) y el cerramiento opaco realizado con barro (c).

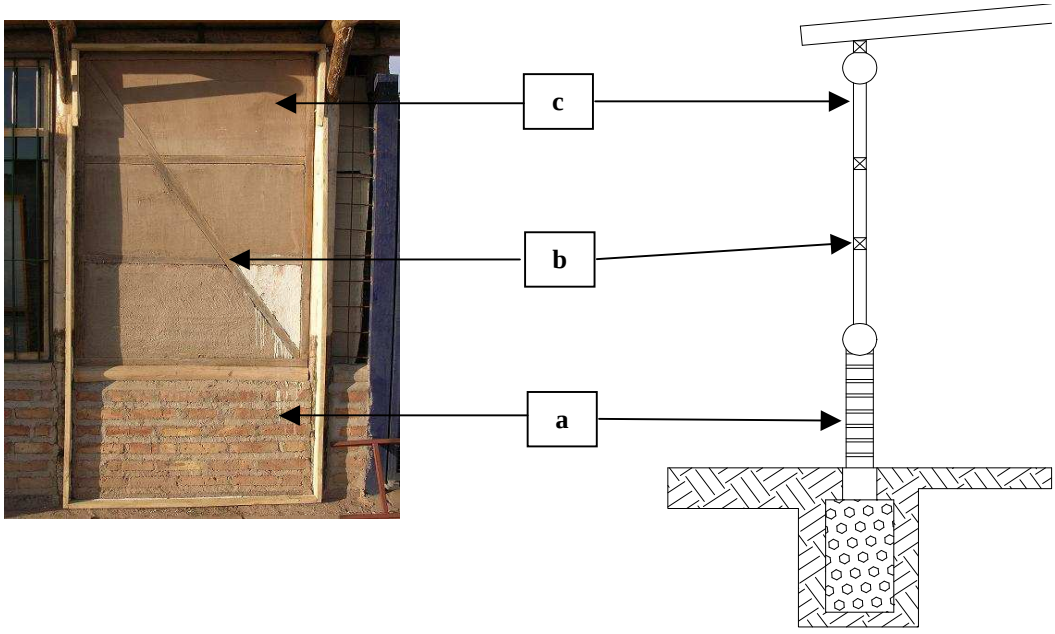

Figura 2: Muro norte de la ampliación del taller experimental del LAHV-INCIHUSA, donde se incorporó posteriormente el sistema. ***a:*** *basamento,* ***b:*** *estructura de madera y* ***c:*** *de quincha*

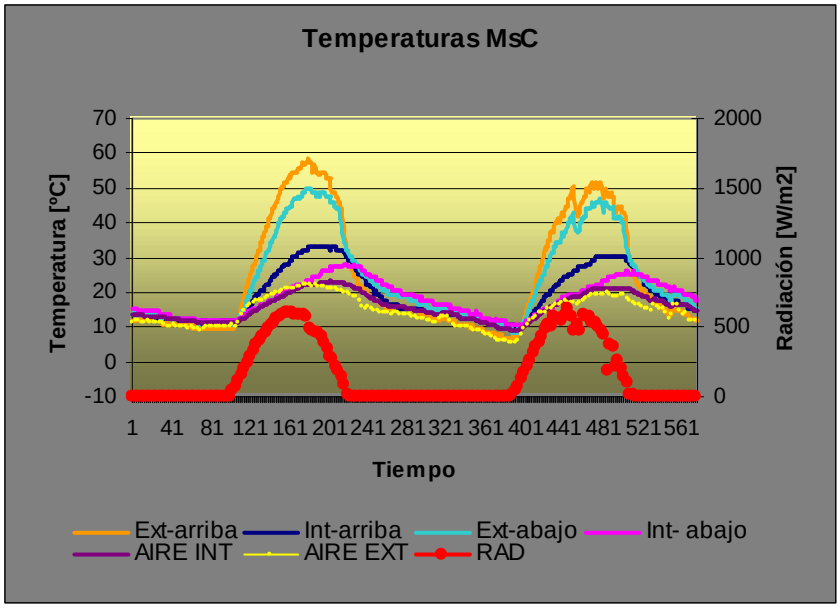

Figura 3: Temperaturas superficiales, interior-exterior del comportamiento térmico del muro de quincha sin el sistema incorporado.

