

4.3 Análisis del comportamiento térmico de muros de quincha. Guadalupe Cuitiño/ Alfredo Esteves/ Rodolfo Rotondaro

Guadalupe Cuitiño¹; Alfredo Esteves²; Rodolfo Rotondaro³

^{1,2}Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (LAHV), (INCIHUSA) CCT – Conicet – Mendoza

Tel: 261-5244310. gcuitino@mendoza-conicet.gov.ar, aesteves@mendoza-conicet.gov.ar

³ Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo – UBA. Tel.: (11) 4789-6270. E-mail: rotondarq@telecentro.com.ar

Palabras claves: Tecnología constructiva de quincha, propiedades térmicas, transmitancia térmica, paneles de quincha.

Resumen

Se midió la transmitancia térmica en cuatro paneles de quincha de 0,56 m x 0,56 m x 0,094 m de espesor, entre ambas superficies, mediante el método de placa caliente, dando una transmitancia térmica de 2,64 W/m²K. También se midió incorporando en el alma del panel una placa de poliestireno expandido de 5 mm de espesor, dando un valor de 2,02 W/m²K. Al agregar las resistencias superficiales a éstos valores se obtiene la transmitancia térmica global, resultando para el panel 1,82 W/m²K y de 1,51 W/m²K con el agregado de poliestireno expandido. Este último cumpliría con el requisito de la Norma IRAM 11605, de ser menor a la transmitancia global mínima para invierno de 1,61 W/m²K para zonas con temperatura exterior de diseño entre 0°C y -3°C, y para zonas bioclimáticas con temperaturas de diseño menores a -3°C son necesarias mejoras térmicas en los muros de quincha, como podría ser el agregado de mayor espesor de poliestireno expandido, para que verifique el nivel C de transmitancia térmica mínima. También se muestra cómo calcular el espesor necesario en función de la transmitancia térmica mínima para cada zona climática.

1. INTRODUCCIÓN

Se presenta un trabajo que se encuentra en el marco de la tesis doctoral 'Arquitectura en zonas sísmicas. Estudio energético, ambiental y técnico económico de construcciones sustentables con quincha', donde se analizó la respuesta térmica de los cerramientos verticales de las viviendas construidas con quincha, para poder determinar si son aptas térmicamente para construir en las diferentes regiones bioclimáticas de la Argentina.

La respuesta térmica de una vivienda tiene una importante influencia sobre las personas que la habitan, es esencial que la habitabilidad en el interior de la vivienda sea la adecuada para lograr el confort térmico necesario y proporcionar una mejora en la calidad de vida de quienes la habitan.

La envolvente de la vivienda es la que proporciona, en la mayoría de los casos, la aislación térmica principal del exterior, en particular la envolvente vertical resulta importante, dado que genera una transferencia de calor por radiación importante con los ocupantes del ambiente interior. En muchos casos el ítem térmico, se ve relegado al momento de construir, debido a que cobra más importancia temas como: costo económico, la resistencia de los materiales o la durabilidad.

Las viviendas construidas con quincha, en esta zona de Argentina, emplean un sistema constructivo que consiste en una estructura independiente principal de madera de

álamo (*Populus nigra*) de sección circular, con cerramientos de caña de Castilla (*Arundo donax*) y morteros de barro con fibras en la proporción indicada por Cuitiño et al (2009), y un techo liviano de caña con aislación hidrófuga y un capa de 7 cm de espesor, de hormigón alivianado con pomeca. En general son cerramientos de poco espesor (7,5 cm a 10 cm) comparado con la construcciones tradicionales de ladrillón del Centro-Oeste de Argentina, cuyo espesor mínimo por normas es de 20 cm.

En la Tabla 1, se muestran comparativamente los valores de conductividad térmica de los materiales más empleados para la construcción de viviendas. Se observa que la conductividad térmica de los muros de quincha prefabricada, de tierra comprimida o tapial, de bloque de tierra comprimida (BTC) y de adobe son menores a la que presentan los muros de hormigón y de ladrillo.

Se puede decir que los primeros son mejores aislantes, siendo que la transmitancia térmica de un muro de quincha de 10 cm de espesor es de 1,72 W/m²K, mientras que para un muro de hormigón, de igual espesor, la transmitancia sería 16,39 W/m²K, lo cual es considerablemente mayor, y si se pretende tener una transmitancia similar a la del muro de quincha, sería necesario trabajar con un muro de hormigón con un espesor de 95 cm, lo que se traduce en una mayor inversión.

