

SALON DE USOS MULTIPLES CON TECNOLOGIA DE QUINCHA EN ZONA DE MONTAÑA. ANALISIS TRMICO DE SU COMPORTAMIENTO

Cuitiño, Guadalupe¹; Esteves, Alfredo¹; Laura Marín²; Renato Bertini³.

¹Instituto de Ambiente, Hábitat y Energía (INAHE)– CCT – Mendoza - CONICET. Av. Ruiz Leal s/n. gcuitino@mendoza-conicet.gov.ar; aesteves@mendoza-conicet.gov.ar

²Arquitecta independiente. laura.marincarrillo@gmail.com

³Green Village Tudunqueral Srl. bertini.renato@yahoo.com.ar

Recibido 14/08/16, aceptado 11/10/16

Resumen: En el departamento de Las Heras está ubicada la localidad de Uspallata, allí hay una Ecovilla llamada Tudunqueral, donde las viviendas emplean como materia prima a la tierra para las construcciones con quincha, asimismo tienen áreas destinadas al esparcimiento y a los cultivos orgánicos. El objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta térmica de un ambiente construido con quincha en zona de montaña. Durante la semana de medición, se registró que en el interior del SUM se tienen temperaturas máximas de 27°C y mínimas de 8°C, con amplitudes de 14°C. En la cocina se aprecian temperaturas máximas de 24°C y mínimas de 9°C. En el exterior, se tiene valores máximos de 27°C y mínimos de -6°C, dando amplitudes térmicas de 26°C. Con radiación solar promedio de 860 W/m². Asimismo, gracias a las termografías se observó que la cara interior de los muros de quincha tienen un comportamiento isoterma.

Palabras claves: Bioconstrucción, quincha, comportamiento térmico.

INTRODUCCIÓN.

El concepto de bioconstrucción hace referencia a la biología de la construcción y al mismo tiempo analiza la relación entre el ser humano y el entorno edificado, para poder obtener un equilibrio armónico entre la naturaleza y la vivienda. En la etapa de diseño, se realiza un análisis donde se consideran los aspectos ecológicos, materiales y energéticos, permitiendo cerrar el ciclo de materiales, es decir que tanto los residuos generados durante la etapa constructiva como al final de la vida útil de la misma, pueden ser reutilizados en una nueva obra o volver a la naturaleza sin producir desechos contaminantes. En la arquitectura vernácula, la tierra es uno de los materiales más importantes, debido a su gran abundancia en todas las regiones del mundo, permitiendo que muchos países en vías de desarrollo puedan emplearla para la edificación de sus viviendas, aplicando las diferentes técnicas de construcción natural, tales como, adobe, cob, tapial, quincha entre otros. De acuerdo a Houben y Guillard, el 50% de la población de los países en desarrollo, donde al menos el 20% corresponde a la población de áreas urbanas y urbanas marginales, viven en casas con tecnología de tierra (Houben y Guillard 1994).

Con el pasar de los años y el avance tecnológico en área de la construcción, las edificaciones que usan materiales naturales provenientes de la naturaleza han sido relegadas. Sin embargo, hay muchos lugares del mundo donde la arquitectura natural es muy empleada, como es el caso de la India y China, dos de los países más grandes en población (Heathcote, 2011). Una de las propiedades más importantes del uso de la tierra, es su comportamiento térmico, debido a que la masa o inercia térmica de los muros permite mantener temperaturas interiores confortables sin necesidad de calefacción o refrigeración mecánicas, con el consecuente ahorro energético. Comúnmente el aspecto térmico se ve relegado al momento de construir, debido a que cobran más relevancia temas tales como el costo económico o la situación socio-cultural. Sin embargo, la respuesta térmica de una vivienda tiene influencia sobre las personas que viven en ella, por lo cual es importante que la habitabilidad del interior de la vivienda sea la adecuada para lograr el confort, proporcionar una mejor calidad de vida.

Como dijo Osvaldo Chiappero en su libro *Arquitectura en tierra cruda* “*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 conjuga la satisfacción de las necesidades de cobijo del ser humano y la respuesta tecnológica inherentes al 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 éstas que fueron reconocidas y apreciadas por los habitantes de nuestra región varias generaciones atrás.*” (Chiappero et al, 2003).