En la figura 3, los valores de acumulación del muro difieren entre el basamento (ladrillo) y el muro propio (quincha). Aparece una diferencia cerca de 10ºC con entre quincha y ladrillo, es decir mientras que la temperatura máxima obtenida en el basamento es de 49ºC en el muro llega a 58ºC. Sin embargo se puede estimar un comportamiento similar para los dos materiales, teniendo en cuenta la diferencia de espesor entre ambos.

Como se puede observa en la Figura 3 n el segundo día aparece una distorsión ocasionada por una disminución en la radiación solar horaria que repercute en la temperatura superficial.

Muro con Cubierta adosada y sin cambio de color. (McCsC)

En la segunda etapa se incorporó la cubierta de polietileno sobre el bastidor en el exterior del muro. Esto constituye el sistema por muro acumulador adosado sin cambio de color, para evaluar el comportamiento en su estado natural. Figura 4

Figura 4: Muro norte de quincha con el sistema de muro acumulador adosado sin cambio de color

En la figura 5, se puede observar el comportamiento térmico al incorporarle el sistema. Los días son claros y resultan equivalentes en la radiación solar recibida, ver figura 8. Sin embargo, las temperaturas del aire exterior son distintas para cada día.

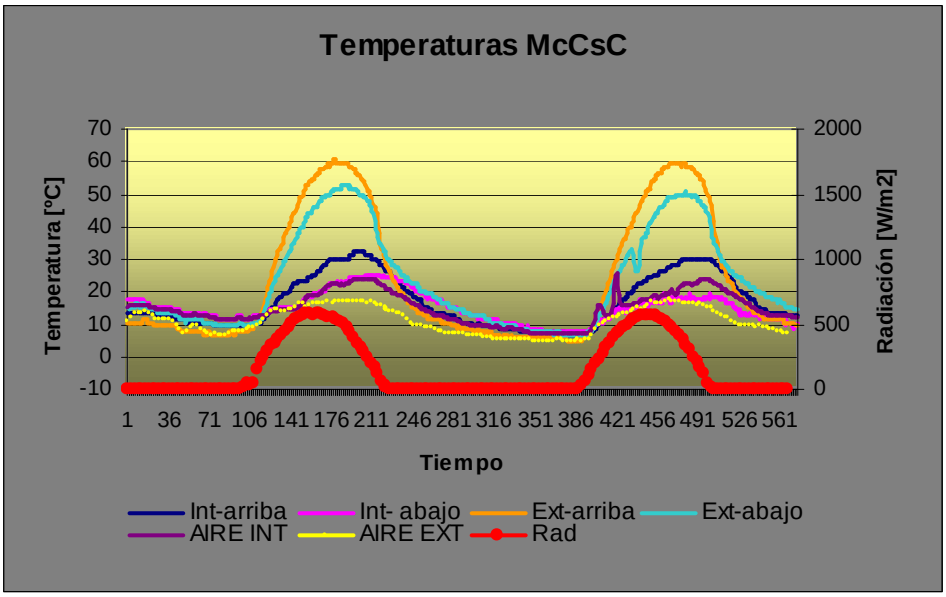

Figura 5: Temperaturas superficiales, interior-exterior del comportamiento térmico del muro de quincha con el sistema incorporado, sin cambio de color

Muro con Cubierta adosada y con cambio de color. (McCcC)

Por último en la figura 6 se presenta el muro acumulador con cambio de color y en la figura 7 se presenta el gráfico perteneciente a su comportamiento térmico.

Figura 6: Temperaturas superficiales, interior-exterior del comportamiento térmico del muro de quincha con el sistema incorporado y con cambio de color

Como se ha mencionado anteriormente al oscurecer la cara exterior del muro se logra un aumento en el calor absorbido que, posteriormente entregara al espacio.

El color utilizado para esto fue borravino, debido a la compatibilidad de este color con el área rural y una mayor aceptación del color entre la población. Es difícil la incorporación de colores como el negro o azul en un muro, debido a su efecto de "deprimir" un ambiente arquitectónico. Las personas del área rural y sub-urbanas (que son las posibles destinatarias de esta tecnología) por lo general tienen una tendencia a colores cálidos y vivos que les otorgue cierta identidad a su hogar dentro de un conjunto arquitectónico homogéneo, como lo puede ser un barrio.

Con respecto a la durabilidad de la pintura es igual a la que puede tener cualquier muro coloredo con latex al agua, mientras su mantenimiento sea bueno esto perduraría durante un período de tiempo importante que amortizaría la inversión realizada.