Tabla 1 – Conductividad térmica de los materiales.

Material	Densidad [kg/m ³]	Conductividad [W/mK]
Tapial (Bestraten et al, 2011)	1400	0,60
BTC (Bestraten et al, 2011)	1700	0,81
Adobe (Bestraten et al, 2011) (Heathcote, 2011) (Blondet et	1200	0,46
	1650	0,82
	750	0,20

Balas de paja (Goodhew; Griffiths, 2005)	60	0,067
Quincha prefabricada (Hays; Matuk, 2003)	1289	0,17
Hormigón normal (IRAM 11601, 2002)	2400	1,63
Pared de ladrillo macizo (IRAM 11601, 2002)	1800	0,91

En el trabajo realizado por Estev es el at (2003), se indica que la resistencia térmica de una fila de cañas de Castilla contiguas de 20 mm de diámetro es de 0,209 m²K/W, que es equivalente a una placa de poliestireno expandido de 7 mm de espesor. Hays y Matuk (2003) indican la transmitancia térmica de la quincha prefabricada, cuando las mismas se encuentran formando una especie de encofrado, es decir, colocando las cañas contiguas una al lado de la siguiente.

Debido a que la conformación de los muros de quincha del presente trabajo es diferente, debido a que las cañas se disponen formando un enrejado, dejando espacios de 20 mm entre ellas, los valores anteriores no pueden ser aplicados para determinar la transmitancia térmica entre superficies de los muros de quincha, desarrollados en la

presente investigación. Por lo tanto, y al existir escasa bibliografía que considere los aspectos constructivos específicos de esta tecnología, resulta necesario realizar mediciones experimentales de la transmitancia térmica en muestras de paneles de quincha construidas a escala y obtener valores certeros de su comportamiento, y de esa forma poder optimizarla para su aplicación en diferentes regiones, si se quiere que la tecnología cumpla las normas IRAM, de cada vez mayor aplicación en los planes de vivienda.

En el presente trabajo se evalúa el comportamiento térmico de los muros de quincha tradicionales y en muros de quincha con mejoras térmicas, para que puedan ser empleados en las diferentes zonas bioambientales de la Argentina.

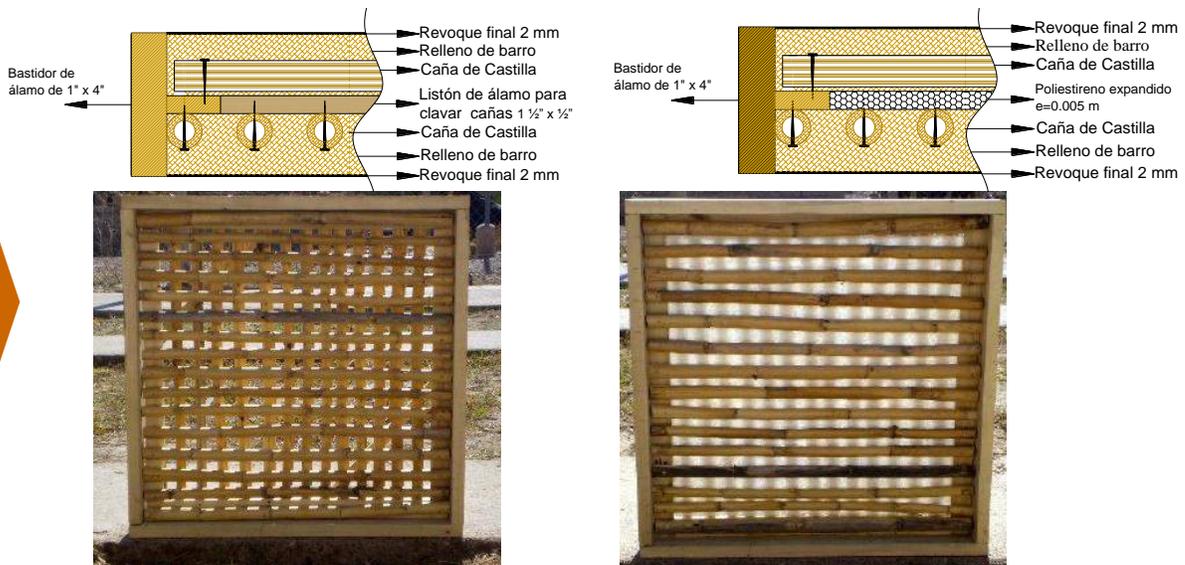
2. METODOLOGÍA

2.1. Armado de los paneles de quincha

Para la evaluación térmica se construyeron cuatro paneles de 0,56 m x 0,56 m x 0,094 m de espesor. En la Figura 1, se aprecian las estructuras de dos de los paneles de quincha construidos, que consisten en un bastidor de álamo de 1" x 4", al mismo se le clavó en el interior un listón de álamo de 1 1/2" x 1/2", en forma equidistante de los bordes. Sobre este listón se clavaron las cañas de ambos lados con un entramado de 16 cañas en el sentido longitudinal en una cara y 15 cañas en el sentido trans-

