

## **CABAÑA CONSTRUIDA CON ADOBE EN CATAMARCA: COMPORTAMIENTO HIGROTÉRMICO EN INVIERNO**

**Víctor García, Adriana Medina, Norma Rodríguez**

**Resumen:** Este trabajo muestra los resultados de las mediciones higrotérmicas, realizadas en un módulo de una cabaña construida con adobe, localizada a 3,5 km del centro de la Ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca, utilizada para alojamiento turístico. La misma está conformada por un estar-comedor, un dormitorio, cocina y baño, que totalizan una superficie de 51,75 m<sup>2</sup>. El monitoreo fue realizado durante 15 días en el mes de julio de 2014, registrándose temperatura y humedad relativa en el interior y exterior del módulo, y la radiación solar. El objetivo principal fue conocer el comportamiento higrotérmico en relación a parámetros de confort. En este sentido, se monitorearon y analizaron dos situaciones de la cabaña, ocupada y desocupada. Los resultados de las mediciones de temperatura indican condiciones de confort adecuados para un complejo turístico.

**PALABRAS CLAVES:** Cabañas, adobe, comportamiento higrotérmico.

### **INTRODUCCION**

El actual modelo energético, basado en generar energía a cualquier precio para satisfacer una demanda creciente, es insostenible para cualquier sociedad. La preocupación por preservar el ambiente y aumentar el grado de autoabastecimiento energético ha llevado a los países a orientar sus políticas energéticas hacia una reducción del consumo de energía, incentivando el ahorro y la eficiencia.

Las mejoras en eficiencia energética incluyen todos los cambios que conllevan una reducción de la cantidad de energía para un mismo nivel de actividad, teniendo en cuenta que la satisfacción de los requerimientos de la sociedad actual de llevar asociado el menor costo económico, energético y ambiental posible para el territorio. Esto hace que el concepto de eficiencia energética, además de su carácter tecnológico, tenga también un marcado carácter social y económico, abarcando el funcionamiento del sistema energético y el proceso de desarrollo de las regiones.

Hoy de nuevo, tierra, barro, y adobe, son de gran valor en la construcción. Con estos materiales naturales es posible hacer hermosas casas que contribuyen al cuidado del ambiente, gracias a ellos se puede aprovechar lo que está al alcance de la mano, la tierra del suelo.

Entre las variantes ecológicas de la arquitectura actual, los proyectos de casas de tierra, barro, y de adobe, evolucionan en proyectos modernos como si fueran conceptos nuevos para la construcción. Esto se ve con diseños modernos, e incluso en los actuales estilos arquitectónicos.

En este marco, la construcción con barro y la casa de tierra cruda, presentan varias ventajas, entre ellas, el excelente comportamiento térmico del material, con una conductividad térmica de 0,6 W/m. °C que, al transferir poco calor, actúa como un atenuador térmico, siendo su resistencia térmica de 1,6 m°C/W.

El aislamiento acústico del adobe y la tierra es de un nivel destacable, considerando que los muros de barro son gran espesor y su densidad de  $1600 \text{ kg/m}^3$ , semejante a la del hormigón armado. Con superficies internas rugosas, se logra una dispersión del sonido y, por lo tanto, una atenuación del mismo. La tierra tiene además otra ventaja, aísla de las radiaciones electromagnéticas de alta frecuencia (Minke, G, 2001).

El material (tierra, barro o adobe) tiene gran resistencia al fuego, lo cual significa que durante 180 minutos un muro de 0,30 m de espesor no es afectado por el fuego, además de resistir muy bien los impactos.

Por tratarse de un material natural, económico y ecológico, la tierra cruda se suele extraer del lugar donde se levantará la construcción y se transforma en material útil (el adobe) casi sin energía adicional. Intercambia humedad con el exterior y mantiene el clima interior en niveles húmedos aceptables y saludables.

La tierra puede usarse cruda apisonada. El barro se convierte en masa de barro al sumar arena a la tierra arcillosa húmeda, y adobe en algunas construcciones se suele agregar paja. El adobe, moldeado en forma de bloque o ladrillo, se pone a secar al sol, resultando así un elemento útil para la construcción de muros. El empleo de estos materiales es promovido en el presente gracias a conceptos de sustentabilidad, (Minke, G., 2001).