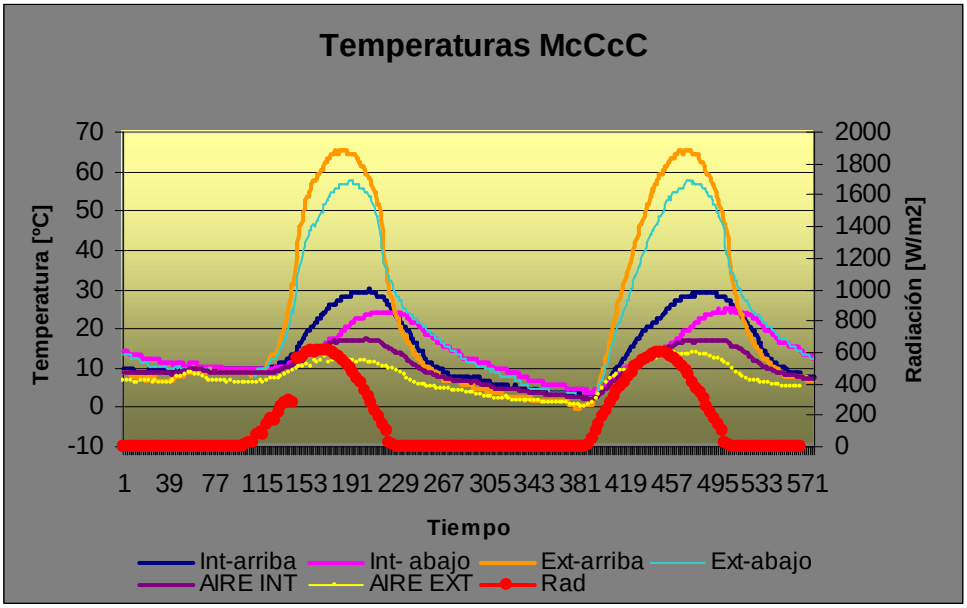

Figura 7: Temperaturas superficiales, interior-exterior del comportamiento térmico del muro de quincha con el sistema incorporado, con cambio de color

El comportamiento térmico del muro alcanza un aumento de temperatura considerable con respecto al muro sin el sistema adosado, si se realiza una primera confrontación entre resultados de temperaturas se manifiesta una diferencia cercana a 12ºC en el medio día solar, no obstante se destaca que las temperaturas exteriores en este período (mediciones en McScC) fueron más adversas que las del primer período de pruebas (mediciones en MsC)

ANÁLISIS DE RESULTADOS TÉRMICOS

La figura 8 muestra las tres etapas de medición la radiación solar hora-hora al igual que la tabla 1, como se puede observar resulta equivalente. Al obtener temperaturas exteriores distintas para cada día es importante realzar que este factor es semejante a los tres períodos, debido a que se trabaja principalmente con el efecto radiante para levantar la temperatura del muro. Por lo tanto es lícito analizar la relación existente entre las temperaturas superficiales exterior e interior.