versal en la otra cara, siendo los diámetros exteriores de las cañas entre 16 mm y 25 mm. Es importante indicar que las cañas fueron previamente perforadas para evitar que el clavo la fisurara en el borde, lo cual genera menor resistencia mecánica del panel. Ados de los paneles se le agregó una placa de poliestireno expandido en la zona media (Figura 1), para generar una menor transmitancia térmica, tratando de mejorar sus condiciones térmicas para ser aplicable a zonas más frías.

Figura 1 – Armado de los paneles de quincha sin y con aislamiento térmico para su posterior llenado con barro.



Luego se procedió a realizar el relleno de los paneles. La mezcla empleada fue estudiada con anterioridad para lograr un comportamiento óptimo, donde no existieran problemas de fisuración excesiva por retracción del suelo. Se utilizó suelo extraído de Salto de las Rosas, San Rafael, Mendoza, más un agregado del 20% del peso del suelo original en arena y el 1,5% del peso total de mezcla de barro en fibra vegetal (Cuitiño et al, 2012).

En la Figura 2, se muestra cómo quedan los paneles terminados una vez que se rellenan ambas caras con la mezcla de barro y el revoque final es de arena, arcilla y cal, realizado para ajustar bien la superficie que van a recibir las placas de la máquina de ensayos. Cabe destacar que se ha tratado de reproducir lo más fielmente posible la forma de construir que se aplicaría a una vivienda.



Figura 2 – Paneles de quincha rellenos con barro y revocados para conformar una superficie bien lisa para el ensayo.

2.2. Determinación de la transmitancia térmica.

La medición de la transmitancia térmica de los cuatro paneles de quincha, se hizo por medio del sistema de placa caliente normalizado (ISO 8302, 1991; ASTM C177, 1997; IRAM 11559, 1995). Para el ensayo es necesario disponer horizontalmente los dos paneles de quincha entre los cuales se coloca una placa caliente, luego se agrega

una placa fría arriba de la muestra superior y otra placa fría debajo de la muestra inferior. Finalmente, se procedió a aislar todo el perímetro de las muestras, como se observa en la Figura 3, para evitar las pérdidas por la periferia durante el desarrollo del ensayo.



Figura 3 – Disposición de los paneles en las máquinas de placa caliente en el INTI para el ensayo de transmitancia térmica.

En la Tabla 2, puede observarse el rango de temperaturas medias de la placa caliente con las cuales se trabajó para la determinación de la transmitancia térmica. Para el caso de la placa caliente, la temperatura media fue aproxi-

madamente de 37°C y en el caso de la placa fría fue de alrededor de 13°C. Los espesores de los paneles no presentan variaciones.

Tabla 2 – Temperaturas de las placas en los ensayos de los paneles

	Panel sin aislación	Panel con aislación
Temperatura de placa caliente	37,0°C ± 0,1°C	37,2°C ± 0,1°C
Temperatura de placa fría superior	13,2°C ± 0,1°C	13,2°C ± 0,1°C
Temperatura de placa fría inferior	12,9°C ± 0,1°C	13,2°C ± 0,1°C
Espesor panel superior	0,0947 m ± 0,0001 m	0,0941 m ± 0,0001 m
Espesor panel Inferior	0,0943 m ± 0,0001 m	0,0938 m ± 0,0001 m
Tensión suministrada	11,74 V ± 1%	
Corriente suministrada	1,05 A ± 1%	
Factor de calibración	0,985	

A partir de los datos de tensión y corriente suministrados, se determina la potencia térmica (Q) a la que estuvieron sometidos los paneles de acuerdo a la ecuación 1:

$$Q = V \times I \times N \quad [\text{Ec.1}]$$

Donde:

- Q: Potencia térmica [W]
- V: Tensión suministrada [V]
- I: Corriente suministrada [A]
- N: Factor de calibración del equipo de placa caliente: 0,985

Aplicando los valores obtenidos durante el ensayo, en la ecuación 2, y asumiendo que la transmitancia térmica (k)

es la misma para ambos paneles, se despeja y se obtiene por medio de la Ecuación 3 el valor experimental de transmitancia térmica entre superficies de los paneles de quincha.