A pesar de los prejuicios que rodean a la arquitectura natural, respecto a su resistencia estructural, comportamiento térmico, durabilidad, entre otros, cada vez son más los interesados que optan por este sistema para materializar sus viviendas. Como es el caso de un grupo de personas que han decidido erigir sus hogares a 110 km de la provincia de Mendoza, en el departamento de las Heras, donde se encuentra emplazada la localidad del Valle de Uspallata. Allí han iniciado un emprendimiento bajo el nombre de Ecovilla Tudunqueral, cuya utopía de vivienda consiste en el uso de la tierra como materia prima principal, además también tienen áreas destinadas al esparcimiento y a los cultivos orgánicos. Planificado bajo un reglamento interno, las viviendas deben cumplir con normas de construcción donde se respete al entorno, se aprovechen los recursos naturales y que los materiales cuenten con determinadas propiedades térmicas, como son la madera, la piedra y la quincha. La quincha es un sistema constructivo mixto, muy empleado en la bioconstrucción de zonas sísmicas, debido a su resistencia, bajo peso y flexibilidad (Cuitiño et al, 2014).

En el transcurso de los últimos años en Mendoza se ha propuesto legalizar el sistema constructivo con quincha, sin embargo, debido a que es una zona de alta sismicidad y de clima frío, se requiere de contar con antecedentes estructurales, de durabilidad y térmicos.

El objetivo de este trabajo es evaluar la respuesta térmica de un ambiente construido con quincha en zona de montaña desde el 24 de septiembre 2015 al 30 de septiembre del 2015, así mismo, se tomaron fotos termográficas de los muros para observar la distribución de temperaturas en los cerramientos de tierra y de esa forma poder contribuir con antecedentes fehacientes para la aprobación de esta tipología constructiva.

DESCRIPCIÓN DEL LUGAR

Clima de Uspallata

La localidad de Uspallata, perteneciente al departamento de Las Heras - Mendoza, está ubicada a 32°5' latitud Sur, 69°33' longitud Oeste y a 1891 m.s.n.m. De acuerdo a IRAM 11.603 (IRAM 11.603, 1996) pertenece a la zona bioclimática V con características climáticas frías. El requerimiento anual de calefacción en Grados-Día en base 18°C es de 2648 °C día/año (Esteves et al, 2008). En la Fig.1, se puede observar las temperaturas máximas absolutas mensuales (TMAA), la media (TM) y la mínima absoluta (TMIA), siendo julio el mes más frío con temperaturas de -15°C y enero el más cálido con 36,4°C, en correspondencia, la radiación global promedio anual sobre superficie horizontal en julio es 8,6 [MJ/m².día] y en enero 25,7 [MJ/m².día]. Así mismo, se aprecia el comportamiento horario y mensual de la temperatura, donde se observa que de abril a octubre entre las 20hs y las 8hs las temperaturas oscilan entre los 0°C y los 10°C, entre las 12hs y las 18hs la variación es de a 10°C a 20°C, de noviembre a marzo de 10hs a 18hs fluctúan entre los 20°C y 30°C.

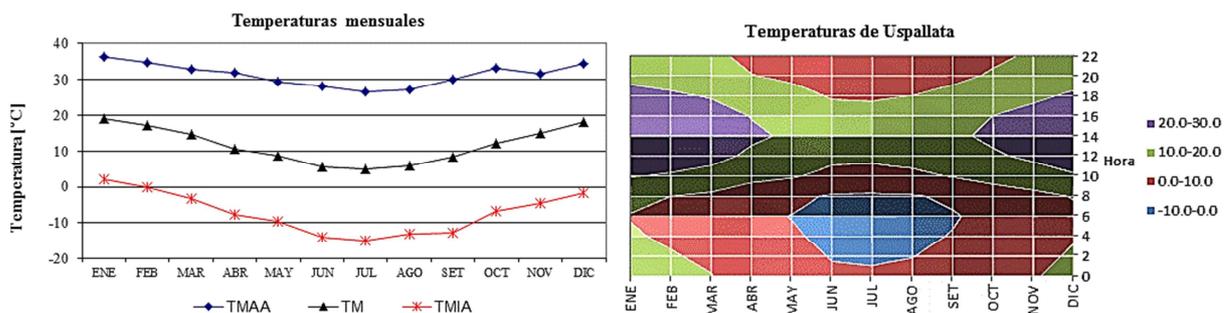


Fig. 1: Temperaturas mensuales y horarias de Uspallata.

