

déficit habitacional
confort higrotérmico
quincha

residential deficit
hygrothermal comfort
quincha

> GUADALUPE CUITIÑO¹ | ALFREDO ESTEVES¹ |
GRACIELA MALDONADO² | RODOLFO ROTONDARO³

¹Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, Centro Regional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas.

²Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción, Sismología e Ingeniería Sísmica.

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires.

ANÁLISIS Y REFLEXIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO DE CONSTRUCCIONES CON QUINCHA. ESTUDIO DEL CASO DE UN TALLER EXPERIMENTAL EN MENDOZA

Se propone una alternativa para aliviar el déficit habitacional de la Argentina que se estima en alrededor de 3 millones de viviendas. En la mayoría de los casos de viviendas deficitarias, los habitantes no cuentan ni con los recursos financieros, ni materiales, ni organizacionales, para acceder a una vivienda con tecnología tradicional (hormigón y ladrillo). Una solución alternativa a dicho problema son las viviendas construidas con quincha. La quincha es una tecnología antigua para construir con tierra y caña de Castilla que hoy se puede volver a emplear. En el Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, se ha construido un taller experimental con esta técnica constructiva y se han hecho mediciones de radiación y temperatura interior y exterior para la época estival e invernal.

Analysis and reflections on the hygrothermal performance of buildings with quincha. Case study of an experimental workshop in Mendoza
An alternative proposed to alleviate the residential deficit of the Argentina that is considered in around 3 million houses. In the majority of the cases, the inhabitants of deficit houses does not count on the resources neither financiers, nor material, nor organizational in many cases, to accede a house with traditional technology (concrete and brick). An alternative solution to this problem, are the houses constructed with quincha. Quincha is an old technology used to construct with land and cane of Castile, which today can be returned to use. In the Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, an experimental workshop with this constructive technique has been constructed and radiation spectra and inner and outer temperature have been made, for the summer and winter time.

Introducción

Durante siglos el hombre ha buscado y ha construido su cobijo para protegerse de las inclemencias climáticas, acudiendo para ello a los materiales que encontró a su disposición, siendo los principales recursos la tierra, la piedra y todo tipo de vegetales sin tener que viajar grandes distancias para obtenerlos. Esta situación le permitió construir sus moradas, las cuales mantenían perfecta armonía con el ambiente.

La construcción con tierra es una de las tecnologías principales y más antiguas empleadas por el hombre en la construcción del hábitat. Viva expresión de ello son las míticas construcciones de la torre de Babel en Babilonia, que señalaba el centro del mundo, la biblioteca de Alejandría en Egipto, la metrópoli de Chan Chan en Perú de la cultura Chimú, partes de la Muralla China, la ciudad de Shibam en Yemen del Sur, y una muy numerosa cantidad y diversidad de otras manifestaciones monumentales de arquitectura e ingeniería.

La tecnología de la construcción con tierra, con todas sus variantes, se ha ido enriqueciendo con el pasar de las generaciones, y se han logrado mejoras importantes en cuanto al manejo de la tierra cruda como materia prima para la edificación. Es así que las estimaciones recientes señalan “que de un tercio a la mitad de la población mundial vive actualmente en casas de tierra” (Terra 2009). Sin embargo, en el último siglo, el barro como material de construcción fue asociado a los índices de pobreza y considerado artífice de una arquitectura edilicia poco saludable, como un retroceso de los avances de la tecnología de la construcción empleada en las grandes ciudades. Es por ello que en general se prefirió acudir a una construcción más tradicional, urbana-industrial, impulsada por los paradigmas propios de los ámbitos a los que pertenece.

Según autores argentinos,

la arquitectura de tierra cruda constituye una manifestación tecnológica y cultural que nos identifica con el medio natural y con el devenir histórico; en ella, se conjugan la satisfacción de las necesidades de

cobijo del ser humano y la respuesta tecnológica inherentes del lugar. El adobe, la tapia, la tierra con entramados, se presentan como extraordinarios reguladores térmicos, resguardan del sol y del calor durante el día y liberan la temperatura acumulada en las frescas noches. Ventajas estas que fueron reconocidas y apreciadas por los habitantes de nuestra región varias generaciones atrás. (Kroff 2003: 7)

En el campo de la construcción y la autoconstrucción de la vivienda existe una amplia gama de materiales y técnicas posibles que emplean a la tierra como el material principal o dominante. Aún así, no todos son utilizados, ya sea por limitaciones económicas, por la herencia cultural o por el desconocimiento de la tecnología, dando lugar a la aparición de diversas manifestaciones ingenieriles y arquitectónicas, que nos permiten apreciar variadas expresiones culturales en el contexto mundial. En algunos casos, el edificio es producto de una utopía anhelada; en otros, la revelación de tristes realidades.

En Argentina, según el artículo 14 bis de la Constitución Nacional, todos tienen derecho a una “vivienda digna”; sin embargo, no se puede hacer caso omiso al hecho de que no todos son beneficiarios de este derecho. Hay sectores rurales, urbanos marginales y periféricos en los cuales se vive en condiciones deficitarias, que no sólo no cubren las necesidades básicas mínimas de habitación, sino que además se caracterizan por un parque habitacional construido con materiales poco aptos para crear un ambiente seguro y saludable, tales como plásticos, palos, alambres, chapas oxidadas, materiales de descarte de todo tipo, entre otros. También el déficit se mantiene en las viviendas que, debido a la humedad y/o a la falta de mantenimiento, se encuentran muy degradadas, con serios riesgos de derrumbes, incendios, desplomes, y destrucción grave en caso de la ocurrencia de catástrofes naturales (sismos, inundaciones, aluviones, asentamientos de suelos).

En Argentina, la construcción con tierra está relegada aún y se la considera de cierto modo una arquitectura marginal. A pesar de los avances logrados por los planes y opera-

torias oficiales en la construcción y mejoramiento de las soluciones habitacionales, y también por proyectos privados y de gestión mixta que buscan el bajo costo y los materiales reciclables, en general, la construcción con tierra cruda es utilizada por los sectores de extrema pobreza, vulnerables ante cualquier catástrofe (especialmente en las zonas de mayor riesgo sísmico) y es excluida de los progresos tecnológicos alcanzados. Por otro lado, la marcada escasez de viviendas, el déficit habitacional y el constante incremento de la población, provocan una mayor demanda de viviendas, exigiendo cada vez más el uso intensivo de materiales alternativos y el desarrollo de técnicas constructivas simples, rápidas y de bajo costo.

Considerando el parque habitacional existente, a nivel país existen más de 10 millones de viviendas, y 410.332 en Mendoza (INDEC 2001), de las cuales 81% corresponde al área urbana y el 19% al área rural. Del total de unidades en Mendoza, el 15.73% son viviendas construidas con tierra. En cuanto al déficit habitacional argentino, es significativo y está estimado en alrededor de 3 millones de viviendas con algún tipo de déficit.

El Censo Nacional de Población y Vivienda del 2001 muestra que, hacia fines de ese año, existían más de 2,6 millones de hogares, sobre un total del país de poco más de 10 millones, que habitaban viviendas deficitarias, con un incremento anual de alrededor de 114.600 unidades. El déficit habitacional es una realidad para la cual hay que buscar una solución. En Mendoza faltan 130.000 viviendas y sólo se construyen 5.600 viviendas anuales, cantidad que no alcanza para cubrir el crecimiento vegetativo, situación que incrementa el déficit (Civit Evans 2008). En la mayoría de los casos, los habitantes que viven en una vivienda deficitaria no cuentan con los recursos financieros, materiales u organizacionales para acceder a una vivienda con tecnología tradicional (hormigón y ladrillo). Sin embargo, existen algunas soluciones potencialmente alternativas a dicho problema como, por ejemplo, las viviendas construidas con quincha. La quincha es una tecnología antigua para construir con tierra, que hoy se puede volver a emplear y sistematizar de modo de lograr una

construcción segura (sismorresistente) y salubre, con acabados equivalentes al revoque con mezcla cementicia, y con propiedades higrotérmicas y resistentes excelentes. Las edificaciones como la quincha, con entramados de maderas y cañas flexibles, presentan un buen comportamiento ante los sismos en cuanto a que no colapsan bruscamente, debido a que permiten que la estructura pueda deformarse mucho frente a las sollicitaciones antes de que se desplomen, y de esta forma se salvan vidas.

En el Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCIHUSA-CONICET) Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, se ha construido un taller experimental con la técnica constructiva de quincha (Fernández 2005). El mismo se encuentra emplazado en la ciudad de Mendoza, y funciona como taller para el armado de hornos solares, destiladores y otras tareas afines. En este trabajo se presentan resultados del comportamiento higrotérmico de esta construcción realizada con quincha. Para ello se han tomado mediciones de temperatura, humedad y radiación para la época de verano e invierno.

Objetivos

- > Estudiar el comportamiento higrotérmico de las construcciones con quincha, en vista de su aplicación en la construcción de viviendas en Mendoza.
- > Analizar su aplicabilidad en otras zonas bioclimáticas del Centro – Oeste de Argentina.

Características de las construcciones con quincha

En relación a esta antigua técnica constructiva, Hays y Matuk la describen así:

La quincha, en el vocabulario quechua, está vinculada al uso de la caña. En ciertas partes de América latina se llama comúnmente quincha a los procedimientos constructivos que utilizan cañas para confor-

mar osamentas¹ generalmente simples. En la época del Virreinato, en Perú, se comenzó a construir edificios en cuya primera planta empleaban el adobe para realizar los cerramientos de las viviendas y en las segundas y terceras plantas utilizaban caña entrelazada para conformar paneles, los cuales luego eran revocados con barro, lo que conformaba una especie de quincha. (2003: 285)

La quincha se puede caracterizar por su estructura principal y por la tecnología utilizada para la construcción de los cerramientos. En el caso del taller de Mendoza, la estructura principal está conformada por rollizos como columnas, apoyados en el terreno mediante una fundación de hormigón ciclópeo, y vinculados entre sí por medio de vigas de fundación y con rollizos a nivel de dintel. Sobre la viga de fundación se disponen aproximadamente cinco hiladas de mampuestos, con algún material como ladrillo o piedra, para evitar el ascenso de humedad por capilaridad a los paneles.