Aplicando la Ley de Fourier:

$$Q = \left[\frac{k_1 * A * \Delta T_1}{e_1} + \frac{k_2 * A * \Delta T_2}{e_2} \right] * \frac{1}{e_m} \quad [\text{Ec.2}]$$

$$k = \frac{Q}{A * e_m} * \left[\frac{e_1 * e_2}{\Delta T_1 * e_2 + \Delta T_2 * e_1} \right] \quad [\text{Ec.3}]$$

Donde:

- Q: Potência térmica [W]
- k_{1-2} : Transmitancia térmica del panel superior e inferior, respectivamente [W/m²K]
- A: Área de la placa caliente: 0,3048 m x 0,3048 m = 0,0948 m²
- ΔT_{1-2} : Diferencia de temperatura entre panel superior y el panel inferior [°C]
- e_{1-2} : Espesor del panel superior e inferior [m]
- e_m : Espesor promedio de los paneles de quincha: 0,0947 m

En la Tabla 3, se indican los resultados obtenidos a partir de la ecuación 3. Se observa una transmitancia térmica de 2,64 W/m²K en el caso de los paneles tradicionales sin agregado de poliestireno, y para el caso de los paneles con el agregado de poliestireno expandido hay una disminución del 23,5% en el valor de la transmitancia térmica obteniéndose un valor de 2,02 W/m²K.

Tabla 3: Respuesta térmica de los paneles de quincha

Designación	Condiciones Ambientales		Respuesta térmica	
	Temperatura ambiente	humedad relativa	Transmitancia Térmica	Resistencia Térmica
Panel 1 – 2	24 °C	53 %	2,64 W/m ² K	0,38 m ² K/W
Panel 3 – 4	23,5 °C	63 %	2,02 W/m ² K	0,49 m ² K/W

El valor de transmitancia térmica entre ambas superficies de 2,64 W/m²K puede ser comparado con el valor

obtenido en forma analítica en el trabajo realizado por Fernández et al (2004), cuyo cálculo de transmitancia térmica, en un panel de quincha de 0,075 m de espesor, es de 2,32 W/m²K, ambas respuestas térmicas presentan cierta similitud. Si se lo relaciona con el valor de transmitancia térmica de un muro de ladrillo revocado en ambas caras de un espesor de 0,20 m, cuya transmitancia térmica es de 2,40 W/m²K (Norma IRAM 11601, 1996) o con la de un muro de adobe de 0,30 m de espesor cuyo K= 1,43 W/m²K (Bestraten et al; 2011), se puede concluir que todos ellos poseen una respuesta térmica muy similar, aunque los muros de quincha tienen la ventaja de requerir un espesor de muro mucho menor para lograr iguales condiciones térmicas y además se emplean materiales reciclables que se encuentran en la naturaleza.

También se puede observar, que los valores de transmitancia térmica mejoran cuando al panel se le agrega la placa de poliestireno expandido. En este caso, el espesor de la placa de poliestireno expandido fue sólo de 0,005 m de espesor, pero el valor de K= 2,02 W/m²K se podría disminuir aún más con un espesor mayor de aislante térmico y esto permitiría emplear esta misma tecnología en climas más rigurosos.

3. APLICACIÓN DE LOS MUROS DE QUINCHA EN ARGENTINA

Las normas IRAM, en la serie 11600 expresan valores térmicos para cerramientos edificios con el fin de generar ahorros de energía. Particularmente en la IRAM 11605 (1996) se expresan las transmitancias térmicas en función de las distintas zonas bioclimáticas y para tres niveles de exigencia. Resulta interesante observar en qué zonas sería posible utilizar la tecnología de quincha, tomando en cuenta el Nivel C de la Norma 11605, exigido por el Progra-

ma de Crédito Argentino 'PRO.CRE.AR', destinado a la construcción de nuevas viviendas.

Para la evaluación térmica de los muros de quincha, se verifican los valores máximos admisibles de transmitancia térmica (K) para la época de invierno, según las diferentes zonas bioclimáticas de la Argentina, de acuerdo a las normas IRAM 11601 (2002), IRAM 11603 (2012) e IRAM 11605 (1996).