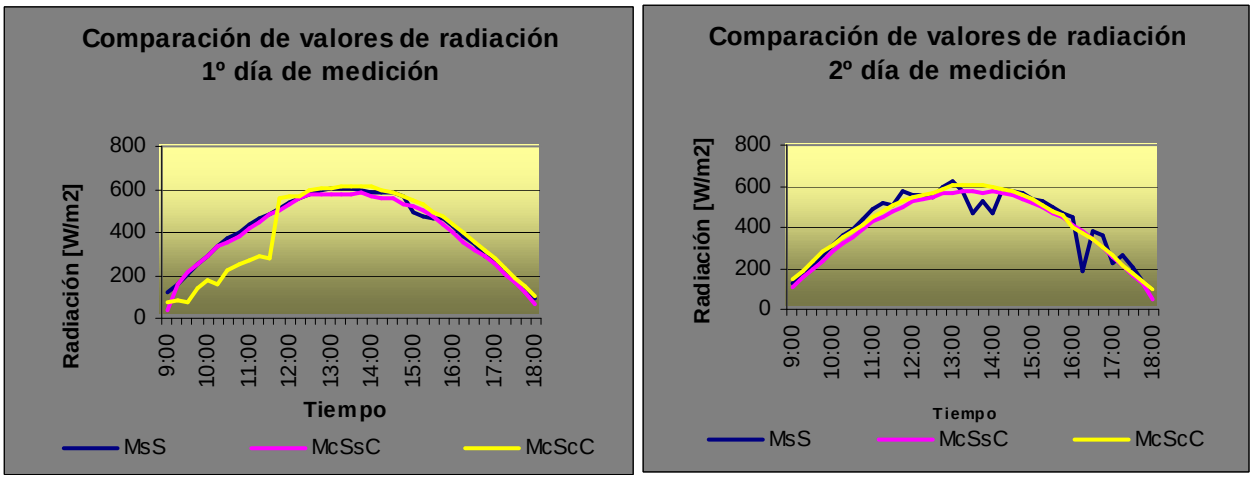

Figura 8: Comparación de los niveles de radiación en los tres períodos de mediciones. ***a:*** *1º día de medición y* ***b:*** *2º día de medición*

Mediciones en	Día	9	10	11	12	13	14	15
MsC	12-ago	118.8	290	419.4	533.4	580.1	569.4	517.5
MsC	13-ago	108.7	279.4	429.5	522.8	564.1	574.7	517.5
McCsC	09-ago	41.36	290	434.8	538.7	605.5	584.8	492
McCsC	10-ago	124.1	316	486.7	559.4	626.7	471.4	538.7
McCcC	15-ago	72.64	176	274.1	564.1	600.7	610.8	548.8
McCcC	16-ago	144.7	316	445.4	543.5	600.7	595.4	538.7

Tabla 1: Valores de radiación [W/m2] en el período de9:00hs a las 15:00hs.

Temp	MsC		McCsC		McCcC	
	12	13	9	10	15	16
MAX	22.4	20	17.3	17.4	12.5	14.2
MIN	9	5.6	6.6	4.8	6.3	0.3

Tabla 2: Relaciones entre temperaturas máximas y mínimas.

La tabla 2 muestra las temperaturas máximas y mínimas de los días de medición. Esta tabla fundamenta la necesidad de mostrar la equivalencia de la radiación solar en los seis días de mediciones, señalando la importancia del efecto radiante sobre el muro transformado y en forma natural.

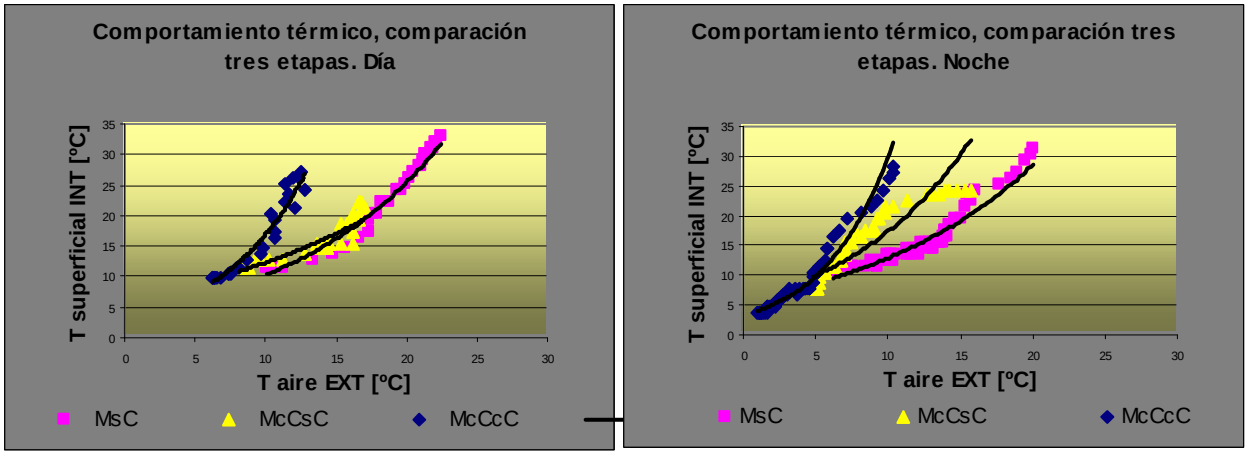

Figura 9: Relación de temperaturas superficial interior y la temperatura del aire exterior por cada etapa de estudio; ***a:*** *período diurno,* ***b:*** *período nocturno*

En la figura 9 se ha graficado la temperatura superficial interior respecto de la temperatura exterior del aire para establecer una relación entre el comportamiento de los tres casos independientemente de las características favorables o desfavorables de los días de medición. Se adicionaron las curvas de tendencia para visualizar la propensión de las temperaturas.