Existen diferentes tipos de quinchas, que pueden ser clasificadas como quincha tradicional y quincha prefabricada. En todos los casos, la estructura interior de los paneles puede estar hecha en esta zona, a base de caña de Castilla (*Arundo Donax*) o similar, siendo la característica principal de la pared hueca, que está conformada por un entramado bi-lateral, dejando una cámara de aire en el interior de la pared. En los paneles de quincha, primero se debe armar un bastidor de álamo con refuerzos horizontales y diagonales (Figura 2a y b), para un mejor comportamiento sismorresistente. Luego se adosan las cañas, de Castilla o caña brava, fijándolas con clavos y alambre, con diámetros de al menos 2 cm, y finalmente se recubre con una mezcla de arcilla, arena, paja y agua.

En la quincha prefabricada se pueden distinguir tres variantes:

- > Quincha prefabricada con paneles modulares.
- > Quincha prefabricada llena desarrollada por el Instituto Nacional de Investigación y Normalización de la Vivienda (sistema INIVI en Perú).

- > Quincha prefabricada hueca creada por la Pontificia Universidad Católica del Perú (sistema PUCP).

El sistema de quinchas prefabricadas llenas consiste en paneles modulares con refuerzos horizontales y diagonales a los que luego se le incorpora la *osamenta* de caña de Castilla que sostiene el recubrimiento de barro posterior. Las construcciones de quincha prefabricada hueca no llevan columnas, es decir que la estructura es la que se encuentra formada por los bastidores de los paneles.

Cuenta con la ventaja de la facilidad en la construcción de los módulos individuales y a medida, para luego poder realizar el ensamblado de los mismos.

En el sistema de quincha tradicional se pueden distinguir tres tipos:

- > Quincha tradicional legítima llena.
- > Quincha tradicional degenerativa hueca.
- > Quincha tradicional atípica hueca.

La variante de quincha, cuyas paredes están conformadas por un solo entramado de caña y es recubierta con barro, se denomina “quincha tradicional legítima llena”. Con este sistema también podemos realizar paredes huecas: luego de armar el bastidor se dispone la caña en forma vertical u horizontal en ambas caras, sin dejar espacios entre las cañas, y luego son recubiertas con barro en ambos laterales, con lo cual queda una cámara en el interior del muro. Esta variante se denomina “quincha tradicional degenerativa” o “atípica hueca” (Hays y Matuk 2003: 286), según sea la disposición de las cañas verticales u horizontales. La desventaja de este sistema es que, debido a que el interior de la pared queda hueco, la caña se degenera con facilidad y además puede favorecer el anidamiento y la proliferación de insectos y arácnidos. Para evitar este problema, se recurre a otra técnica que es dejar más espacios en el entramado de caña, en ambas caras del bastidor, y luego rellenar con barro el espacio existente entre ambas caras y terminar revocando la pared (Figura 2a).

En la Figura 1, se pueden apreciar también diferentes entramados para conformar la quincha.

1. Osamenta: esqueleto del muro hecho con caña para sostener el relleno de tierra.

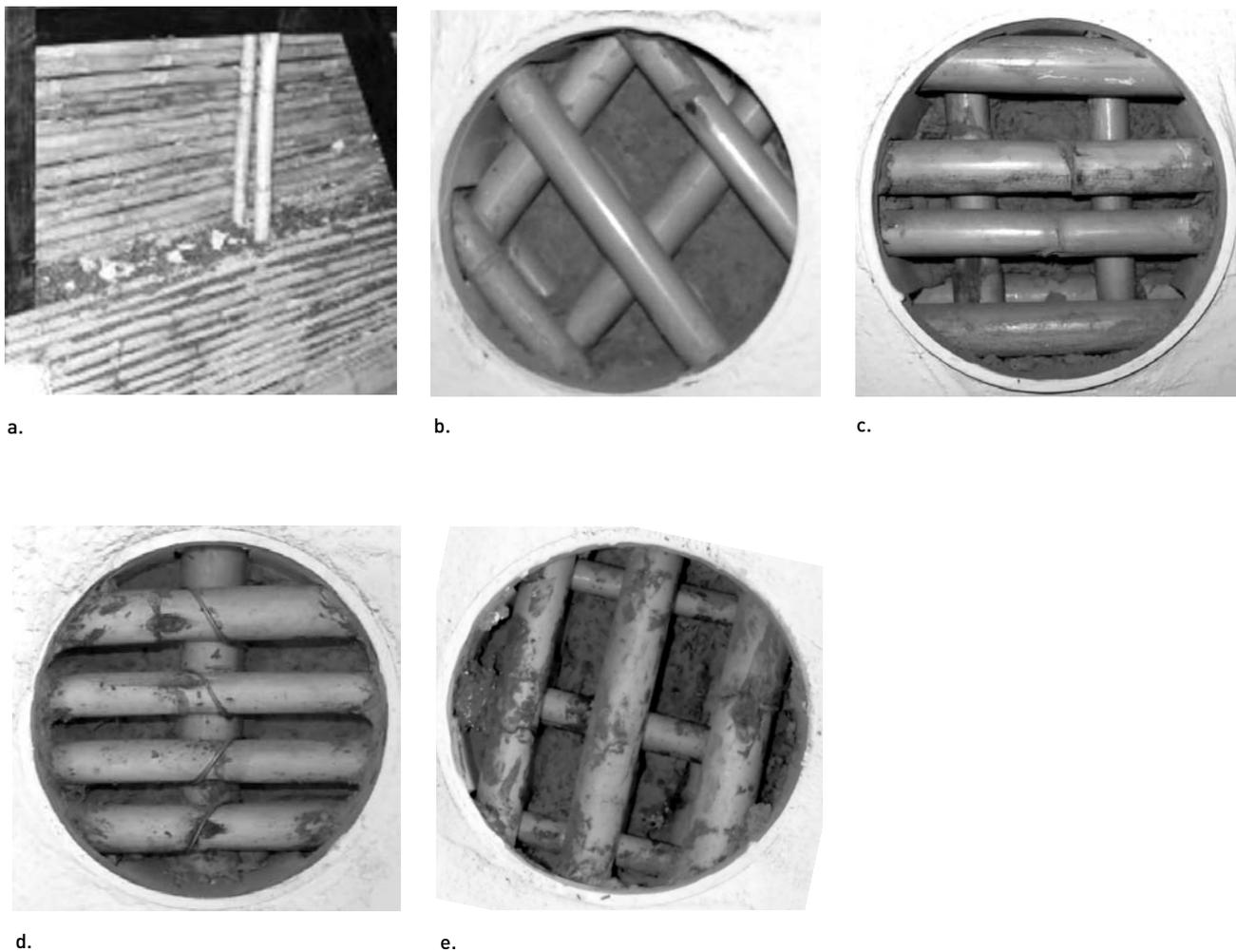


Figura 1
Diseños de entramados en paredes hechas de quincha: a) horizontal bilateral continua sin espaciar, b) espaciada a 45°, c) dos horizontales juntas separadas por una vertical, d) horizontal alternada y e) una horizontal alternada con una vertical.

Metodología de ensayo

Para realizar las mediciones de temperatura y humedad, se dispusieron dos dataloggers marca Hobo temperatura, RH (C) 1996 Onset, uno en el interior de la quincha y otro en la parte exterior, a una altura aproximada de 2 m (Figura 3), los mismos tomaban un dato cada 15 minutos, una estación meteorológica marca Devis, modelo Weather Wizard III, donde se registran datos de temperatura y viento, un solarímetro marca Kipp & Zonen que toma datos de radiación solar global sobre el plano horizontal y se almacenan en un Hobo 4 channels external (C) 1998 Onset, la frecuencia de registro de datos, también es de 15 minutos.

Se tomaron datos por casi un año y se eligieron cinco días representativos para la época invernal (del 7 de julio al 11 de julio del 2008) y cinco días para la época estival (del 1 de diciembre al 5 de diciembre del 2008). Estos datos fueron procesados y se obtuvo la respuesta térmica de la quincha. A partir de estos datos, se pudo simular térmi-

camente el comportamiento del taller, en el programa SIMEDIF (Lesino 2000), creado por INENCO (Instituto de Investigación en Energía No Convencional) de la Universidad Nacional de Salta. Una vez ajustada la simulación, se procedió a simular el comportamiento de la quincha para otras localidades con distintas características ambientales, como son Malargüe en Mendoza, Chilecito en La Rioja y la ciudad de Córdoba en la provincia de Córdoba, con la idea de comprobar las ventajas del uso de la quincha en la extensa zona Centro-Oeste del país.

Características climáticas en la provincia de Mendoza

El lugar de emplazamiento del prototipo de taller con quincha construido en los predios del CRICYT es la ciudad de Mendoza, ubicada a escasos 200 m de la estación meteorológica de Mendoza observatorio, se ubica a 32° 88' de latitud Sur, 68° 85' longitud Oeste y a



Figura 2
a) Proceso de embarrado
de las paredes y b) paredes
terminadas.