Del producto del espesor promedio del muro de quincha por su transmitancia térmica se determinó la conductividad térmica sin poliestireno expandido 0,25 W/mK y con poliestireno expandido 0,19 W/mK. Luego, haciendo uso de los valores de resistencia térmica superficial exterior 0,13 m²K/W e interior 0,04 m²K/W, dados en la Tabla 2 de la Norma IRAM 11601 (2002), se obtuvieron los valores de **transmitancia térmica global**, mostrados en

la Figura 4, donde para el caso del muro de quincha tradicional el K_{global} es 1,82 W/m²K y para el caso del muro con la aislación el K_{global} es 1,51 W/m²K.

Con estos datos se realiza el análisis para verificar si los muros de quincha cumplen el requisito de transmitancia térmica global en las diferentes zonas bioclimáticas de la Argentina.

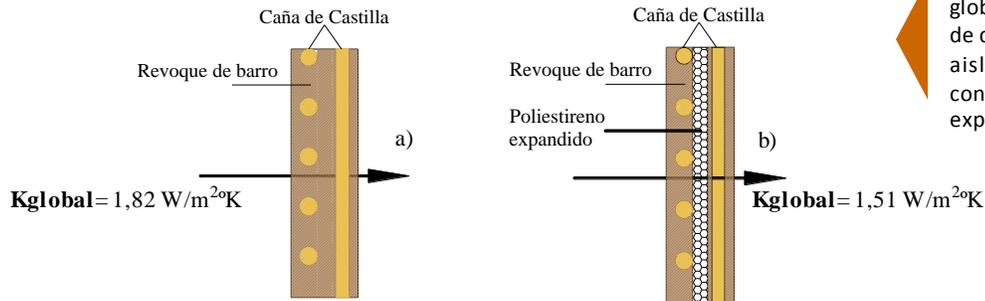


Figura 4 – Valores de transmitancia térmica global de los paneles de quincha sin aislación térmica (a) y con poliestireno expandido (b).

3.1. Análisis de casos

En la Argentina, existen localidades que tienen diferentes temperaturas exteriores de diseño T_{ed} , para la estación de invierno de acuerdo a su situación geográfica. Estos valores se encuentran reflejados en la Norma IRAM 11603. Con estos datos se puede obtener los valores de $K_{max,adm}$ en muros, para el nivel de confort higrotérmico mínimo (nivel C), expresados en IRAM 11605 (1996).

En la Tabla 4, se puede apreciar que en las localidades con temperatura de diseño mayor a 0°C, verifican los valores mínimos de transmitancia térmica de los muros de quincha, nivel C, lo cual representa una opción alternativa para la autoconstrucción de la vivienda.

Tabla 4 – Localidades que verifican el nivel mínimo de transmitancia térmica de muros de quincha

Provincia	Temp. ext. de diseño (invierno)	Valores de $K_{max, adm}$ para invierno		Transmitancia térmica de muros de quincha	
		Medio (B)	Nivel mínimo (C)	Normal	Con poliestireno expandido
Buenos Aires	3,10	1,00	1,85	Si	Si
Catamarca	1,30	1,00	1,85	Si	Si
Córdoba	1,30	1,00	1,85	Si	Si
Corrientes	7,60	1,00	1,85	Si	Si
Resistencia-Chaco	5,90	1,00	1,85	Si	Si
Paraná-Entre Ríos	3,50	1,00	1,85	Si	Si
Formosa	7,70	1,00	1,85	Si	Si
Jujuy	0,20	1,00	1,85	Si	Si
La Rioja	0,40	1,00	1,85	Si	Si
Posadas-misiones	6,90	1,00	1,85	Si	Si
Stgo. del Estero	2,10	1,00	1,85	Si	Si
Tucumán	2,20	1,00	1,85	Si	Si
Oliveros-Santa Fé	1,30	1,00	1,85	Si	Si
Orán - Salta	4,9	1,00	1,85	Si	Si

Se observa en la Tabla 5, que para el caso en que las temperaturas mínimas de diseño que se encuentren entre 0°C y -3°C, verifican los valores mínimos de transmitancia

térmica utilizando muros de quincha con agregado de poliestireno expandido de 0,005 m de espesor.