Descripción del SUM

La medición térmica se realizó en el salón de usos múltiples (SUM) del complejo, el mismo consta de los ambientes, cocina, baños, depósito y salón de prácticas, ver Fig.2. De acuerdo al proyecto, el SUM presenta fundaciones de hormigón ciclópeo, Fig.3a, bases de hormigón bajo las columnas y viga de fundación, esta viga permite levantar el piso interior del local 0,20m sobre el nivel de piso natural, creando una cámara de aire entre el terreno y el nivel de piso terminado, que se denomina piso flotante, Fig. 3b y Fig. 3c. La estructura portante está conformada por palos rollizos de madera de pino paraná y eucalipto con diámetros entre 0,18m y 0,20m, Fig. 3b y 3d. Las columnas antes de ser montadas se las pinta con pintura asfáltica en la parte inferior que va a estar en contacto con el hormigón para evitar que se dañen por la humedad. En los muros ciegos se rigidizo la estructura por medio del uso de la *Cruz de San Andrés* que son diagonales de madera que une a la estructura, Fig. 3c. Las uniones de las columnas y de las vigas de fundación están hechas por medio de platinas metálicas, tacos Fisher y varillas roscadas, y para el caso de las uniones entre las columnas y vigas de madera se hicieron por medio de anclajes metálicos con varillas roscadas y pernos con tuercas hexagonales, Fig. 3e. Todos los muros están contruidos con la técnica de quincha, donde la trama del muro esta materializada con cañas o listones en forma horizontal y/o diagonal, luego los espacios existentes en la trama se rellenan por ambas caras con una mezcla de tierra arcillosa con adición de arena y paja, hasta lograr un espesor de muro de 0,30 m, Fig. 3c. El muro Norte se diseñó para que trabaje como muro acumulador de calor, por esa razón se dejaron dispuestos caños de PVC de 10cm de diámetro, para permitir el ingreso del aire caliente y la salida del aire frío, Fig. 4b. Los marcos de las puertas-ventanas son de aluminio con doble contacto y los vidrios son doble vidrio hermético. La cubierta de techo es materializada por un doble machimbre, aislación hidrófuga con membrana tipo Tyvek, aislación térmica con lana de vidrio de 50mm y la terminación es con membrana geotextil de color, los aleros son de 0,60m de ancho para proteger a los muros de quincha de la lluvia directa, Fig. 3f y Fig. 4a-b.