827 msnm. Los valores de las características climáticas anuales son:

- > Radiación global anual sobre superficie horizontal: 18.08 [MJ/m².día]
- > Temperatura Máxima Absoluta (TMAA): 39°C
- > Temperatura Máxima Media (TMAM): 22.6°C
- > Temperatura Mínima Media (TMM): 11°C
- > Temperatura Mínima Absoluta (TMA): 6.2°C

- > Temperatura Media (TM): 15.9°C
- > Grados Día para una temperatura base de 18°C: 1384 [°C.día/año]
- > La dirección de viento predominante es la sur con una frecuencia del 24%, y calmas aproximadamente un 40% y una velocidad media de 10 km/h
- > Las precipitaciones anuales alcanzan un valor de 218 mm

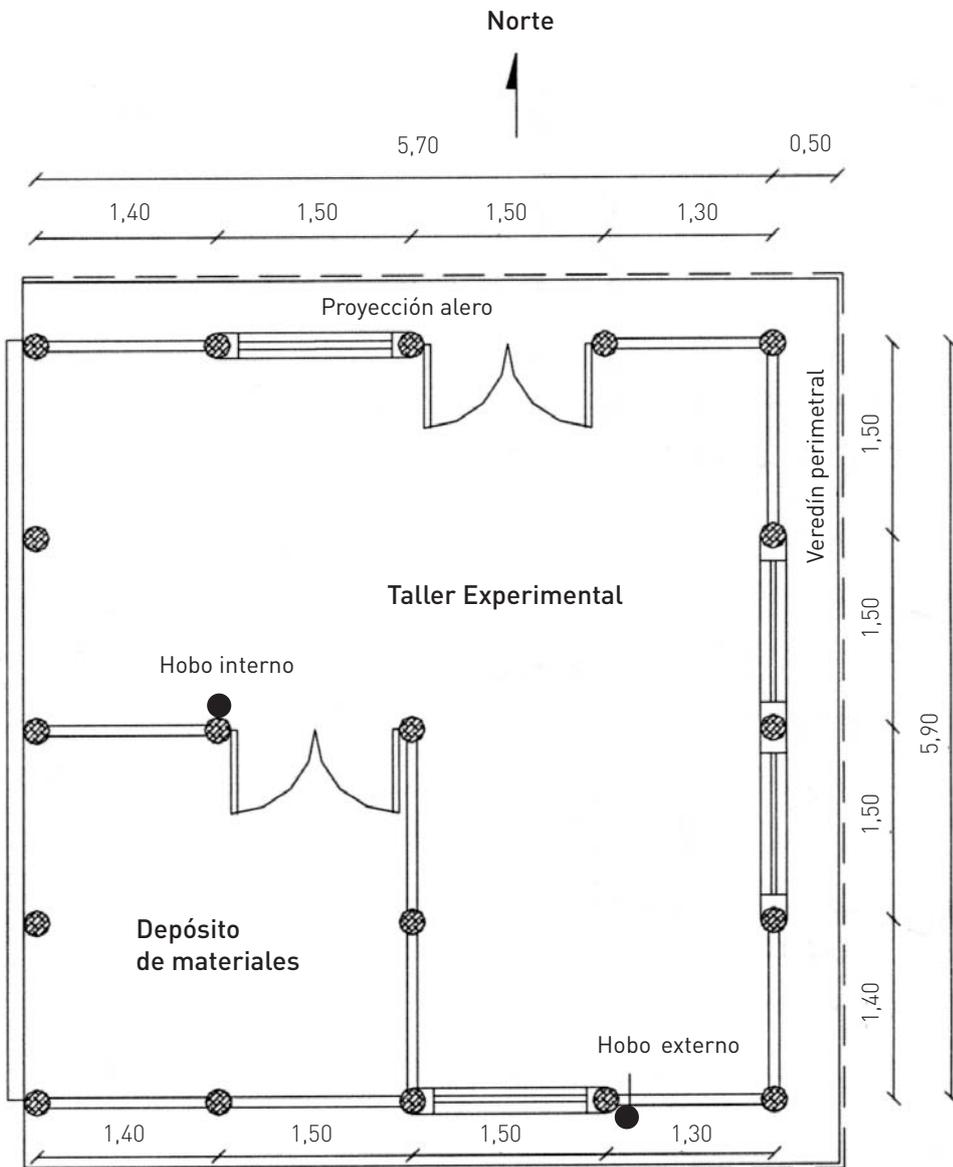


Figura 3
Plano del taller construido con la tecnología de quincha.

Características constructivas del taller

La estructura portante de esta construcción con quincha es de rollizos de eucaliptos de 0.20 m de diámetro y de 0.16 m de diámetro para las columnas y vigas de dintel, respectivamente. Las columnas están atravesadas en la parte inferior por hierros nervurados de 8 mm de diámetro para tener un buen anclaje con la fundación de hormigón ciclópeo. Las mismas también tienen realizado un tratamiento con pintura asfáltica, para evitar que sea deteriorado por la humedad.

Luego, se disponen cinco hiladas de ladrillo, para evitar el ascenso de la humedad hacia los paneles de quincha. A nivel de dintel se vincula toda la estructura por medio de rollizos, permitiendo que todo el sistema trabaje en conjunto. A continuación, se arma un bastidor, el cual va adosado a la estructura principal, el mismo lleva refuerzos transversales y diagonales, para un mejor comportamiento sismorresistente, excepto en las áreas donde se adosan las ventanas.²

Se emplea caña de Castilla de aproximadamente 2 cm de diámetro. En este caso, dado que es un prototipo experimental, se han ensayados distintos entramados de cañas, horizontal, vertical y diagonal. La parte exterior del panel está revocada con un barro, que se prepara en una cancha de 2 m x 2 m x 0,30 m y el barro se compone llenando la cancha con 0.10 m de espesor de arcilla, 0.10 m de arena y 0.10 m de paja, finalmente se le agrega agua y se deja reposar. Luego de mezclar bien se utiliza para realizar un empasta-

do por capas en todas las paredes, y cuando se secan pueden ser revocadas con revoque grueso, fino y terminado con pintura. El resultado son paredes de quincha de un espesor de 7,5 cm, las cuales aún faltan revocar (Figura 2b). El techo del taller experimental es del tipo más tradicional, pero que armoniza con la estructura, y está hecho de rollizos canteados de álamo, caña de Castilla para el cielorraso, una lámina de polietileno de 150µ como barrera de vapor, una capa de hormigón alivianado con pomeca puzolánica y finalmente una membrana asfáltica. Al techo se le ha dejado un alero de 0.50 m para proteger a los paneles de los muros de quincha de una posible degradación por lluvia. En el interior el piso es de hormigón armado para resistir las solicitaciones impuestas por el uso (taller experimental).

Análisis de los datos

Sistema invernal

En la primera parte del trabajo se analizó el comportamiento higratérmico del prototipo de quincha para la ciudad de Mendoza y los datos obtenidos para el mes de julio del 2008 se presentan en la Tabla 1 (promedios diarios) y en la Figura 4 (datos horarios). Las zonas resaltadas indican la jornada laboral en la que se ocupa el local, de 8 hs a 18 hs, donde se realizan tareas de taller (trabajo liviano: 1.5-2 met)³ y en ningún momento ha habido aporte de calefacción auxiliar.

Se observa que térmicamente la construcción tiene un comportamiento que resulta más

Tabla 1
Temperaturas medidas para los días analizados.

2. Descripción más detallada puede consultarse en Fernández (2005).

3. Met: es la unidad de actividad metabólica, donde 1 met = 58.2 w/m².

	τ° max. Ext. [°C]	τ° min. Ext. [°C]	τ° promedio Ext. [°C]	τ° max. Int. [°C]	τ° min. Int. [°C]	τ° promedio Int. [°C]
07-07-08	19,42	5,81	12,62	23,24	10,60	16,92
08-07-08	19,42	6,22	12,82	23,24	11,38	17,31
09-07-08	18,28	6,62	12,45	21,33	12,16	16,75
10-07-08	17,14	5,40	11,27	20,57	11,38	15,98
11-07-08	18,28	6,22	12,25	22,48	11,38	16,93

Temperatura julio 2008

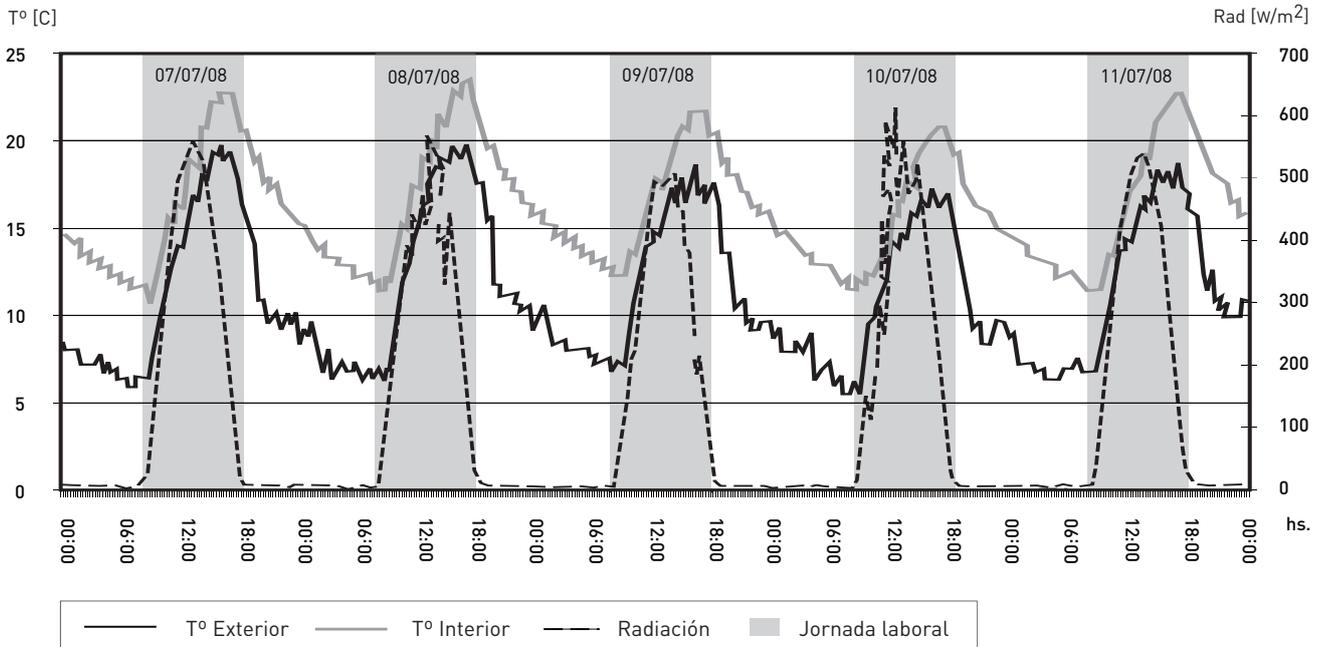


Figura 4
Temperatura exterior e interior de los días analizados.