Los diseños arquitectónicos modernos y contemporáneos, despiertan aceptación, considerando que este material natural es muy significativo para muchas personas, además de representar un cambio de mentalidad en pro de la ecología.

En este trabajo se presentan las mediciones de temperatura y humedad, realizadas en una cabaña construida con adobe con fines turísticos en la Ciudad de Catamarca, con el objetivo de tener una primera aproximación del comportamiento higrotérmico relacionada con las condiciones de habitabilidad y de confort de las mismas..

## **UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA CABAÑA**

La cabaña se encuentra ubicada en un complejo de  $4.000 \text{ m}^2$  de 8 cabañas construidas en materiales tradicionales de la zona, cerrado y parqueado, situado a 3,5 km del centro de la capital de Catamarca. Su utilización principal es con fines turísticos, con un amplio parque, salón para eventos y pileta de natación, Figura 1.

El predio se ubica en la Zona Bioambiental II, Sub-Zona IIa, de la República Argentina, según la Norma IRAM 11.603. Su posición geográfica se ubica en las coordenadas  $28^\circ 28' 40''$  latitud Sur y  $65^\circ 48' 17''$  longitud Oeste, y 500 msm. Catamarca cuenta con un clima semiárido cálido, de sierras y bolsón, en donde las lluvias son escasas, con un promedio de 458 mm, concentradas en los meses más calurosos. El aire es seco y caracterizado por la frecuente ocurrencia del viento noreste, cuya máxima intensidad se registra entre los meses de octubre y noviembre. Los veranos son secos y cálidos y los inviernos templados. La temperatura media anual es de  $21^\circ \text{C}$  con un máximo promedio de  $34^\circ \text{C}$  en verano y una mínima promedio de  $4^\circ \text{C}$  en invierno.

En la Figura 2 se muestra un mapa satelital de la ubicación del predio y la cabaña seleccionada.



**Figura 1:** Vista del complejo de cabañas.



**Figura 2:** Foto satelital de la ubicación del predio de las cabañas.

Las cabañas fueron construidas en el sector norte del complejo, con su fachada principal orientada hacia el Sur frente al sector parqueizado, y la planta de las mismas están alineadas una a continuación de la otra. En las Figuras 3 y 4 se muestra el frente y el interior de las cabañas.



**Figura 3:** Foto del frente de las cabañas.



**Figura 4:** Foto del interior de la cabaña.

## CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS

La cabaña tiene 103 m<sup>2</sup> de superficie, dividida en dos módulos, uno de ellos, (el de la derecha) seleccionado para la evaluación, tiene 51,75 m<sup>2</sup> de superficie cubierta y consta de los siguientes ambientes: un dormitorio de 10 m<sup>2</sup>, un estar-comedor de 10 m<sup>2</sup>, una cocina de 3,25 m<sup>2</sup>, un baño de 3,02 m<sup>2</sup> y un pasillo de 3,73 m<sup>2</sup>, Figura 5.