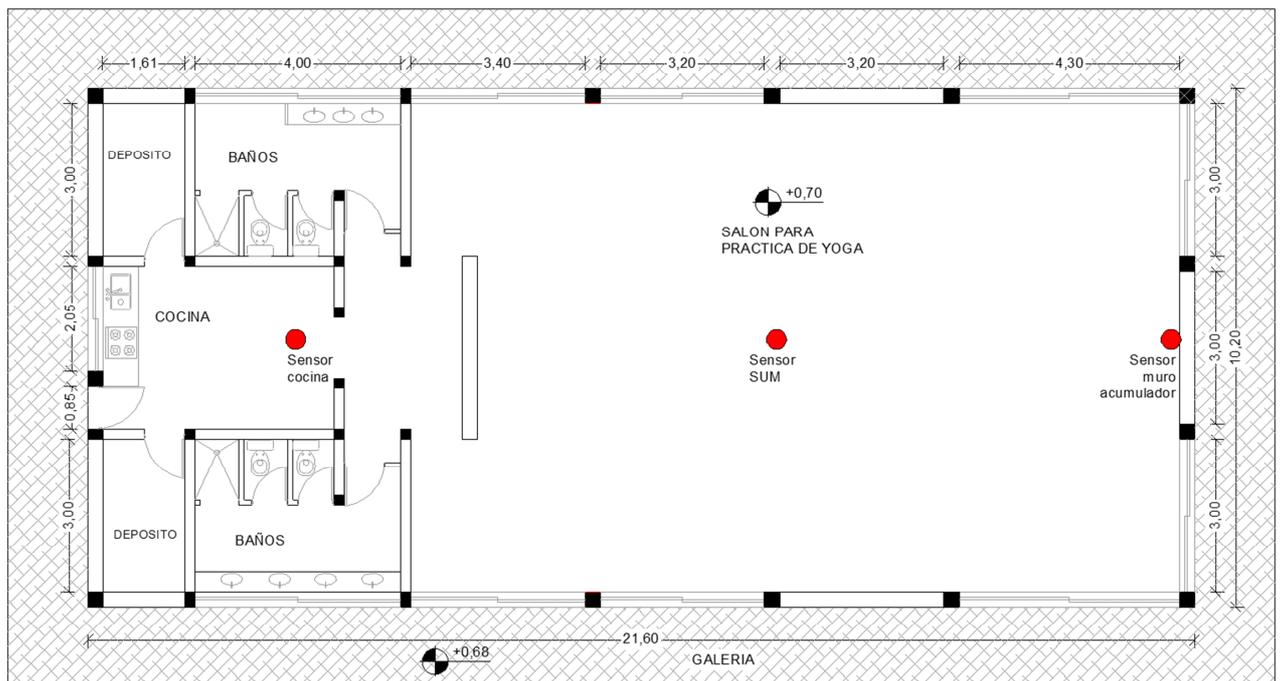


Fig. 2: Plano de planta del salón de usos múltiples construido con quincha.



Fig. 3: Detalles constructivos del Salón de Usos Múltiples.



Fig. 4: Vistas del Salón de Usos Múltiples. a- frente Sur. b- Frente Norte

En la Tabla 1, se muestran los datos de conductividad térmica, densidad y calor específico de los muros de quincha las ventanas y del techo, las propiedades aislantes de los muros se obtuvieron a partir de ensayos realizados en trabajos anteriores (Cuitiño et al, 2015) y el del resto de los materiales de las Normas IRAM 11.601/02.

Tabla 1: Propiedades térmicas de los sistemas constructivos del SUM

Especificación	Unidad	Quincha	Ventanas	Techo
Espesor	m	0.30	0.30	0.075
Conductividad	W/m ² K	0.83	5.90	0.67
Densidad	kg/m ³	1180		
Calor específico	J/kgK	1090		

METODOLOGÍA DE MEDICIÓN

Para la medición térmica se emplearon sensores marca Hobo, los cuales se dispusieron en lugares estratégicos, ver Fig. 2. Los sensores se pusieron en el área de la cocina y en el área de prácticas ambos a una altura de 2,5m. También se midió el muro acumulador, para la medición, se utilizó un sensor Hobo U12 para termocupla Tipo T, la termocupla se introdujo en la parte inferior del muro de quincha. Para medir la temperatura y radiación solar se dispuso una estación meteorológica marca Pegasus. El periodo de medición fue de una semana y se realizó desde el 24 de septiembre al 30 de septiembre del 2015, el intervalo de toma de los datos fue cada 15 minutos.

En forma complementaria, se tomaron fotos termográficas con una cámara IR Fluke Ti 55, la misma tiene una banda espectral de 8 μm a 14 μm, mide en un rango de temperaturas de -20°C a 600°C con una sensibilidad térmica de ≤ 0,05 °C. Con ayuda de la cámara, se tomaron imágenes térmicas para observar el comportamiento térmico de los muros de quincha, en las imágenes tomadas cada píxel contiene un valor de temperatura determinado, para ello se ajusta la emisividad de acuerdo al material medido. Para el análisis de las imágenes se empleó el software Smart-View 2.1.0.10, que asigna un color específico a cada valor de temperatura. Para el cálculo de emisividad (ε) se empleó un sensor de temperatura de termocupla tipo T asociado a un data logger hobbo U12, el valor de temperatura superficial del muro de quincha es comparado con el dato que registra la imagen térmica, de modo tal

que la emisividad del material corresponde a aquella que hace coincidir la temperatura de la termocupla con la del termómetro de la imagen térmica (ASTM 1933, 2006).