Simulación Simedif-julio 2008

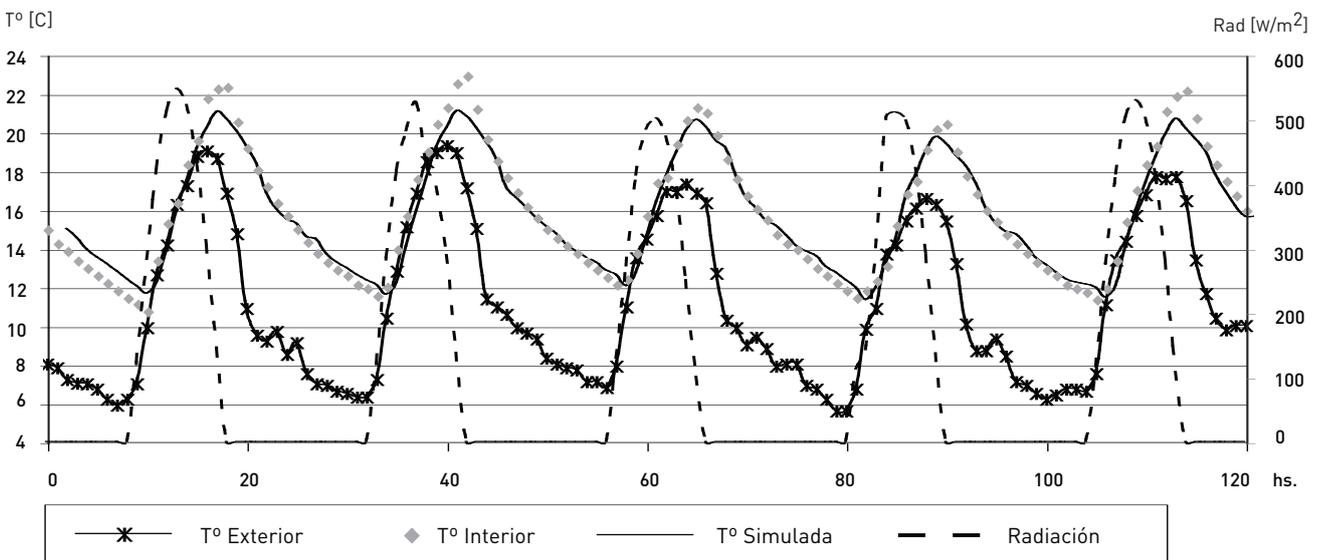


Figura 5
Resultados del análisis obtenidos con el programa Simedif — mes de julio.

cálida a toda hora durante el invierno y particularmente durante el lapso de la jornada laboral en el interior del taller. Hay una diferencia respecto del exterior mayor a los 4°C, permitiendo a los trabajadores que se encuentren en confort la mayor parte del tiempo. En la noche, se puede apreciar, debido a la inercia de los muros de quincha y del piso, que existe una diferencia entre el exterior y el interior de aproximadamente 7°C, sin el uso de calefacción artificial. Es apreciable cómo el taller mantiene temperaturas que descienden más lentamente que la rigurosa temperatura exterior.

A partir de los datos de temperatura, radiación y de las características constructivas del prototipo, se simuló el comportamiento del taller con el programa Simedif (Flores Larsen 2001). Luego se lo comparó con los valores medidos y el resultado se indica en la Figura 5.

El ajuste de la simulación entre los valores de temperatura interior medidos y simulados tiene un $R^2 = 0,96$. Se puede observar que se tiene una diferencia térmica de casi 8°C entre el exterior y el interior a la madrugada. En el horario de la jornada laboral, se puede apreciar cómo la temperatura interior se asemeja a la exterior hacia las horas del mediodía, esto es debido a que durante la jornada laboral, la puerta de acceso se mantiene abierta para la realización de los trabajos, sin embargo, en la noche, la temperatura exterior desciende rápidamente, pero la del taller lo hace lentamente debido a la inercia térmica del interior en combinación con una baja transmitancia térmica otorgada por la presencia de la caña.

Es importante destacar que con 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 (Mercado 2006).

Sistema estival

Para la época estival, la Tabla 2 resume datos de temperatura medidos en el exterior y en el interior del taller y la Figura 6 muestra los datos horarios.

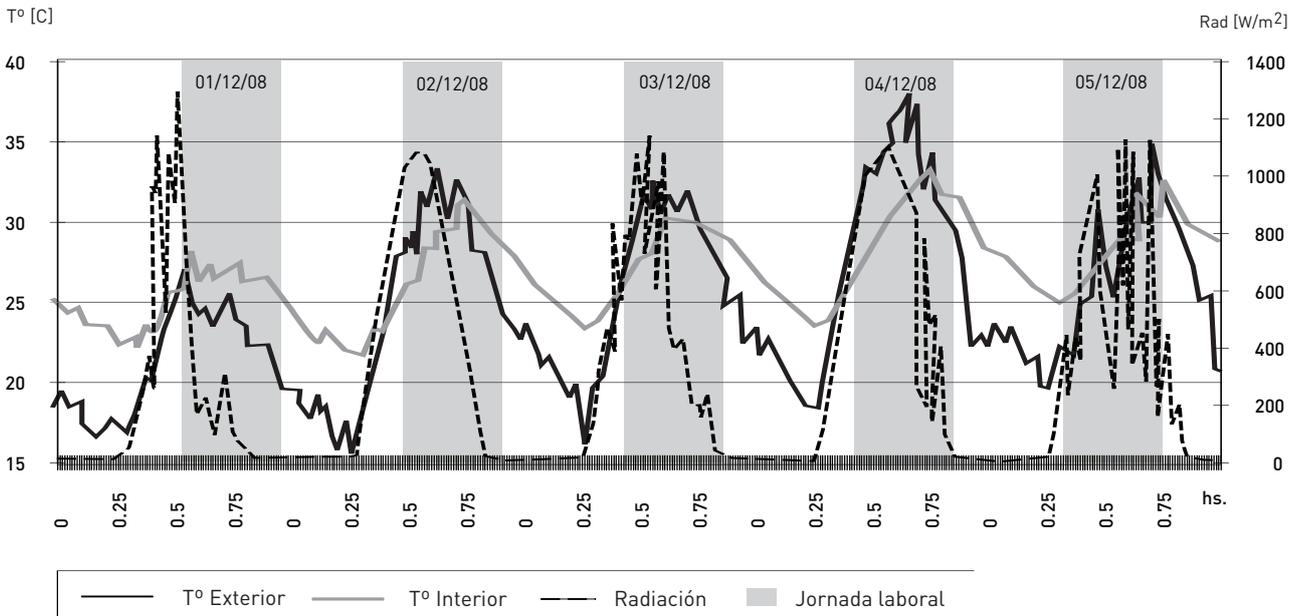
En la jornada laboral, las temperaturas máximas interiores se mantienen en general más bajas que las exteriores para los días cálidos (temperatura exterior mayor a los 30°C); y para los días frescos; la temperatura interior máxima es coincidente con la exterior máxima, dado que la puerta se mantiene abierta por los trabajos de taller que allí se realizan. Durante la noche, nuevamente la inercia térmica produce una mayor temperatura mínima interior (alrededor de 6°C) que la mínima exterior. Esto es señal también de falta de ventilación nocturna, ya que, por razones de seguridad, deben mantenerse las ventanas cerradas. Si el edificio pudiera ventilarse en esas horas, como veremos más adelante, la temperatura interior podría ser aún menor.

La simulación es coincidente muy fielmente con las mediciones. En la Figura 7, se aprecian las curvas de las temperaturas medidas y simuladas. La correspondencia entre los valores de temperatura medidos vs simulados es de $R^2= 0.94$, lo que indica la validez de la simulación, toda vez que se quiera utilizar

Tabla 2
Temperaturas medidas para los días analizados.

	τ° max. Ext. [°C]	τ° min. Ext. [°C]	τ° promedio Ext. [°C]	τ° max. Int. [°C]	τ° min. Int. [°C]	τ° promedio Int. [°C]
01-12-08	26,73	16,38	21,56	27,52	22,09	24,81
02-12-08	33,17	15,23	24,2	30,31	21,71	26,01
03-12-08	32,76	16,00	24,38	29,9	23,24	26,57
04-12-08	37,44	18,28	27,86	32,76	23,24	28,00
05-12-08	34,85	19,42	27,14	31,12	24,79	27,96

Temperatura diciembre 2008



para evaluar térmicamente el sistema de quincha. Cuando se quiere conocer cuál es el comportamiento de la quincha en otras zonas del país, se puede utilizar la simulación con el programa Simedif, que indica el comportamiento del sistema con suficiente exactitud.

Confort interior de la quincha

El medio ambiente físico está formado por numerosos elementos relacionados entre sí, tales como el clima, el sonido, la luz, etc. Todos ellos inciden directamente en el cuerpo humano, el cual puede absorberlos o intentar contrarrestar sus efectos. Para ello, el hombre trata de llegar a un punto en el que adaptarse a su entorno requiera solamente un mínimo de energía. Cuando se consigue esto, se dice que está en la zona de confort.

El confort higrotérmico se relaciona con los cambios climáticos que producen las sensaciones de calor y frío en los seres humanos. Normalmente, el interior del cuerpo está a una temperatura de alrededor de los 37°C, la piel debe tener una temperatura inferior con

el fin de que el calor generado en el interior del cuerpo fluya hacia ella y se disipe. La temperatura del ambiente debe, a su vez, ser inferior a la temperatura de la piel para que esto ocurra. El rango de las temperaturas del ambiente, que permiten una disipación del calor suficiente pero no excesivo, se denomina “zona de confort térmico”.

El confort es una medida subjetiva donde cuentan factores térmicos, higrotérmicos, acústicos, lumínicos, psicológicos, etc.

El confort higrotérmico ha sido estudiado por varios autores, los que coinciden en que depende fundamentalmente de dos variables dependientes de la persona: el nivel de actividad y el nivel de vestimenta y de cuatro variables exteriores: la temperatura, la humedad relativa, la velocidad del aire y la radiación solar. De estas últimas, en los ambientes interiores en invierno, la velocidad del aire puede considerarse nula y la radiación solar puede estimarse nula en la mayoría de los casos en los que no estemos con radiación solar directa sobre nuestros cuerpos, quedando como condición preponderante la temperatura y la humedad relativa.

Figura 6
Temperatura exterior e interior de los días analizados.