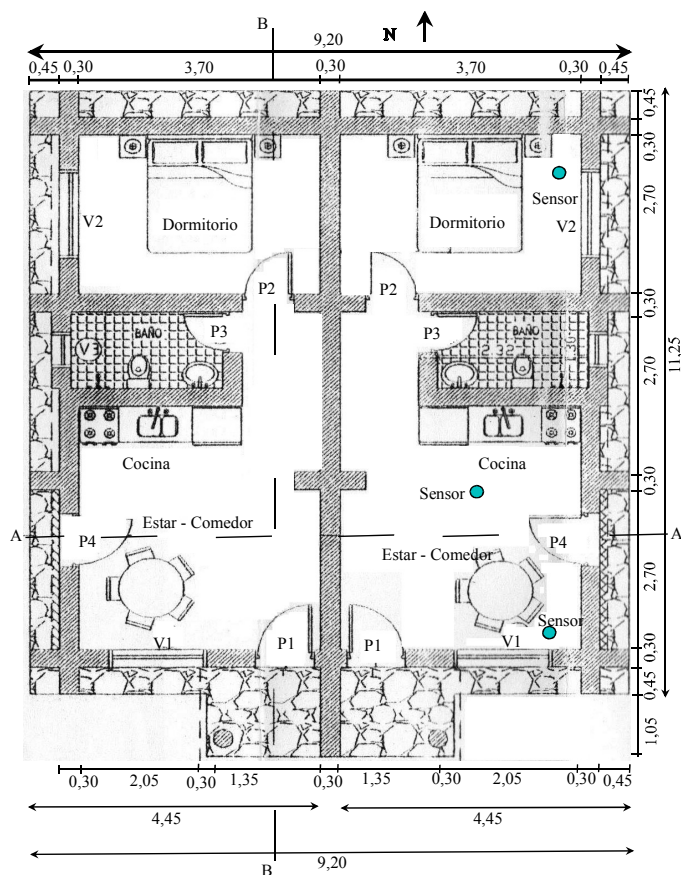


Figura 5: Planta de la cabaña.

El techo de la cabaña es a dos aguas, sin aislación térmica, con 3,75 m de altura máxima. Todos los ambientes interiores cuentan con un cielo-raso de machinbre lustrado montado a los 2,50 m, sobre una estructura portante de tirante de madera. La parte exterior se cubrió con chapas de zinc prepintada para evitar las infiltraciones de agua por capilaridad en las uniones de las tablas, Figura 6.

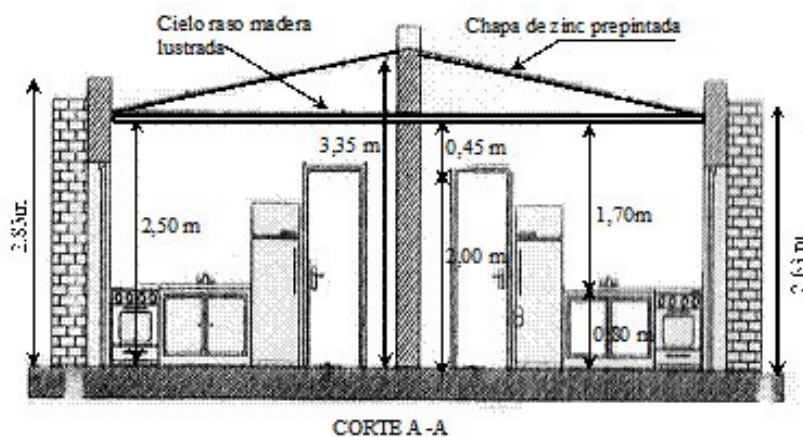


Figura 6: Corte de la cabaña.

Los muros internos y externos son de adobe realizados con el sistema de moldeado directo con un espesor de promedio de 0,30 m, apoyados en una viga de ladrillos comunes de 0,30 m x 0,30 m, mortero y encadenado de hierro para lograr una aislación hidrófuga.



En la parte exterior, solamente por una cuestión de cambio de fachada, se le añadió un muro de piedra de 1 m de alto por 0,45 m de espesor alrededor de la cabaña, Figura 7, (Negro J.). El contrapiso también es de mortero con cascote molido de construcciones recicladas, la viga y el contrapiso están basados en un cemento corrido.

Tiene 4 puertas de madera, las 2 que comunican con el exterior de 2 m x 0,90 m, la del dormitorio 2 m x 0,80 m, y la del baño 2 m x 0,70 m, 2 ventanas de madera con vidrio simple repartido, cada una con celosía en los ambientes principales de 1.20 m x 1.50 m (estar-comedor), y 1,20 m x 1 m (dormitorio), y un ventiluz en el baño de 0,60 m x 0,40 m. Una vereda de 0,60 m rodea toda la construcción.

El ingreso de luz natural se realiza a través de 6 paneles de vidrio de 0,15 m x 0,15 m empotrados directamente en los muros laterales, los que muestran buen comportamiento térmico y beneficia el ingreso de iluminación al interior. La iluminación artificial está dada por lámparas de bajo consumo y lámparas de LEDS. El agua caliente es suministrada por la combinación de calefones eléctricos y 2 colectores solares de origen chino, Figura 7.

La cocina cuenta con heladera con freezer, microondas, cafetera eléctrica, cocina eléctrica, juguera y licuadora, además de 2 aire acondicionado en dormitorio y comedor, y un TV LCD HD 32', Figura 8.



