

Comportamiento térmico de una vivienda PRO.CRE.AR. de tierra en Tucumán

Thermal behavior of an PRO.CRE.AR. earth housing in Tucumán

Matías Ortega, Amalita Fernández y Beatriz Garzón

*Facultad de Arquitectura y Urbanismo- Universidad Nacional de Tucumán (FAU-UNT).
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).*

mateduortega@gmail.com; amalitaf93@gmail.com; bgarzon06@gmail.com

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la tecnología y el comportamiento térmico de una vivienda unifamiliar ubicada en la localidad de Las Talitas, Tucumán. La misma fue construida bajo el Programa de Crédito Argentino (Pro.Cre.Ar.), con la técnica de tierra alivianada encofrada, pues su usuario reconoce las propiedades térmicas, energéticas y ambientales que caracterizan a este sistema. Se muestran resultados de un monitoreo térmico en distintos locales, durante 12 días para invierno y 13 días para verano. Se analiza el comportamiento térmico de la vivienda y se determina el confort interior según el estándar ANSI/ASHRAE 55. Se concluye que, si bien la envolvente edilicia presenta buenas propiedades térmicas, por diversos factores no se alcanza el nivel de confort deseado en el interior de los espacios.

ABSTRACT

In this work, the technology and thermal behavior of a single-family home located in the town of Las Talitas, Tucumán, are analyzed. It was built under the Argentine Credit Program (Pro.Cre.Ar.), with the formwork lightened earth technique, since its user recognizes the thermal, energetic and environmental properties that characterize this system. Results of thermal monitoring are shown in different places, for 12 days for winter and 13 days for summer. The thermal behavior of the house is analyzed and the interior comfort is determined according to the ANSI / ASHRAE 55 standard. It is concluded that, although the building envelope has good thermal properties, due to various factors the desired level of comfort is not reached inside of the spaces.

PALABRAS CLAVE: Confort térmico, Monitoreo térmico, Vivienda social.

KEY WORDS: Thermal comfort, Thermal monitoring, Social Housing.

FECHA DE RECEPCIÓN: 10/4/2021 | **FECHA DE ACEPTACIÓN:** 18/5/2021

DOI: <http://dx.doi.org/10.30972/arq.0174982>

INTRODUCCIÓN

Durante el año 2019, la Secretaría de Vivienda de la Nación, perteneciente al Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda, presentó la actualización de los “Estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social” (SV, 2019). Este documento incorpora y unifica la totalidad de la normativa argentina que regula la construcción, además de nuevos lineamientos acordes a la Estrategia Nacional de Vivienda Sustentable, que busca la eficiencia energética, el diseño bioclimático y la incorporación de energías renovables. Se considera aquí que lo sistematizado en este documento ilustra y sintetiza las políticas públicas en relación con la materia, y que la producción de vivienda social influye en la dinámica de la industria de la construcción en general.

Es así como en los “estándares” se detallan las condiciones mínimas que deben cumplir los cerramientos exteriores de las viviendas para lograr la eficiencia energética y garantizar un nivel aceptable de confort térmico. Para ello, los valores de transferencia térmica K de muros y techo deben ser iguales o menores a los máximos establecidos en la Norma IRAM 11.605 (1996), para el Nivel B. Deben controlarse también los puentes térmicos (IRAM 11.630, 2000), y los riesgos de condensación superficial e intersticial (IRAM 11.625, 2000). Además, se exige la presentación del informe de certificación de eficiencia energética mediante la carga y procesamiento de datos en el Aplicativo Informático Nacional CERTIVIVIENDAS, conforme al método de cálculo de prestaciones energéticas en viviendas establecido a nivel nacional siguiendo la Norma IRAM 11.900 (2017), actualizada en 2019.