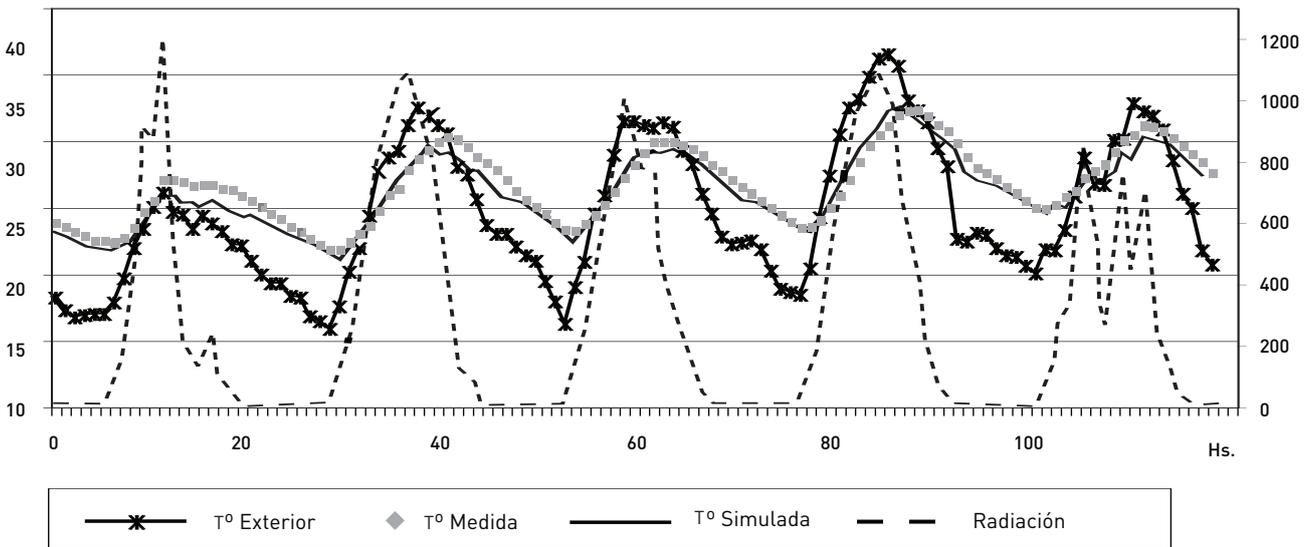


Figura 7
Resultados del análisis
obtenidos con el programa
Simedif —mes de diciembre.

El diagrama bioclimático muestra la temperatura y la humedad de confort para cada nivel de actividad y nivel de vestimenta, así como las temperaturas y humedades relativas medias mensuales. Si una persona está realizando una actividad ligera que no demanda esfuerzo y ropa liviana, entonces, para estar en confort, el ambiente debe estar en una temperatura entre los 18 °C y los 26°C, y una humedad relativa entre el 20% y el 75%.

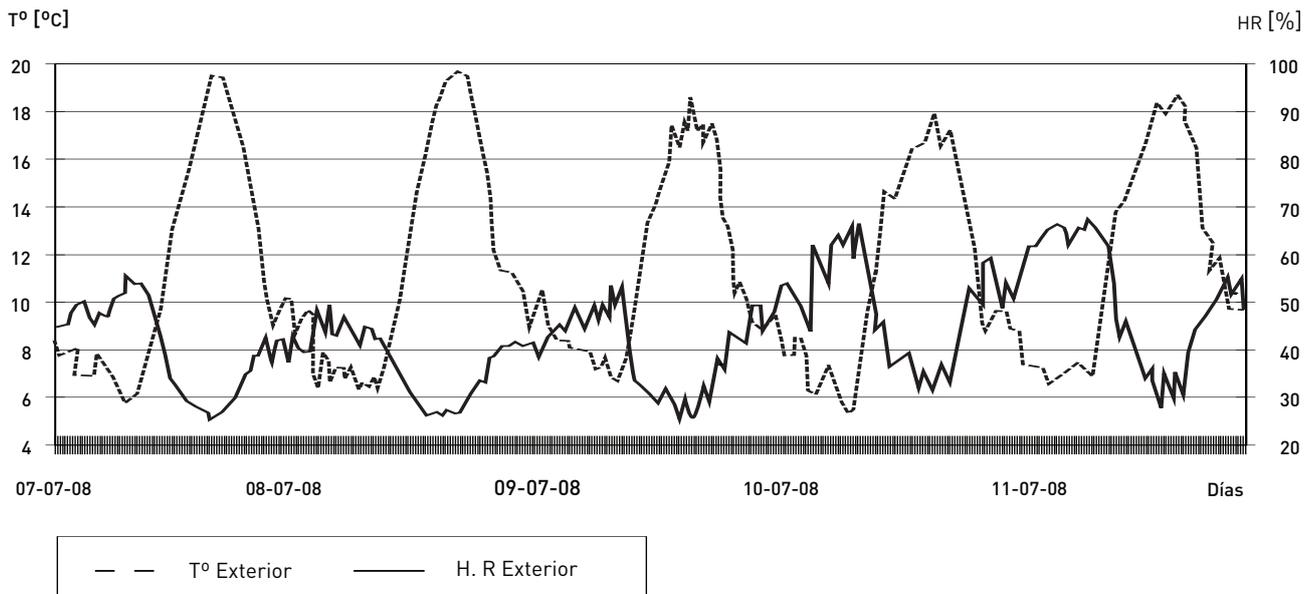
Los datos de humedad junto con las temperaturas se indican en la Figura 8 para el mes de julio, y en la Figura 9 para el de diciembre, los cuales se obtuvieron a partir de las mediciones realizadas con sensores Hobo, tanto en el interior como en el exterior del recinto.

Se observa cómo, dentro de la quincha, se mantiene una humedad relativa más constante que en el exterior (en el rango entre 25% y 44% para julio), y también se aprecia una variación muy regular a largo de los días analizados y entre el día y la noche.

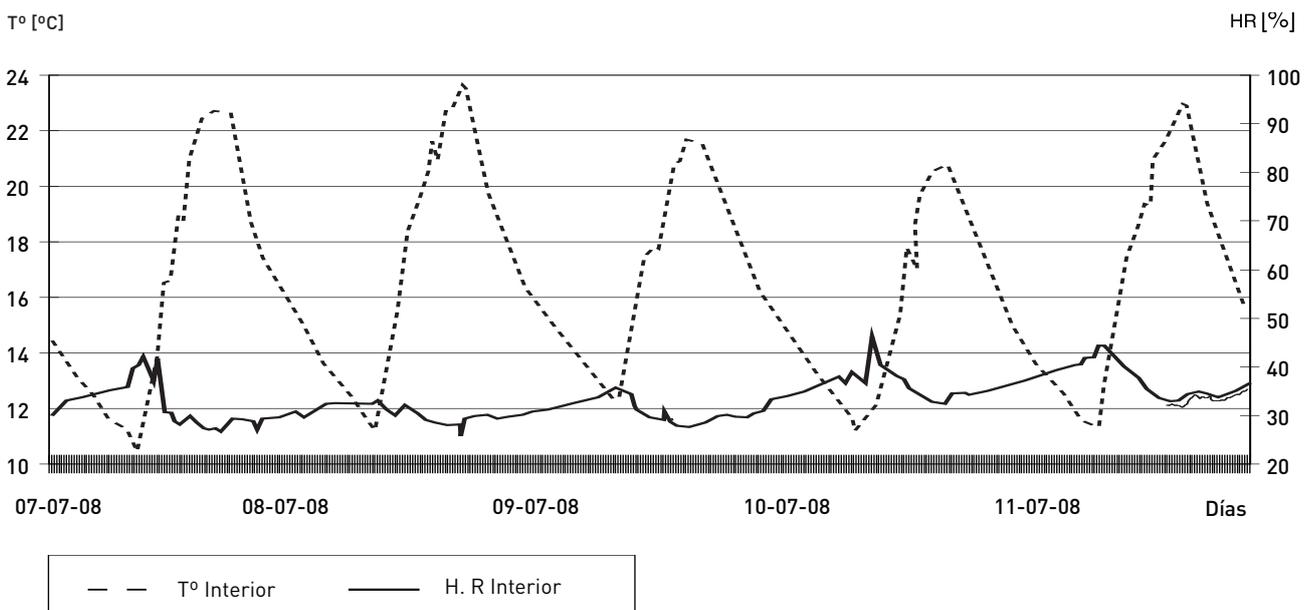
Con los datos obtenidos, se trazó en la carta psicrométrica el comportamiento interior de la quincha para todo el mes de julio y de diciembre (Figura 10), donde se observan dos respuestas muy diferentes. Para la época invernal, se aprecia que el interior del establecimiento se encuentra en confort prácticamente todo el mes, sin el uso de calefacción auxiliar; esto es debido a que por las ventanas entra la suficiente radiación solar como para calefaccionar el ambiente, luego el comportamiento aislante de la quincha impide que el calor escape, manteniendo una sensación de confort permanente, permitiendo que los trabajadores puedan desarrollar sus tareas confortablemente al día siguiente.

Para la época estival, se puede apreciar que el comportamiento de las temperaturas y la humedad relativa, dentro del taller de quincha, están fuera de las condiciones de confort. Las temperaturas crecen consecuentemente hasta llegar a 37°C, en algunos casos, sin embargo, la humedad absoluta se mantiene por debajo de 15 mmHg, límite dado por B. Givoni para el enfriamiento por masa térmica y ventilación nocturna. Esto sucede debido a que el taller trabaja principalmente en los horarios de 8 a 18, siendo el hábito de los trabajadores llegar y abrir las puertas del taller para renovar el aire, lo que permite que el aire interior alcance temperaturas cercanas al exterior (Figura 6), pero llegada la hora de salida del trabajo el taller se cierra dejando el interior cargado con temperaturas elevadas. Esto da cabida a que la quincha esté trabajando como una caja térmica que conserva el calor, lo que es muy conveniente en la época invernal, pero para este caso, es una desventaja, por lo tanto, se deben tomar medidas adicionales para contrarrestar este comportamiento. Se pueden aplicar las estrategias de la carta de B. Givoni, donde se aprecia que una de las opciones para llegar al confort es implementar el uso de ventilación nocturna, con lo cual se elimina el calor acumulado durante el día en la masa térmica interior y la deja disponible para acumular la energía ganada al día siguiente, manteniendo todo el tiempo temperaturas más bajas que el exterior. Durante las horas de calor se cierra la ventilación cruzada y obtendríamos el comportamiento deseado para la época estival. Sin embargo, este punto no se tuvo en cuenta debido al manejo que tiene el establecimiento.