*Figura 7: Módulo seleccionado*



*Figura 8: Comedor del módulo.*

## **MATERIALES Y METODO DE EVALUACION**

La evaluación del comportamiento de la edificación fue realizada con el registro continuo de temperatura y humedad durante 15 días del mes de julio. Se evaluaron los ambientes mientras estaban ocupados por turistas en las vacaciones de invierno de modo de tener un panorama del funcionamiento del edificio en los toques máximos de temperatura y humedad y también cuando se encontraba desocupada.

Las mediciones realizadas in-situ de temperatura y humedad relativa en el interior y exterior de la cabaña se registraban cada 15 minutos. Se utilizaron sensores de adquisición de datos HOBO U 12 temperatura y humedad relativa, con niveles de medición comprendidos entre -20 y 70 °C, y 5 % y 95 % de temperatura y humedad relativa respectivamente. Uno, localizado en el exterior a la sombra, permite registrar la temperatura y la humedad relativa del lugar, y los restantes en el interior, distribuidos en el dormitorio y estar-comedor, Figura 5, alejados de la influencia de los elementos constructivos con masa, corrientes de aire, radiación solar directa o de otra fuente de calor.

Para el procesamiento de los datos, se utilizaron los programas 'HOBOWarePro' y 'Excel'. Los valores correspondientes a la radiación diaria fueron obtenidos por una estación meteorológica DAVIS.

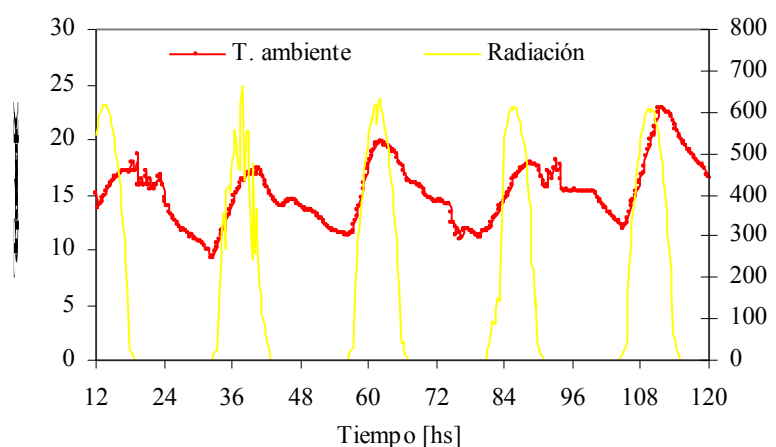
## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

Las condiciones de comodidad térmica dependerán de los factores del usuario: tipo de actividad, vestido, aclimatación, etc., teniendo en cuenta además que son turistas que permanecen pocos días en las mismas, resultando algo ingenuo fijar valores o límites estrictos para la comodidad, aunque se haya hecho así muchas veces. En general, hay que hablar de temperaturas del aire entre 15 °C y casi 30 °C, con humedades entre 40 y 80 % de la de saturación para cada temperatura (Serra, 1999).

Para analizar las temperaturas registradas, definidas para la Ciudad de Catamarca de acuerdo a sus características climáticas, los parámetros de confort entre 18 y 25 °C y de 30 a 60 % de humedad relativa.

## PERIODO DEL 9 AL 13 DE JULIO – CABAÑAS OCUPADAS

En la Figura 9 se muestran los resultados de las mediciones de radiación de 600 a 665 W/m<sup>2</sup> con días claros y temperaturas entre los 9,2 °C y 23 °C con una media de 15 °C.



**Figura 9:** Radiación y temperatura ambiente exterior del 09 al 13 de julio.

En este periodo, las cabañas ocupadas presentaron el comportamiento térmico que se muestran en la Figura 10 y la Tabla 1.

En el estar-comedor, el 100 % de las mediciones registradas se encuentran dentro de los parámetros de confort (18 °C – 25°C), observándose que el valor de temperatura mínima fue 20 °C, y 30 °C de temperatura máxima.

En el dormitorio se puede observar que, si bien las temperaturas alcanzadas medidas se encuentran dentro del área de confort con valores mínimos de 20 °C, durante la noche los ocupantes encendían el sistema de aire acondicionado alcanzando valores de hasta 30 °C, superando la línea máxima de confort térmico.

Se observa que el gradiente térmico exterior está muy bien atenuado por el edificio en el interior, apreciándose también el desfase de los máximos y mínimos exteriores con los interiores debiéndose a la inercia térmica de los muros.