Tabla 5- Localidades que verifica el nivel mínimo de muros de quincha con aislación

Provincia	Temp. ext. de diseño (invierno)	Valores de $K_{max adm}$ para invierno		Transmitancia térmica de muros de quincha	
		Medio (B)	Nivel mínimo (C)	Normal	Con poliestireno expandido
Cdro Rivadavia-Chubut	-1,10	0,99	1,74	No	Si
Santa Rosa-La Pampa	-2,70	0,93	1,61	No	Si
Mendoza	-1,00	0,99	1,75	No	Si
San Juan	-1,50	0,97	1,71	No	Si
San Luis	-0,70	0,99	1,78	No	Si

La inclusión de un material aislante térmico, que en este caso es el poliestireno expandido, pero podría ser otro (polietileno espumado, espuma de poliuretano expandido, u otros de origen natural como paja, caña etc.), permite ampliar la zona de aplicación de la tecnología de quincha con todas las ventajas derivadas (menor costo, uso de materiales naturales, menores emisiones por construcción, etc) y otorgando soluciones que además cumplen con la normativa vigente.

Por último, en las localidades en que las temperaturas de diseño para invierno son menores a los -3°C , ninguna de las dos variantes de los muros de quincha verifican los valores mínimos de transmitancia térmica, estos valores se ven reflejados en la Tabla 6. Se puede recurrir a dos soluciones, se puede aumentar el espesor de muro y de esta forma la masa térmica o también se puede aumentar la aislación de poliestireno expandido.

Tabla 6 – Localidades que no verifican el nivel mínimo de transmitancia térmica de muros de quincha

Provincia	Temp. ext. de diseño (invierno)	Valores de $K_{max adm}$ para invierno		Transmitancia térmica de muros de quincha	
		Medio (B)	Nivel mínimo (C)	Normal	Con poliestireno expandido
Neuquén	-4,50	0,98	1,48	No	No
Bariloche-Río Negro	-5,60	3,80	1,41	No	No
Río Gallegos-Santa Cruz	- 6,10	0,78	1,38	No	No
Ushuaia	-5,50	0,81	1,42	No	No

3.2. Calculo del espesor necesario en función de la transmitancia térmica exigida

Una mejora que se puede pensar, para que verifiquen los valores de transmitancia térmica, es aumentar el espesor de los muros de quincha, sin el uso de poliestireno expandido. Para lo cual tomaremos el valor de $K_{max adm} = 1,61 \text{ W/m}^2\text{K}$, perteneciente a Santa Rosa - La Pampa,

debido a que es la localidad cuyo valor de $K_{max adm}$ es el menor de los considerados. A partir de la ecuación 4, correspondiente a la resistencia térmica de los muros, se puede obtener el espesor necesario de muro de quincha, para que verifiquen todas las localidades mostradas en la Tabla 5.

$$R_{Total} = \frac{e_q}{\lambda_q} + R_{Sext} + R_{Sint} \quad [\text{Ec. 4}]$$

Donde:

e_q es el espesor de la pared de quincha [m]

λ_q = Conductividad térmica del muro de quincha [0,25 W/m K]

R_{Sext} =Resistencia térmica superficial exterior, IRAM 11.601 [0,13 $\text{m}^2 \text{K/W}$]

R_{Sint} =Resistencia térmica superficial interior, IRAM 11.601 [0,04 $\text{m}^2 \text{K/W}$]

Reemplazando los valores de resistencias térmicas, se obtiene que el máximo espesor, es de 11,7 m, se debe resolver constructivamente la inclusión de un bastidor de 11,7 cm de espesor en la estructura de quincha.

Si para Río Gallegos – Santa Cruz, se procede en forma análoga que para el caso de Santa Rosa, debido a que es la localidad cuyo valor de $K_{max adm} = 1,38 \text{ W/m}^2 \text{K}$ resulta ser el menor de los considerados, se determina que el espesor de muro necesario es de aproximadamente 0,14 m.

Se observa, que para zonas bioclimáticas más frías es necesario aumentar pocos centímetros el espesor de los muros para que se cumpla el requerimiento de transmitancia térmica mínima admisible, de la categoría C de la norma.

Si se deseara lograr una mayor aislación térmica del exterior y llegar a un nivel medio (Nivel B) de transmitancia térmica de los muros, haciendo uso de la ecuación 5, se puede determinar cual sería el espesor necesario para lograr que todas las localidades verifiquen un nivel medio de transmitancia térmica, para lo cual se debe hacer uso

del menor valor de $K_{\text{máx adm}} = 0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$ correspondiente a Río Gallegos, con lo cual obten un espesor de muro de 0,27m.