Humedad Relativa-Temperatura-julio 2008



Humedad Relativa-Temperatura-julio 2008



Análisis del comportamiento de construcciones con quincha en otras localidades

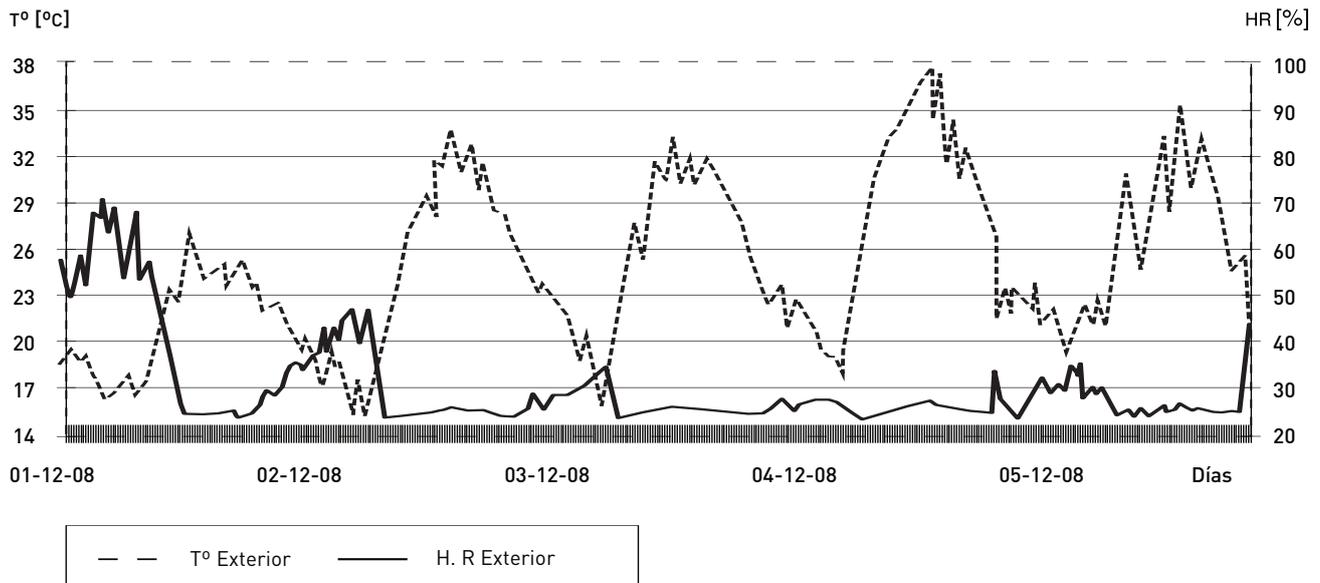
Se realiza el análisis del comportamiento de una construcción con quincha, con los mismos parámetros constructivos que para el caso original descrito anteriormente, y para iguales épocas invernal y estival, utilizando condiciones medias exteriores.

Como primer paso, se observan las temperaturas medias para el mes de julio y el mes de diciembre (Servicio Meteorológico Nacional 2009), y la radiación global para cada una de las localidades indicadas (Grossi Gallegos 1997) (Tabla 3).

Con estos datos, se simulan las respuestas del comportamiento de la quincha en cada localidad, las que se indican en las Figuras 11 a 13. El comportamiento invernal para la ciudad

Figura 8
Datos de temperatura exterior e interior y sus respectivas humedades relativas, para julio de 2008.

Humedad Relativa-Temperatura-diciembre 2008



Humedad Relativa-Temperatura-diciembre 2008

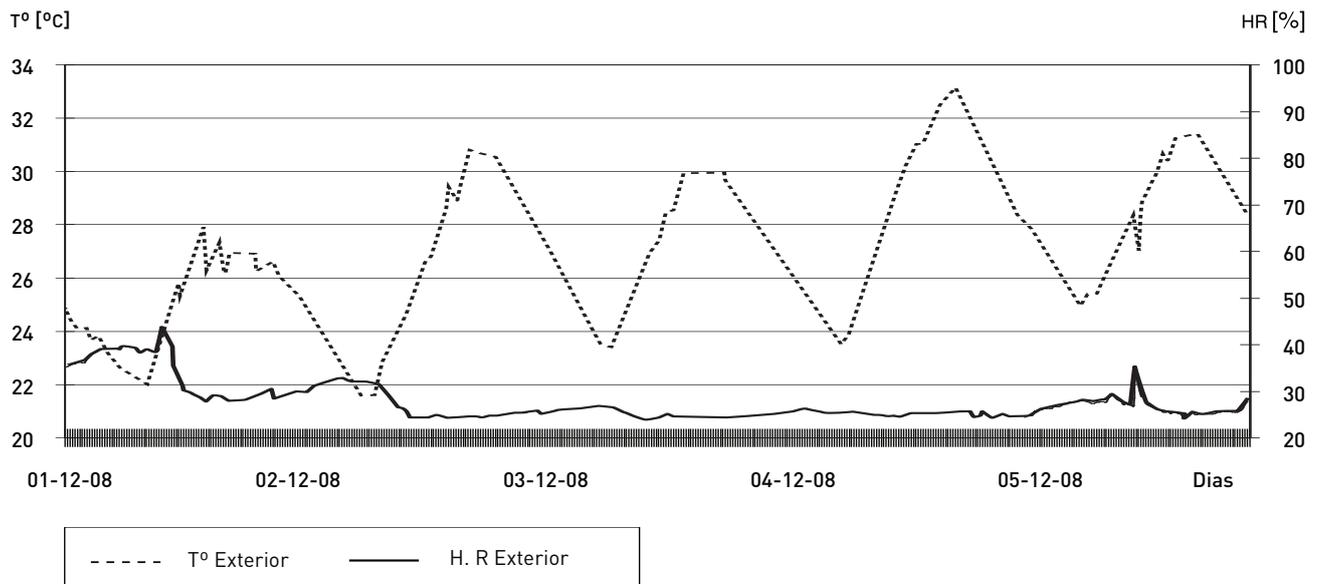


Figura 9
Datos de temperatura exterior e interior y sus respectivas humedades relativas para diciembre de 2008.

de Córdoba y la ciudad de la Rioja es muy similar (temperaturas máximas de aproximadamente 18°C y mínimas de 10°C). Para el caso de Malargüe, las temperaturas resultan sensiblemente más bajas, dada la rigurosidad del clima y la menor intensidad de la radiación solar (temperaturas máximas aproximadamente de 13°C y mínimas de 7°C – 8°C). Esto marca un límite en la tecnología a utilizar cuando tenemos climas muy fríos. Comportamiento estival: las temperaturas en la zona de Malargüe resultan suficientes dado que el clima no presenta días muy calu-

rosos. En la zona de la Rioja y Córdoba, el comportamiento es similar al de Mendoza. Si se practicara la ventilación nocturna (lo cual no es impedimento en una vivienda) tanto las temperaturas nocturnas como las diurnas del día siguiente serían menores, otorgando un grado de ajuste al clima interior más cercano al clima exterior. Esto se puede observar en los gráficos debido a la diferencia de temperatura entre el ambiente interior y exterior durante la noche. En todos los casos, se observa que es necesario contar con sistemas apropiados de venti-

Diagrama Bioclimático-Mendoza Aeropuerto
 Trabajo Taller: 1,2 cló, 2 met - julio 2008

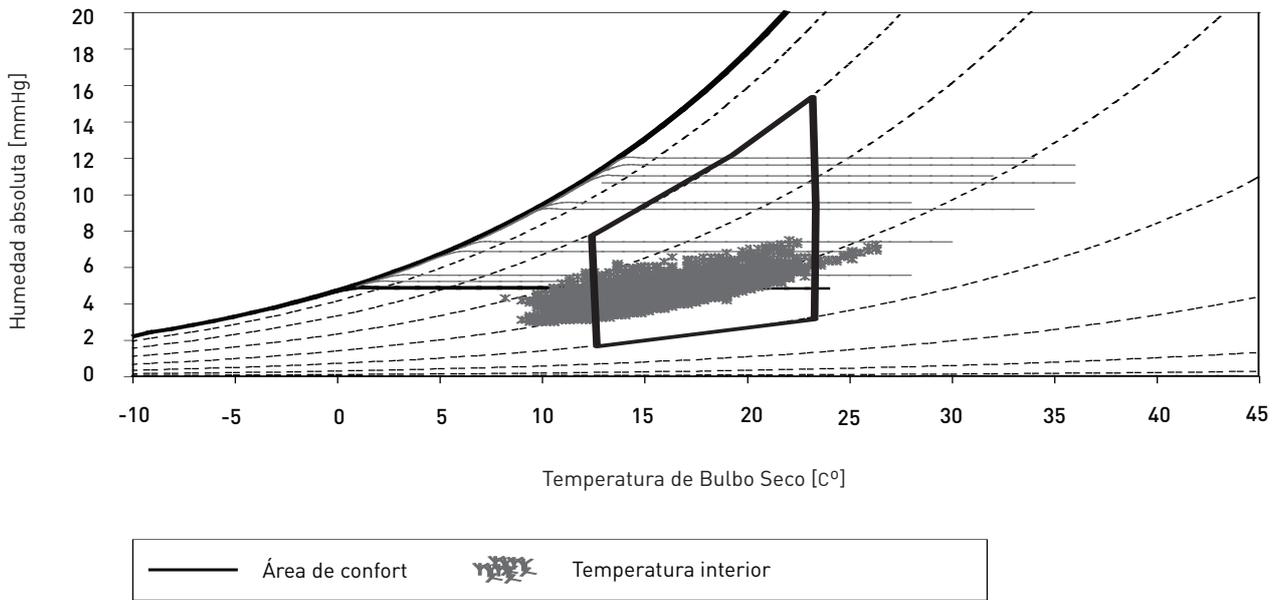


Diagrama Bioclimático-Mendoza Aeropuerto
 Trabajo Taller: 0,52 cló, 2 met - diciembre int. 2008