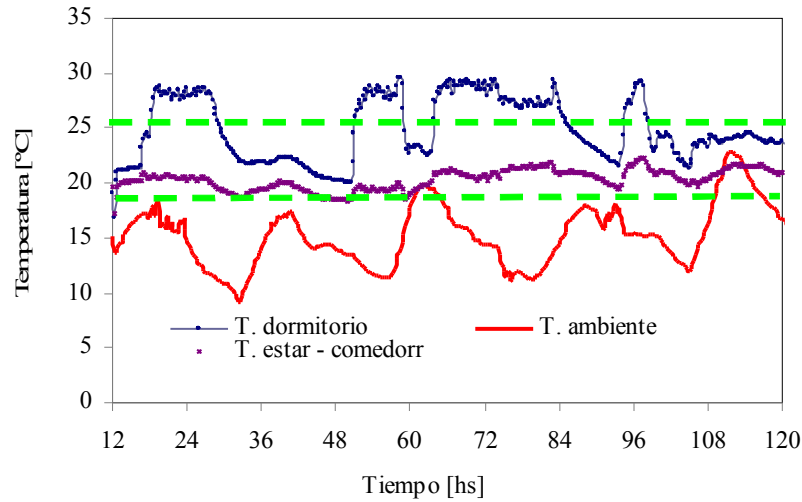


Figura 10: Comportamiento térmico del estar - comedor y dormitorio.

Locales	Mín. (°C)	Máx. (°C)	Media (°C)	Amplitud térmica (°C)
Dormitorio	20	30	25	10
Estar comedor	18	22	20	2

Tabla 1: Comportamiento térmico de cada local de la cabaña.

Respecto a la humedad relativa durante los días que se realizó el monitoreo, los valores promedios en estos locales se encuentran en la zona confort de humedad, con humedades relativas medias 42 % y 52 %, para el dormitorio y el estar-comedor respectivamente.

En el dormitorio, ubicado en el norte de la cabaña, las mediciones registradas de humedad relativa mínima fueron de 25 % en el tercer día, mientras que en el estar-comedor, la humedad relativa máxima fue superior la zona de confort en los últimos días de este periodo, prefijada en un valor del 70 %, Figura 11.

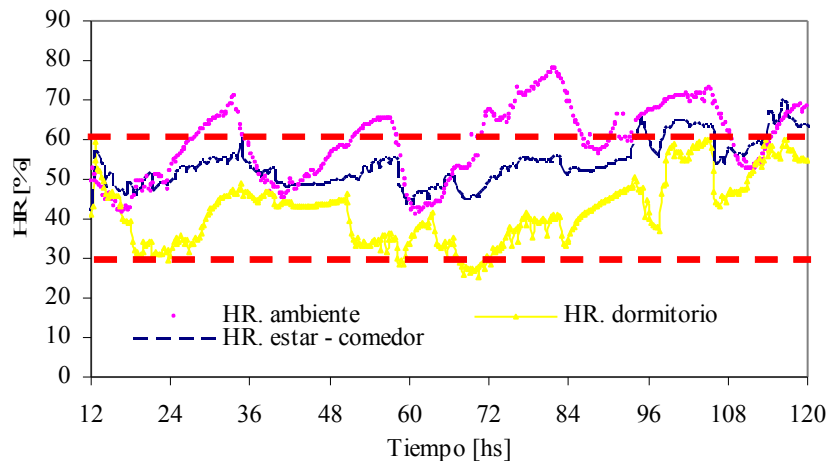


Figura 11: Humedad relativa en el interior del estar-comedor y dormitorio.