En el caso, en que no se desee aumentar demasiado el espesor de muro, pero si mantener el valor medio de transmitancia térmica de $0,78 \text{ W/m}^2\text{K}$, que equivale a una

resistencia térmica de $1,28 \text{ m}^2\text{K/W}$, se puede optar por aumentar el espesor de la aislación térmica de poliestireno expandido a 2 cm. A partir del empleo de la ecuación 5 obtenemos el espesor de muro con aislación térmica necesario, con el cual verifica el nivel medio (B) de K para todas las localidades argentinas, analizadas en este trabajo.

$$e_q = \left[R_{Nec} - \frac{e_{AT}}{\lambda_{AT}} - R_{Sext} - R_{Sint} \right] * \lambda_q \quad [\text{Ec. 5}]$$

Donde:

e_q = Espesor total de muro.

R_{nec} = Resistencia obtenida para Río Gallegos de $1,28 \text{ m}^2\text{K/W}$.

e_{AT} = Espesor de la aislación térmica de poliestireno expandido.

λ_{AT} = Conductividad térmica del poliestireno expandido.

R_{Sext} = Resistencia térmica superficial exterior, IRAM 11.601 [$0,13 \text{ m}^2 \text{ K/W}$]

R_{Sint} = Resistencia térmica superficial interior, IRAM 11.601 [$0,04 \text{ m}^2 \text{ K/W}$]

λ_q = Conductividad térmica del muro de quincha [0.25 W/m K]

Se puede apreciar que haciendo uso de 2 cm de aislación térmica de poliestireno expandido, se obtiene un muro de quincha de 0,13 m de espesor con una transmitancia térmica de $0,77 \text{ W/m}^2\text{K}$, lo que permitiría poder emplear los

muros de quincha en las diferentes zonas bioclimáticas de la Argentina, obteniéndose un nivel medio de confort higrótérmico para todas las localidades, según la Norma IRAM 11605 (1996).

4. CONCLUSIONES

El uso de la tierra como material de construcción tiene varias ventajas en cuanto a posibilidades de autoconstrucción, bajo costo energético incluido, uso de materiales reciclables y renovables, bajo costo de construcción sobre todo en las áreas rurales, donde el acceso a los materiales de construcción son limitados y bajo costo energético para su fabricación lo cual resulta interesante, a nivel macro, en estos momentos que se requiere disminuir los consumos energéticos.

El ensayo térmico de los muros de quincha presenta una transmitancia térmica de $2,64 \text{ w/m}^2\text{K}$ (resistencia térmica $0,38 \text{ m}^2\text{K/W}$), mientras que para los mismos muros con el agregado de una placa de poliestireno expandido de 5 mm de espesor la transmitancia térmica disminuyó a $2,02 \text{ W/m}^2\text{K}$ (resistencia térmica $0,49 \text{ m}^2\text{K/W}$). Los presentes valores permiten valorar la importancia térmica de esta construcción, respecto de un muro de ladrillos de 0,20 m de espesor con una transmitancia de $2,40 \text{ W/m}^2\text{K}$, con la ventaja que para los muros de quincha sólo se requiere la mitad de ese espesor para lograr condiciones térmicas similares.

Se puede apreciar que si se desea construir con la tecnología de quincha en las zonas bioclimáticas con temperatura exterior de diseño para invierno igual o mayor a 0°C , térmicamente verifican los muros de quincha sin la

incorporación de aislantes térmicos. Sin embargo para aquellas zonas con valores menores a los 0°C y hasta -3°C de temperatura exterior de diseño, la incorporación de 5 mm de poliestireno expandido y 10 cm de espesor de muro de quincha, permite emplear el muro según normas. Sin la incorporación de ésta capa, el espesor de la quincha debería subir hasta 11,7 cm.

Para el caso de localidades más frías, se puede recurrir a una de las dos soluciones planteadas en el presente trabajo, o aumentar el espesor de los muros de quincha o aumentar el espesor de poliestireno expandido. En el caso extremo de la localidad de Río Gallegos, el espesor de quincha sin poliestireno expandido debe crecer a 0,27 m para mantenerse dentro del nivel C de la norma. También se puede lograr un nivel B, con un espesor de 13 cm totales pero incorporando 2 cm de poliestireno expandido en su interior. Ambas opciones son viables, quedando a criterio del dueño de la vivienda la opción que crea más aceptable.