Sin embargo, alcanzar los niveles de confort para las distintas estaciones es mucho más que verificar estas normas. La Norma IRAM 11.549 (2002), define al confort térmico como “la condición ambiental que favorece el equilibrio térmico del cuerpo y ofrece sensación de neutralidad térmica”, al igual que la Norma ISO 7730 (International Standards Organization, 2005), que lo define como el estado mental en el cual se expresa satisfacción con el ambiente térmico, y que depende de las condiciones ambientales: de la temperatura de bulbo seco, de la humedad absoluta, del movimiento del aire y de la temperatura radiante media; del nivel de actividad física (MET); del valor aislante de la ropa (clo), y de factores individuales, como la alimentación, la climatización, la edad, el sexo, la masa corporal, etc. Por esta razón las condiciones necesarias para alcanzar el confort no son iguales para todos. Sin embargo, mediante investigaciones de laboratorio y de campo, se han podido establecer estadísticamente las condiciones en las que la mayoría de las personas se encuentran térmicamente confortables. El hecho de que la producción de vivienda social brinde confort térmico de manera pasiva tiene no solo las ventajas de salud que conlleva el bienestar (Ormandy y Ezratty, 2012; Kaushik et al., 2020), sino que también las tiene de tipo económico y ambiental. Para los sectores sociales beneficiados los costos ahorrados en consumo energético para la climatización por medios mecánicos colaboran en reducir la “pobreza energética” (García Ochoa, 2014); por otra parte, esto mismo implica beneficios ambientales por el ahorro de emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs), ya que la matriz energética de la República Argentina está basada en un 89 % en petróleo y gas natural. Del total de los recursos energéticos primarios del país, se estima que entre el 35 y 40 % se destina al acondicionamiento climático del hábitat construido, en el que el uso residencial representa el 53 % (Evans, 2005).

El objetivo del presente trabajo es analizar y evaluar el comportamiento térmico y las condiciones de confort de una vivienda realizada con en el Gran San Miguel de Tucumán. En un trabajo previo (Ortega et al., 2019), se describió el comportamiento térmico durante invierno del presente caso de estudio bajo condiciones normales de uso. En dicho trabajo se midieron datos de temperatura y humedad relativa del aire en la sala y en el dormitorio principal durante doce días consecutivos; se encontraron valores de temperatura dentro del rango de confort de invierno (18 a 24 °C), en la cocina-comedor en muy pocos momentos, solo cuando las temperaturas

exteriores eran menos rigurosas y cuando se accionó en la cocina-comedor la estufa Rocket, alimentada a leña. Por su parte, el dormitorio registró valores dentro del rango de confort durante las noches solo por la presencia del sistema activo de calefacción.

Este trabajo completa el anterior mediante el estudio de las condiciones de verano, realizado a través del monitoreo higrotérmico de los mismos espacios interiores de la casa durante un periodo de 13 días consecutivos, con el edificio en condiciones de uso restringido, debido a que solo se ocupaba durante las noches. Se presentan los resultados del monitoreo y se analizan las condiciones térmicas interiores. Además, se estima mediante ASHRAE 55 las condiciones de confort interior en invierno y verano a través del Porcentaje de Personas Insatisfechas y del Voto Medio Predicho (PPD y PMV respectivamente, por sus siglas en inglés). El análisis de esta vivienda se considera relevante y un aporte al conocimiento en la materia, ya que representa el único caso conocido por los autores, en toda la provincia, en el que se utilizó la técnica tierra alivianada encofrada a través de un crédito del Pro.Cre.Ar., razón por la cual resulta un antecedente de valor en cuanto a la producción de viviendas en tierra a través de políticas públicas.

METODOLOGÍA

Se realiza una evaluación cuantitativa mediante mediciones térmicas con instrumental en distintos locales de la vivienda. Para el monitoreo se emplearon sensores HOBO UX100-003 para registrar datos de temperatura y humedad relativa del aire, con una precisión del 3,5 %. Los mismos se testearon en situación controlada de temperatura, mediante un sistema de acondicionamiento de aire con termostato a 46 °C y se corroboró que los cuatro sensores empleados estaban correctamente calibrados. La toma de datos se realizó cada 10 minutos durante un período de doce días en invierno y trece en verano. Los sensores se colocaron en la cocina-comedor, en el dormitorio principal, y en la galería norte para medir las condiciones exteriores de temperatura (Figura 3). También se realizó una evaluación cualitativa mediante entrevistas a sus ocupantes para conocer mejor respecto al funcionamiento de la vivienda; se aportaron planillas para hacerlos partícipes del monitoreo y que pudieran registrar los horarios de apertura y cierre de las aberturas.