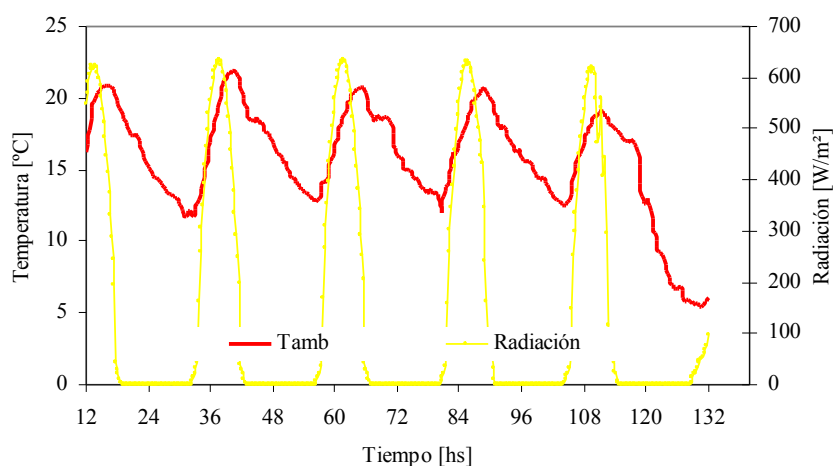
En la Tabla 2 se muestran los valores resumidos de las humedades relativas para los dos locales que han sido monitoreados.

Locales	Mín. (%)	Máx. (%)	Media (%)	Amplitud (%)
Dormitorio	25	60	42	35
Estar comedor	46	70	53	26

**Tabla 2:** Comportamiento de la humedad relativa en cada local de la cabaña.

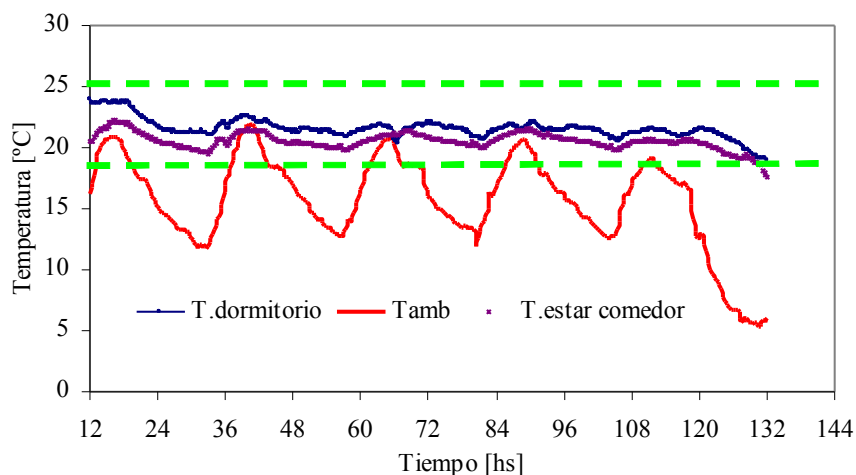
### PERIODO DEL 18 AL 23 DE JULIO – CABAÑA DESOCUPADA

En la Figura 12 se muestran los resultados de las mediciones de radiación con valores comprendidos entre  $621 \text{ W/m}^2$  y  $625 \text{ W/m}^2$  con días claros y similares. Las temperaturas varían de  $5,49 \text{ }^\circ\text{C}$  a  $22 \text{ }^\circ\text{C}$ , con una media de  $16 \text{ }^\circ\text{C}$ .



**Figura 12:** Radiación y temperatura ambiente exterior del 18 al 23 de julio.

En la Figura 13 y la Tabla 3, se observa el comportamiento térmico de los locales de la cabaña durante este periodo.



**Figura 13:** Comportamiento térmico del estar-comedor y dormitorio.



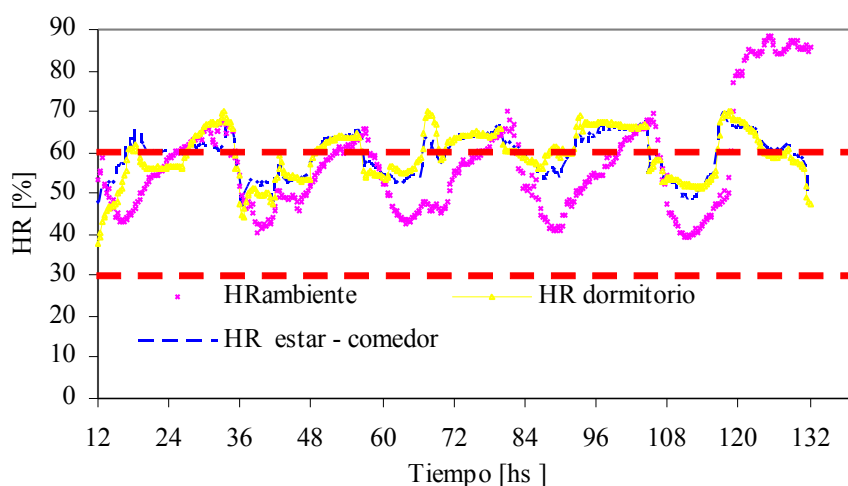
En la estar-comedor, las mediciones registradas de temperatura media diaria están dentro de los parámetros de confort (18 °C - 25 °C). El 100 % de las mediciones registradas de temperatura mínima diaria y la temperatura máxima diaria están dentro del área de bienestar, exceptuando el último día cuando se registró 5,49 °C, la temperatura más baja. Se observa además que no he hizo uso de los sistemas de acondicionamiento en ninguno de los locales.