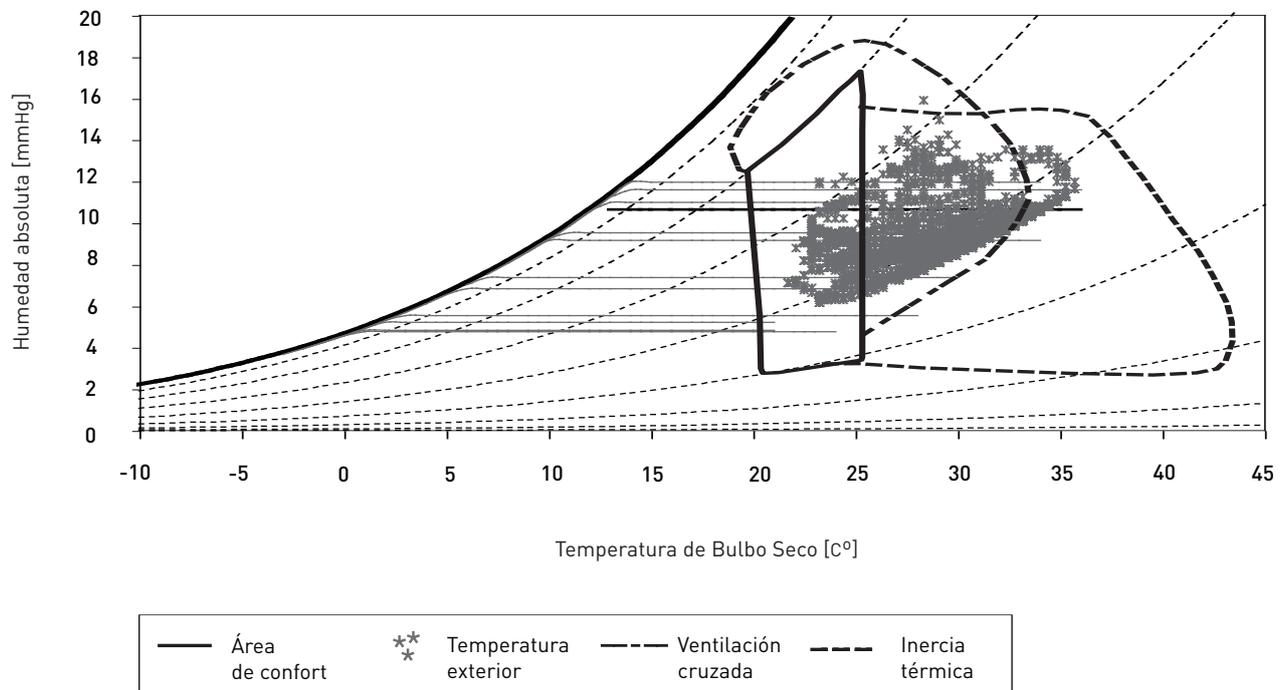


Figura 10
 Carta bioclimática con análisis de confort para el mes de julio y diciembre de 2008.

lación cruzada (aberturas de tamaño y orientación suficiente) en combinación con la tecnología de la quincha.

Conclusiones

Las construcciones con quincha tienen un comportamiento térmico similar a las construcciones tradicionales de ladrillón, con la diferencia del espesor del muro: 0,075 m de quincha comparado con 0,20 m del ladri-

llón. Las propiedades de la quincha son posibles debido a la combinación de barro, que otorga inercia térmica, con la caña hueca, cuyo aire confinado actúa como aislante con respecto a las diferencias de temperatura exterior. Todo esto ayuda a mantener temperaturas de confort suficientes. El comportamiento térmico de la quincha en las diferentes zonas bioclimáticas de la región Centro – Oeste de Argentina es favorable, tanto para la época invernal como estival, mostrando valores de amplitud tér-

Tabla 3
Datos de temperaturas medias y de irradiación global para cada localidad.

	Chilecito		Córdoba		Malargüe	
	jul.	dic.	jul.	dic.	jul.	dic.
H _{glo} [kWh/m ²]	2,50	5,50	2,50	6,00	2,00	7,50
T° max. media [°C]	16,70	31,60	17,30	29,10	11,20	27,00
T° media [°C]	9,10	23,30	9,60	23,00	3,40	19,10
T° min. media [°C]	2,10	16,10	3,50	16,90	-2,80	10,10

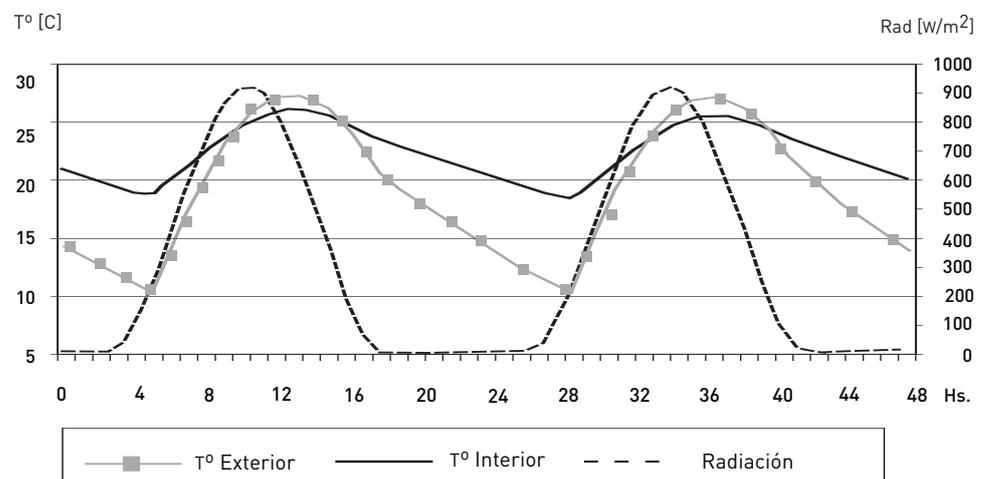
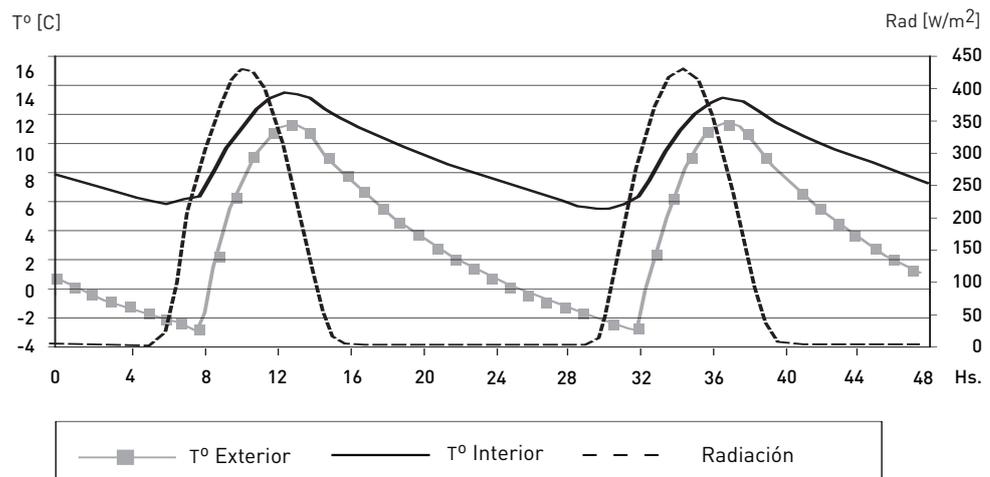


Figura 11
Respuesta de la simulación para Malargüe. Época invernal julio - época estival diciembre.

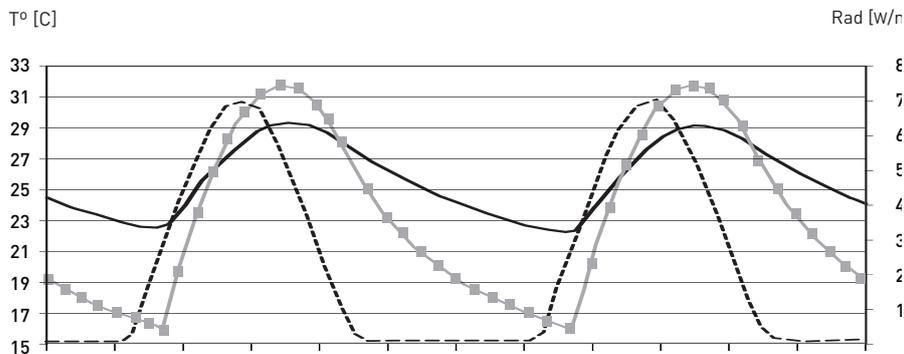
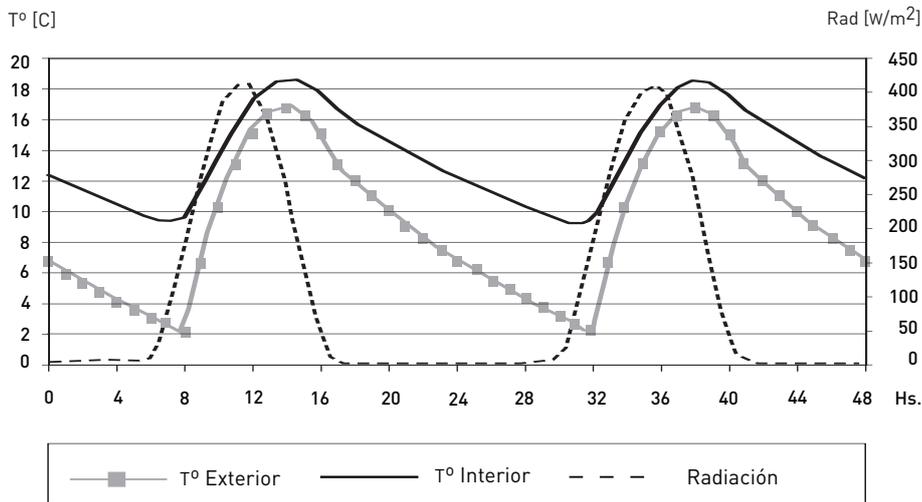


Figura 12
Respuesta de la simulación
para Chilecito. Época invernal
julio - época estival diciembre.

mica interior del orden de los 9°C y 7°C respectivamente, lo cual es muy deseable si se considera la amplitud térmica exterior para los mismos casos es de 14°C y 16°C. Siendo necesario en estos casos, dada la rigurosidad de los climas invernales, recurrir al uso de calefacción auxiliar para lograr las temperaturas de confort.

Reflexiones y comentarios finales. La quincha como opción en la producción de vivienda

La vivienda es un derecho reconocido por diversas instituciones y organizaciones alrededor del mundo, y condición necesaria para el desarrollo de la vida humana. Si esta morada es deficitaria, ese desarrollo no tendrá posibilidades de ser armónico y generará situaciones de exclusión social:

El déficit habitacional crea problemas de carácter económico, político, social y cultural. Los miles de argentinos que viven

hacinados en villas miserias y taperas son prueba suficiente. Pueden ocasionar delincuencia, resentimiento, y ser factor de violencias y extremismos. (Civit Evans 2007)

El déficit habitacional en el área de estudio, Mendoza, es de aproximadamente 120.000 casas, valor que podría disminuir si se generan tecnologías alternativas posibles socialmente, tales como podría ser la de la quincha. La tecnología mixta de construcción con caña y barro es una posible solución habitacional a ser implementada de manera multisectorial y que, con el apoyo estatal, puede ser llevada a aquellos sectores poblacionales donde la pobreza está vigente, y también en aquellos de zonas periurbanas y rurales donde otras tecnologías constructivas, como la del ladrillo y el hormigón, no son una opción, ya que el flete está fuera de su alcance económico.