Los datos medidos fueron graficados en la Fig. 5, donde se observan las curvas de temperatura del interior del SUM, de la cocina, del exterior y la radiación solar. La Tabla 2, muestra los valores de temperaturas máximas, mínimas y amplitudes térmicas medidas. Se aprecia que tanto el interior del SUM como la cocina, tienen un comportamiento similar. En el primer caso, se tienen temperaturas máximas entre los 20°C y 27°C y mínimas entre los 8°C y 14°C, dando como resultado amplitudes térmicas del orden de 8°C a 14°C. En el segundo caso, en la cocina se aprecia que las temperaturas máximas son entre 17°C y 24°C y mínimas entre los 9°C y 14°C, con una amplitud térmica oscilando entre 5°C y 10°C. En ninguno de los dos casos los ambientes contaban con calefacción auxiliar al momento de realizar la medición, solamente se disponía de la energía acumulada por la radiación solar. Estos valores son comparados con los obtenidos con el sensor exterior, así se tiene que la temperatura máxima oscila entre los 17°C y 27°C y la mínima entre 9°C y -6°C, dando amplitudes térmicas entre 13°C y 26°C. En el periodo de medición, la radiación registrada fue en promedio de 860 W/m². Se aprecia que existe una diferencia de temperatura entre el exterior y el interior del orden de los 14°C, a este comportamiento se suma que gracias a la inercia térmica de los muros de quincha, la temperatura en el interior desciende lentamente, permitiendo una rápida recuperación de la temperatura en las horas de sol.

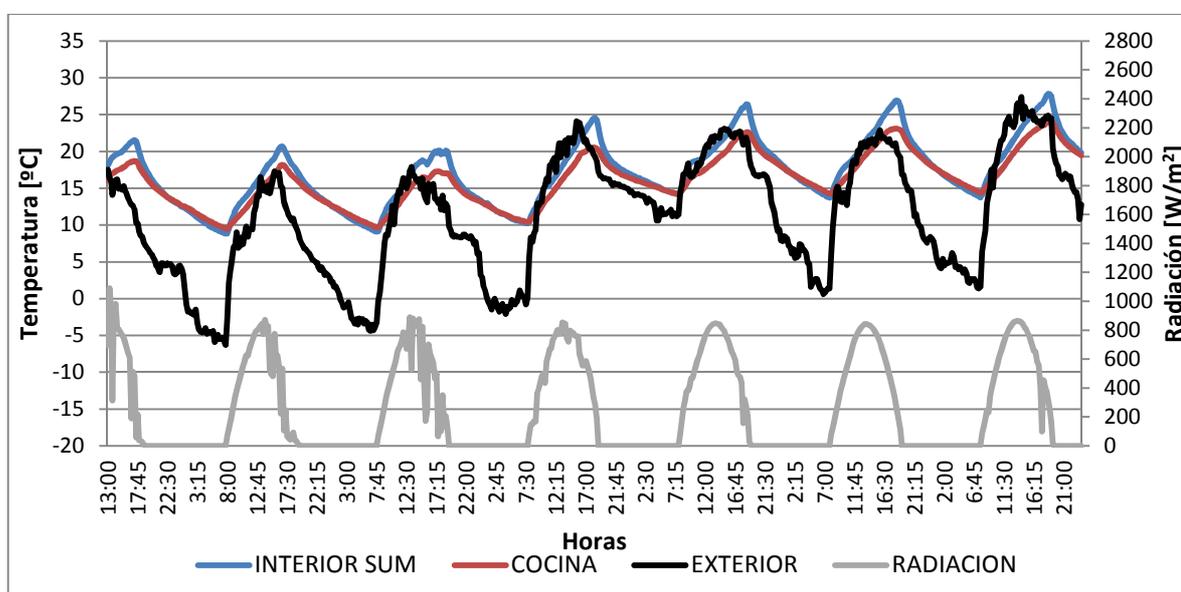


Fig. 5: Curvas comparativas de temperatura del interior SUM, cocina, exterior y radiación

Fecha	Interior SUM			Cocina			Exterior		
	Temperatura max y min	Amplitud		Temperatura max y min	Amplitud		Temperatura max y min	Amplitud	
24-9-15	21.53 13.08	8.44		18.69 13.16	5.53		17.5 3.3	14.2	
25-9-15	20.69 8.84	11.85		18.20 9.48	8.71		17.3 -6.3	23.6	
26-9-15	20.12 9.11	11.01		17.32 9.68	7.63		17.9 -4.4	22.3	
27-9-15	24.55 10.24	14.31		20.53 10.41	10.11		24.1 -2.1	26.2	
28-9-15	26.42 14.21	12.20		22.63 14.21	8.41		23.1 9.2	13.9	
29-9-15	26.94 13.69	13.25		23.11 14.29	8.82		22.9 0.6	22.3	
30-9-15	27.82 13.76	14.06		24.02 14.40	9.61		27.4 1.4	26.0	

Tabla 2: Datos de temperatura medidos en la semana.