Locales	Mín. (°C)	Máx. (°C)	Media (°C)	Amplitud termica (°C)
Dormitorio	19	24	22	5
Estar comedor	18	22	21	4

**Tabla 3:** Comportamiento térmico de cada local de la cabaña.

La Figura 14 muestra la humedad relativa durante los días que se realizó el monitoreo, y los valores promedios en estos locales se encuentran en la zona confort de humedad, con humedades relativas medias 38 y 47 %, respectivamente en el dormitorio y estar-comedor.

En el dormitorio, ubicado al norte de la cabaña, las mediciones registradas de humedad relativa mínima estuvieron dentro del rango de confort propuesto, mientras que las humedades relativas máximas durante el periodo monitoreado se encuentran por arriba de los 60 %.



**Figura 14:** Humedad relativa en el interior del estar - comedor y dormitorio.

En la Tabla 4 se muestran los valores resumidos de las humedades relativas para los dos locales monitoreados.

Locales	Mín. (%)	Máx. (%)	Media (%)	Amplitud (%)
Dormitorio	38	68	59	30
Estar comedor	47	68	47	21

**Tabla 4:** Comportamiento de la humedad relativa en cada local de la cabaña..

## **CONCLUSIONES**

El trabajo permitió analizar el comportamiento higrotérmico y las condiciones de confort durante un periodo invernal de una cabaña con fines turístico, construida con adobe. Se cuantificaron sus valores higro-térmicos tomando como referencia los parámetros de confort entre 18 y 25 °C de temperatura, y entre 30 y 60 % de humedad relativa

Si bien la humedad relativa fue alta, en el segundo periodo, no superó el 70 %, que es el máximo considerado por la Organización Mundial de la Salud para que un ambiente adquiera el Síndrome del Edificio Enfermo (SEE).

El comportamiento de la edificación en invierno es muy bueno, dada la atenuación de la temperatura exterior, ya sea por la orientación de la construcción, la composición de su envolvente, y su inercia, lo cual permite mantener la temperatura confortable para lograr un adecuado nivel de habitabilidad.

En general, se puede determinar que el funcionamiento totalmente pasivo del edificio es muy bueno, obteniéndose del análisis que sólo en muy escasos días del monitoreo, la temperatura y la humedad interior superaron la de confort en contadas horas.

Como plan de trabajo a futuro, se propone realizar un monitoreo durante un año, a fin de determinar el balance energético, con la simulación de la cabaña seleccionada.

## **REFERENCIAS**

- Diaz, C.; Corredera C. y Czajkowski J. (2005). Resultados de Mediciones de Confort Higrotérmico en Viviendas de Interés Social en Tierra del Fuego. Campaña de Verano. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 9, 05.79- 05.84.
- Grossi Gallegos H., Righini R. (2007) Atlas de Energía Solar de la República Argentina. Secyt Instituto de Normalización y Certificación. Argentina
- IRAM 11603 (1996). Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina.
- Minke, G.: Manual de construcción con tierra, Montevideo, Uruguay, 2001
- Negro J. Consulta al propietario de las Cabañas.
- Serra, R (2000) Arquitectura y clima. Editorial Gustavo Gili. ISBN: 84 – 252 – 1767 – 9. pp. 13 -22.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores desean agradecer al Grupo de Energías Renovables de la Universidad Nacional de Catamarca (GERCa) por el préstamo del instrumental utilizado para realizar las mediciones del presente trabajo, y al propietario de las Cabañas Samay, Sr. Mauro Javier Negro. Este trabajo está financiado por SPU, Línea Gral. Mosconi.