Los resultados indican lo que se podía prever con anterioridad, es decir, el muro transformado en acumulador con color (McCcC), resulta más efectivo para lograr temperaturas mayores en la superficie interior que el muro sin cubierta (MsC). El muro con la cubierta y sin cambio de color (McCsC) tiene un comportamiento intermedio, sin embargo teniendo en cuenta la colocación de una pintura muy económica, no existe razón por la cual no podamos aprovechar este fenómeno al máximo como es el caso del McCcC.

La tabla 3 muestra para cada situación el retardo y la amortiguación de la onda que podrían ser útiles para futuros estudios de la quincha. Con estos datos se puede llegar a determinar orientaciones y dimensiones de los espacios a calefaccionar.

Situación del muro	Quincha		Ladrillo	
	Retardo [tpo minutos]	Amortiguación ºC/ºC Dti/Dte	Retardo [tpo minutos]	Amortiguación ºC/ºC Dti/Dte
MsC	80	0.46	135	0.43
McCsC	100	0.47	100	0.44
MsCcC	115	0.39	95	0.30

Tabla 3: Retardo y Amortiguación para cada caso.

CONCLUSIONES

Se enfatiza la importancia de la quincha como tecnología de autoconstrucción para refacción y viviendas nuevas otorgando la posibilidad de permitir a la franja poblacional de menores recursos habitar espacios dignos y salubres en cuanto a sus características espaciales como térmicas.

De las pruebas realizadas se enfatiza que con la incorporación de un sistema de fácil y económica construcción es posible calefaccionar un espacio habitable durante el período diurno y lograr condiciones de confort en el período invernal. La temperatura interior sufre una elevación importante con la incorporación del sistema, cercana a la de 12ºC con respecto al muro sin el sistema.

Se concluye finalmente que este trabajo avala académicamente la importancia de estudiar y ofrecer sistemas de climatización natural a un parque edilicio ya construido y con la utilización de bajos recursos que se encuentran al alcance de una franja poblacional que ha quedado desplazada de la posibilidad de vivir en condiciones de confort térmico por razones económicas.

ABSTRACT: The low cost construction technologies are object of constant study in the Human Atmosphere and House Laboratory. Thus the revaluation is from quincha that offers superior thermal conditions to which spontaneous constructions of emergency establishments or countryside are used in. In the present work the possibility appears of using an existing wall of quincha, to which the necessary elements for transformed in an accumulating wall. The tests on the wall were done in three stages having been moderate skin temperatures by their sides inside and outside, in the plinth of brick and the wall of quincha. The thermal behavior of the wall already transformed into accumulated reaches an important increase of temperature with respect to the wall in its natural state. If one first confrontation between results of temperatures is made pronounces a difference near 12ºC.
Key words: radiating solar heating, passive systems, thermal storage, bioclimatic architecture

REFERENCIAS

Esteves A., Gelardi D., Ganem C., Mercado V "Thecnical and economical efficiency of thermal mass in temperate climate. The case of central western of argentina". Presentado en el WCRE VIII World Renevable Energy Congress, Denver, Colorado, Estados Unidos, Septiembre 2004.

Esteves A., Fernández E., Mercado M. V. (2006) Estudio térmico en taller construido en quincha tradicional. SIACOT (Seminario Iberoamericano de Construcción con Tierra) Mendoza, Argentina. Publicación en CD ISBN-10 950-692-068-0 ISBN-13 978-950-692-068-5)

Goulding (1994). Energy in Architecture". The Energy Research Group. School of Architecture. University of Dublin, IRL.

Lavigne P. (2003). Arquitectura Climática. Una construcción al Desarrollo Sustentable. Tomo 1. Ed. Universidad de Talca. Chile

Givoni B. (1976). Man, Climate and Architecture. Segunda Edición.

Mazria E. (1983). El libro de la Energía solar Pasiva, pp. 156-174. G: GILI, México.

Mercado V., Esteves A. "Sistema de calentamiento solar para viviendas de bajo costo sin fachadas hacia el ecuador" ASADES 2005, San Martín de los Andes, Neuquén, Argentina. Noviembre 2005. AVERMA, Vol. 9; pp. 3.49 – 3.54. Publicación CD (ISSN 0329-5184)