En el caso del muro Norte, que fue construido como un muro acumulador de calor, los datos de temperatura superficial medidos se ven representados en la Fig. 6. Se aprecia que el muro llega a elevar su temperatura hasta los 49.7°C, esta temperatura es absorbida por el muro durante las horas de

sol, luego durante las noches debido a la inercia térmica de los muros de quincha, el calor acumulado durante el día es entregado al ambiente interior en la noche, que cuando es más necesario. Dado que el muro en sí, aún no se encuentra terminado, debido a que carece de la cubierta de vidrio exterior, el comportamiento puede ser estimado a partir del trabajo realizado por Mercado (Mercado et al, 2006) sobre un muro acumulador de quincha de 0,075m de espesor, y se puede concluir que una vez terminado la temperatura será aproximadamente 12°C por sobre la medida, esto repercutirá en un aumento de la temperatura radiante del muro hacia el ambiente interior. Dicho comportamiento será verificado por medio de una simulación térmica en Energy Plus en una etapa posterior.

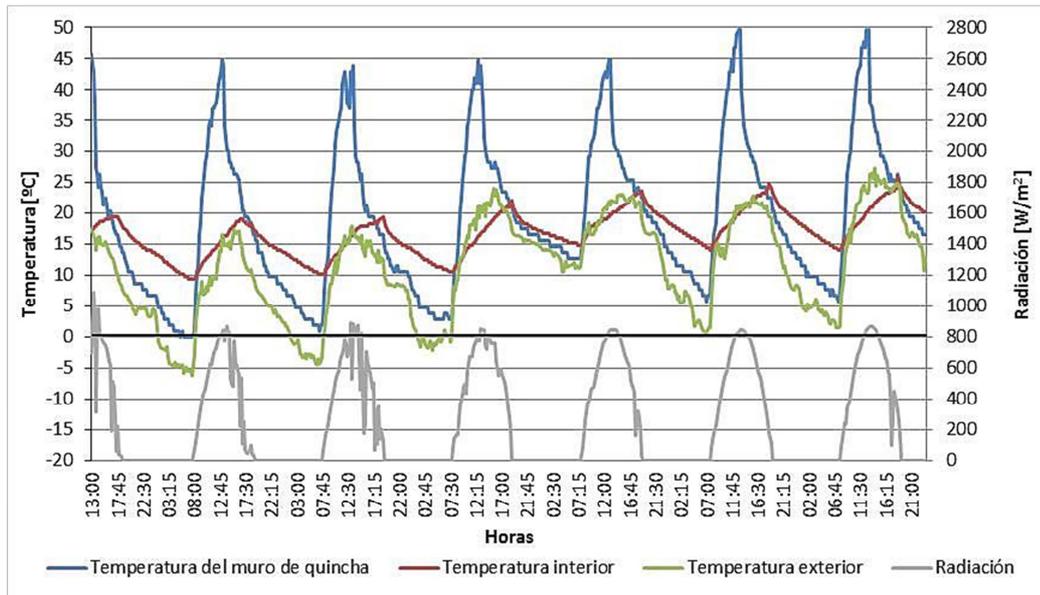


Fig. 6: Curvas comparativas del muro acumulador de calor.