En el caso de la época estival, se puede evitar que la capacidad aislante de la quincha juegue un papel desfavorable, teniendo en cuenta las normas básicas de refrigeración de las vivien-

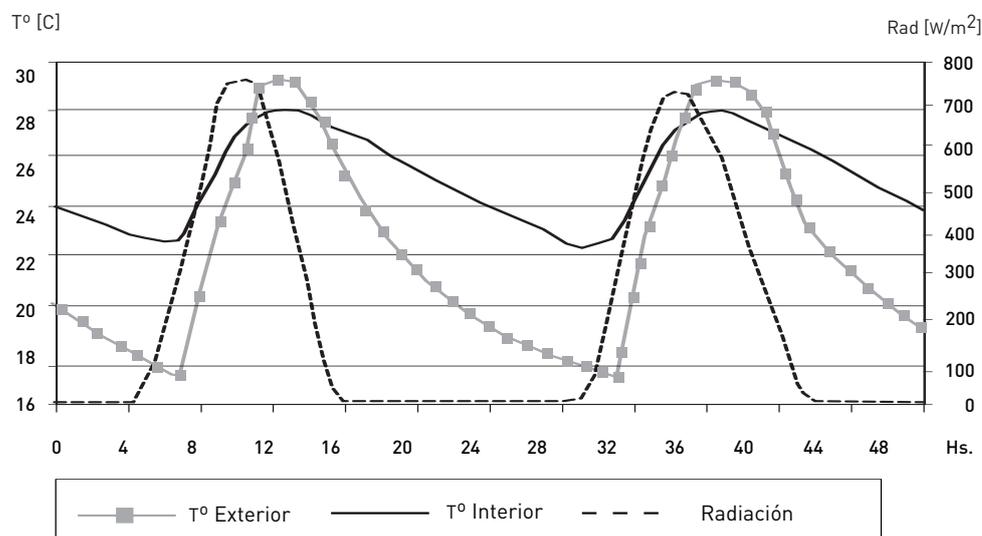
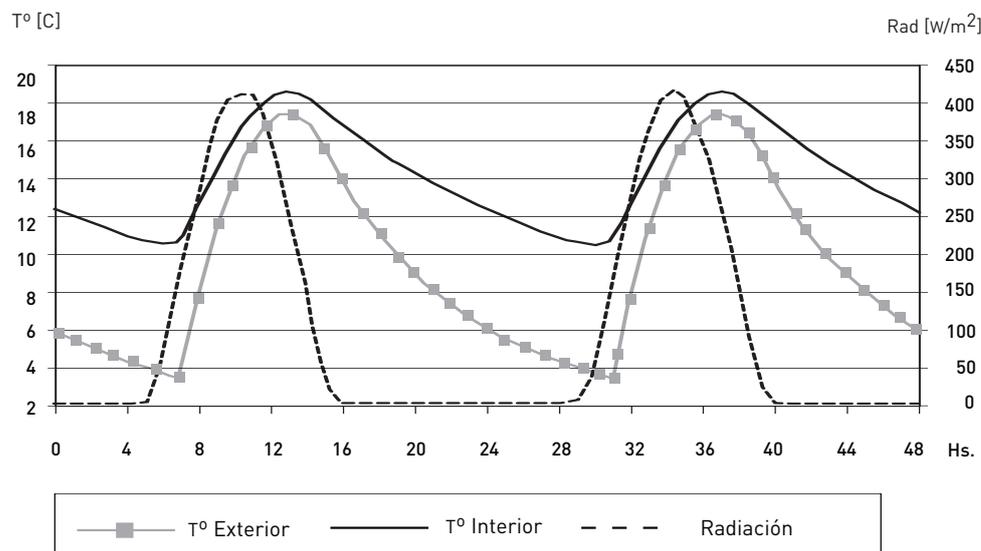


Figura 13
 Respuesta de la simulación para Córdoba. Época invernal julio - época estival diciembre.

das para verano. Una de las cuales es la ventilación cruzada nocturna, permitiendo que el aire fresco de la noche arrastre el aire caliente y enfríe la masa, y luego durante las horas de más calor, con el cerramiento de los aventanamientos se impide la entrada del aire caliente, manteniendo el interior más fresco.

El potencial de la construcción con quincha para nuestro país es alto, si se analizan tanto las posibilidades de su desarrollo y normalización, como así también el hecho que los sectores en situación de pobreza aún llegan casi al 50% de la población. La tecnología de la quincha tiene además un valor histórico-cultural, dado que fue y es utilizada en las arquitecturas populares. Los entramados embarrados y revocados son parte de las técnicas y sistemas constructivos del hábitat popular de distintas regiones de Argentina: desde la quincha simple con una cara embara-

rrada usada por los pastores del altiplano y en las quebradas del Noroeste y Cuyo, a los “enchorizados” de la zona pampeana y delta, y a los entramados con esqueletos más gruesos del litoral. También son conocidos algunos entramados aplicados en la resolución de cubiertas, tales como las quinchas de los cupulines de oratorios y pequeñas iglesias de adobe, y la habitual torta de barro con caña hueca de apoyo.

En base a lo mencionado, se puede decir que la quincha presenta una opción actual en el campo de la *producción social del hábitat* en Argentina en general y en Mendoza en particular. Y no es menor la consideración de que en las zonas afectadas por sismos, como lo es la de Cuyo, los sistemas de entramado permiten soluciones con mejor comportamiento sismorresistente comparados, por ejemplo, con las mamposterías confinadas ■

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CIVIT EVANS, Edgardo. 2007. "Tremendo crecimiento del déficit habitacional", *Diario Los Andes*.
<http://www.losandes.com.ar/notas/2007/12/7/opinion-250570.asp> [mayo de 2009].

———. 2008. "El problema de la vivienda en Mendoza", *Diario Los Andes*.
<http://www.losandes.com.ar/notas/2008/12/2/opinion-254814.asp> [mayo de 2009].

FERNÁNDEZ, José Esteban, Alfredo ESTEVES, Gustavo OVIEDO y Fernando BUENANUEVA. 2005. "La quincha, una tecnología alternativa eficiente para la auto construcción. Aspectos educativos", *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 9, 25-29.

FLORES LARSEN, Silvana y Graciela LESINO. 2001. "Modelo térmico del programa Simedif de simulación de edificios", *Energías renovables y medio ambiente*, 9, 15-24.

GIVONI, Baruch. 1969. *Man, Climate and Architecture* (Nueva York: Elsevier Publishing Company Limited).

GROSSI GALLEGOS, Hugo. 1998. "Distribución de la radiación solar global en la República Argentina II. Cartas de radiación", *Energías renovables y medio ambiente*, 5, 33-42.

HAYS, Alain y Silvia MATUK. 2003. *Técnicas mixtas de construcción con tierra* (Villefontaine: Ed. Coordinación de Proyecto XIV, 6, Proterra del CYTED).

INDEC. Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Dirección Nacional de Políticas Habitacionales. 1991-2001. <http://www.indec.gov.ar> [febrero de 2009].

KROFF, Bettina. 2003. "Prefacio", en Rubén O. Chiappero y María C. Supisiche *Arquitectura en tierra cruda* (Buenos Aires: Nobuko), 7.

LESINO, Graciela y Silvana FLORES LARSEN. 2000. "Simedif para Windows", *Avances en energías renovables y medio ambiente* (AVERMA), 4, 53-58.

MERCADO, María Victoria y Alfredo ESTEVES. 2006. "Muro solar pasivo en viviendas construidas con quincha", *Avances en energías renovables y medio Ambiente*, 10, 107-114.

SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL. Período 1991-2000. "Estadísticas climatológicas", en <http://www.smn.gov.ar> [febrero de 2009].

TERRA.ORG. 2005. "Recuperar lo ancestral en un mundo en crisis", *Construir con tierra*, <http://www.terra.org/articulos/art01192.html> [febrero de 2009].

RECIBIDO: 31 julio 2009.
ACEPTADO: 10 mayo 2010.

CURRÍCULUM

GUADALUPE CUITIÑO es ingeniera civil recibida en la Universidad Tecnológica Nacional (UTN-FRSR), becaria tipo I del CONICET y estudiante del doctorado de Ciencias Exactas con especialidad en energías renovables.

ALFREDO ESTEVES es ingeniero industrial (UNC). Está diplomado como proyectista e instalador de sistemas de energía solar en Sevilla-España, es investigador independiente del CONICET, docente en la Facultad de Arquitectura y de la Facultad de Ciencias Agrarias (UNC). Ha sido miembro de jurados en concursos y congresos nacionales e internacionales y ha publicado numerosos trabajos respecto del uso de energía solar en el hábitat humano.

GRACIELA MALDONADO es doctora en Ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional y directora del Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción, Sismología e Ingeniería Sísmica (CEREDETEC). Ha realizado numerosos trabajos de investigación y servicios respecto de la construcción sismorresistente.

RODOLFO ROTONDARO es arquitecto con título de magíster del Centro Internacional de la Construcción en Tierra (CRATERRE). Asimismo es investigador independiente del CONICET y profesor adjunto de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires. Ha publicado numerosos trabajos y dirigido varios proyectos respecto del uso de tierra en la construcción.

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

E-mail: gcutino@lab.cricyt.edu.ar / aesteves@lab.cricyt.edu.ar

Centro Regional de Desarrollos Tecnológicos para la Construcción, Sismología e Ingeniería Sísmica (CEREDETEC).
Rodríguez 273, Mendoza, Argentina

Tel.: (0261) 4239119, int. 151-152
E-mail: ngm@frm.utn.edu.ar

Centro Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires (FADU-UBA).
Ciudad Universitaria, Pab. III, 4º Piso, Buenos Aires, Argentina

Tel.: (011) 4789-6270
E-mail: rotondarq@telecentro.com.ar