Como ampliación del estudio del comportamiento térmico de los muros de quincha, en estudios futuros se estudiará el riesgo de condensación superficial e intersticial en los muros, para asegurar que no existirá, tomando en cuenta las temperaturas y humedad relativa de diseño expresadas en la norma IRAM 11625 (2000).

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

American Society for Testing and Materials (1997). ASTM C177. Standard test method for steady – State heat flux measurements and thermal transmission properties by means of the guarded hot plate apparatus.

Bestraten, S; Hormias, E; Altemir, A. (2011). Construcción con tierra en el siglo XXI. *Informes de la Construcción*. 63 (523): 5-20. ISSN: 0020-0883.

Blondet, M; Vargas, J; Tarque, N; Iwaki, C. (2011). Construcción sismorresistente en tierra: la gran experiencia contemporánea de la Pontificia Universidad Católica del Perú. *Informes de la Construcción*. 63 (523): 41-50. ISSN: 0020-0883

Cuitiño, G; Esteves, A; Rotondaro, R; Maldonado, G. (2009). Análisis económico comparativo de soluciones habitacionales alternativas con quincha respecto de las construcciones tradicionales. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 13. Argentina. ISSN 0329-5184.

Cuitiño, G; Esteves, A; Rotondaro, R; Maldonado, G. (2012). Clasificación y estudio experimental del comportamiento de suelos mendocinos para la construcción de quinchas. *XII Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra-Conferencia Mundial de Conservación de la Arquitectura de Tierra*.

Esteves, A; Ganem, C; Fernández, E; Mitchell, J. (2003). Thermal insulating material for low-income housing". *20th Conference on Passive and Low Energy Architecture*, Santiago de Chile: Ed. en Cd: art.11.

Fernández, E; Esteves, A. (2004). Conservación de energía en sistemas autoconstruidos. El caso de la quincha mejorada. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Vol. 8, Nº 1. p.121-125. Salta. Argentina.

Goodhew, S; Griffiths, R. (2005). Sustainable earth walls to meet the buildings regulations. *Energy and Buildings*. 37: 451-459.

Hays, A; Matuk, S. (2003). Recomendaciones para la elaboración de normas técnicas de edificación con técnicas mixtas de construcción con tierra. En: *Técnicas mixtas de construcción con tierra*. Proyecto XIV.6. HABYTED Subprograma XIV – Tecnología para Viviendas de Interés Social.

Heathcote, K. (2011). The thermal performance of earth buildings. *Informes de la Construcción*. 63 (523): 117-126. ISSN: 0020-0883.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (1995). IRAM 11559. Acondicionamiento térmico. Determinación de la resistencia térmica y propiedades conexas en régimen estacionario. Método de la placa caliente con guarda. Buenos Aires: IRAM

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2002). IRAM 11601. Aislamiento térmico de edificios. Método de cálculo – Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. Buenos Aires: IRAM

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2012). IRAM 11603. Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires: IRAM.

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (1996). IRAM 11605. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. Buenos Aires: IRAM

Instituto Argentino de Normalización y Certificación. (2000). IRAM 11625. Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Verificación del riesgo de condensación de vapor de agua superficial e intersticial en los paños centrales de muros exteriores, pisos y techos de edificios en general. Buenos Aires: IRAM

International Organization for Standardization. (1991). ISO 8302. Thermal insulation. Determination of steady-state thermal resistance and related properties – Guarded hot plate apparatus.

AUTORES

Guadalupe Cuitiño, Dra en Ciencias con especialidad en energías renovables – Universidad Nacional de Salta (2013). Ingeniera Civil - Universidad Tecnológica Nacional (20...). Actualmente becaria Posdoctoral de Conicet.

Alfredo Esteves, Dr. en Arquitectura – Universidad de Mendoza (2013). Ingeniero Industrial - Universidad Nacional de Cuyo (1984). Diplomado Proyectista e Instalador de Sistemas de Energía Solar. Sevilla-España (1992). Investigador independiente CONICET. Docente de la Facultad de Arquitectura Universidad de Mendoza y Facultad de Ciencias Agrarias UNC.

Rodolfo Rotondaro, Arquitecto, Universidad de Mar del Plata (1980). Magíster del Centro Internacional de la Construcción en Tierra, CRATerre, Francia (1987). Doctorando de la FAU-UBA. Investigador Independiente del CONICET, y Profesor de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires, FADU UBA. Ha publicado numerosos trabajos y dirigido varios proyectos respecto del uso de tierra en la construcción.