En forma complementaria, para analizar el comportamiento térmico de los muros de tierra, se tomaron fotos térmicas del interior y del exterior de los muros del SUM. Se analiza el muro Norte, el muro Sur y el interior del muro Oeste, las tomas fueron realizadas entre las 10hs y las 11hs, ver Fig. 7 y Fig. 8. Se observa que en el muro Norte, Fig. 7, en el exterior las temperaturas oscilan entre los 24,6°C y los 48,8°C, lo cual se condice con las mediciones de la Fig. 6, corroborando que la calibración de la cámara es correcta obteniéndose una emisividad del muro de 0,95. En la imagen también se observa que la temperatura del muro se incrementa con el correr del día, a medida que aumenta la radiación incidente. Simultáneamente la temperatura superficial en el interior en promedio es de 15,6°C, esto indica que aún no ha llegado la temperatura desde la cara exterior a la interior. Luego se tomó una imagen del muro Sur, Fig. 8, y se pudo observar que la temperatura del muro aumenta por franjas, teniendo menores temperaturas en la parte inferior y mayores en la parte superior, teniendo una superficie térmica heterogénea, las temperaturas superficiales varían entre los 9,5°C y 15,6°C, las cuales son considerablemente menores que las del muro Norte, pero se puede mejorar su comportamiento con estrategias pasivas de climatización, tales como pintar los muros de color borrao para aumentar la absorción solar (Mercado et al, 2006). En las imágenes del interior del SUM, se tiene que en el muro Oeste con una cara expuesta al exterior, al igual que en el interior del muro Norte, las temperaturas se mantienen entre los 15°C y 16°C, creando una superficie isoterma.

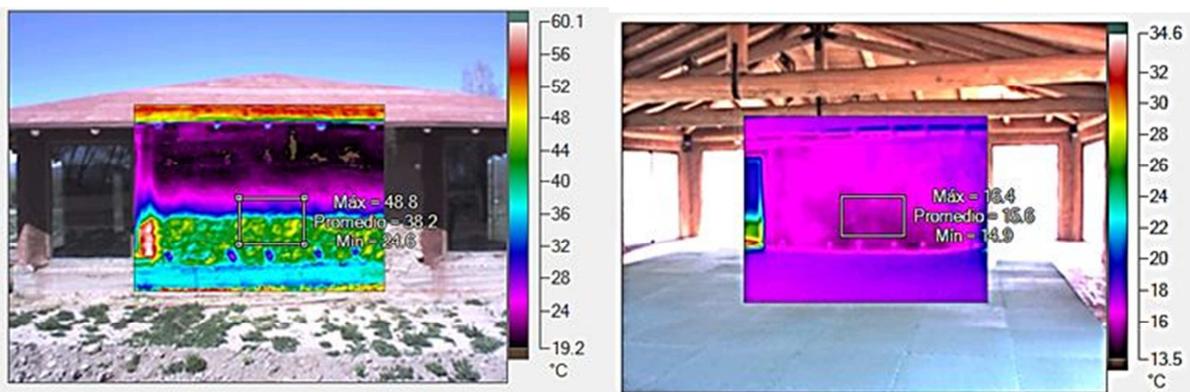


Fig. 7: Foto térmica del muro Norte. Izq.: Foto del exterior. Der.: Foto del interior.

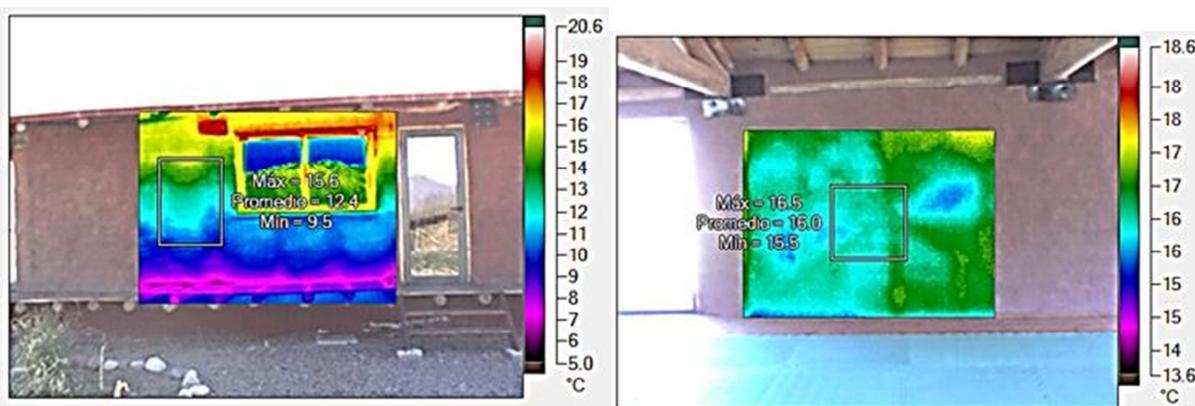


Fig. 8: Izq.: Cara exterior del muro Sur. Der.: Cara interior del muro Oeste.

CONCLUSIONES

En este trabajo se pretendió corroborar el comportamiento de las construcciones de quincha en zona de montaña como es el caso del Valle de Uspallata. Se verificó que a pesar de las bajas temperaturas exteriores, de -6°C , en el interior en el mismo instante se tenían temperaturas de aproximadamente 10°C , es decir que habían diferencias de alrededor de 16°C . Así mismo, se pudo apreciar que gracias a la inercia térmica propia de los muros de tierra y al doble vidrio hermético de las ventanas, la temperatura interior disminuía lentamente permitiendo recuperarse rápidamente en las horas de sol. Se destaca que mientras en el exterior las amplitudes térmicas alcanzaban valores de 26°C en el interior eran como máximo de 14°C . También se valora el comportamiento del muro de quincha como muro acumulador, y un potencial muro Trombe. Las fotos térmicas permitieron evaluar la homogeneidad térmica de los muros, observándose que el interior de los muros mantienen una temperatura estable, es decir con poca variación, independientemente de la temperatura externa. Con la información recolectada, se pasará a una segunda etapa en la que se realizará la simulación térmica con Energy Plus, aplicando mejoras térmicas, tales como el vidrio del muro Trombe, cambio de color de los muros y cortinas para las puertas ventanas.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Renato Bertini, dueño de la Ecovilla Tudunqueral y a la Arq. Laura Marín, por su buena predisposición para realizar el presente trabajo.

REFERENCIAS

- ASTM Standard E 1933-99a. (2006). Standard Test Methods for Measuring and Compensating for Emissivity Using Infrared Imaging Radiometers.
- Chiappero, Rubén y Supisiche, María. (2003). Arquitectura en tierra cruda. Editorial Nobuko. ISBN: 987-20641-5-6.

- Cuitiño G; Maldonado G; Esteves A. (2014). Analysis of the Mechanical Behavior of Prefabricated Wattle and Daub Walls. *International Journal of Architecture, Engineering and Construction*. Vol 3, N° 4. Pp. 235-246. ISSN 1911-1118.
- G. Cuitiño, A. Esteves, G. Maldonado, R. Rotondaro. 2015. Análisis de la transmitancia térmica y resistencia al impacto de los muros de quincha. *Informes de la Construcción*. Vol. 67, 537, e063. enero-marzo 2015. ISSN-L: 0020-0883. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.12.082>
- Esteves, A; Gelardi, D. (2008). Método para el cálculo de grados día de cualquier temperatura base y cualquier localidad. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 12. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184. Pp. 153-158
- Heathcote, K. (2011). The thermal performance of earth buildings. *Informes de la Construcción*, 63(523): 117-126 doi: 10.3989/ic.10.024
- Houben, H; Guillaud, H. (1994). *Earth construction: a comprehensive guide*. Intermediate Technology Publications.
- Mercado, M. V; Alfredo, E. (2006). Muro solar pasivo en viviendas construidas con quincha. *Avances en energías renovables y medio ambiente*, Vol. 10. Pp. 107-114. ISSN 0329-5184
- Norma IRAM 11.603. (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires.
- Norma IRAM 11.601. (2002). Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. República Argentina. Buenos Aires.

SUMMARY

In Las Heras's department, located in Uspallata's town, there is a Ecovilla called Tudunqueral, where wattle and daub houses used earth as construction material, also have areas devoted to leisure and organic crops. The objective of this work is to assess the thermal response an ambient build with wattle and daub on mountain area. During measurement week in the SUM, the maximum and minimum temperatures were of 27°C and 8°C, with amplitudes of 14°C. In the kitchen 24°C maximum and minimum temperatures 9°C. Outside, the maximum temperatura was 27°C and the minimum was -6°C, giving temperature ranges of 26°C. With average solar radiation of 860 W/m². Also, in the thermographies was observed that the inside of the walls of quincha have an isothermal behavior.

Keywords: Green Building, wattle and daub, thermal behavior