Para determinar el confort térmico PMV según el estándar ASHRAE 55, se empleó el software SIMEDIF, en el cual se cargan los valores medidos y se obtienen gráficas con las sensaciones térmicas percibida por sus ocupantes en las distintas horas del período monitoreado.

DESARROLLO

Localidad de estudio

La municipalidad de Las Talitas se encuentra al norte de la ciudad capital de la provincia de Tucumán, siendo parte del Área Metropolitana de Tucumán (AMeT). Según la clasificación bioambiental expresada en IRAM 11.603, pertenece a la zona bioclimática I1b cálida, con amplitudes térmicas inferiores a 14°C. En esta zona es el verano la estación crítica, con valores de temperatura media mayores que 24 °C y de temperatura máxima superior a los 30 °C. El invierno se presenta más seco, con bajas amplitudes térmicas y temperaturas medias entre 8 °C y 12 °C. Como estrategias de diseño, IRAM recomienda para esta zona el uso de colores claros, utilizar elementos de gran aislación térmica en paredes y techos, orientar el eje principal en sentido E-O, proteger las superficies de la radiación solar, evitar superficies vidriadas en orientaciones E y O, y permitir la ventilación cruzada.

A partir del diagrama psicrométrico según el estándar ASHRAE 55 (Figura 1), utilizando el criterio de voto medio predicho (PMV), durante un año típico, la temperatura exterior alcanza el nivel de confort en un 13 % (1153 hs), el resto del año es necesario aplicar estrategias de diseño para

lograrlas. De las estrategias obtenidas, se destacan el sombreado en ventanas, para períodos cálidos, 16,7 % (1466 hs), y ganancia solar directa, para días fríos, 19,7 % (1724 hs).

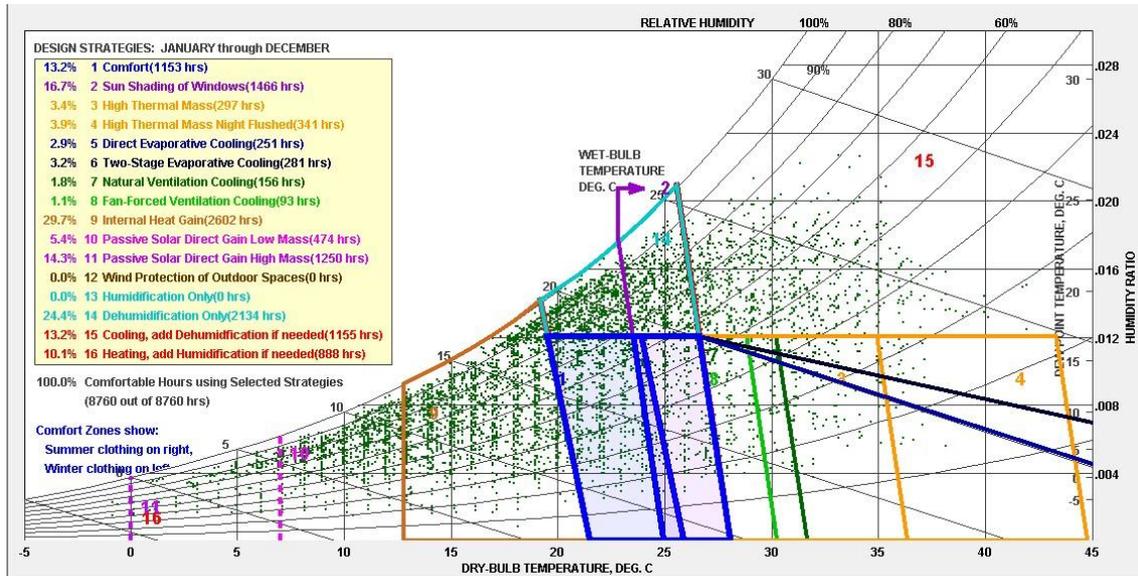


Figura 1. Diagrama psicrométrico según estándar ASHRAE 55. Fuente: Climate consultant

Objeto de estudio

El edificio a analizar consiste en una vivienda unifamiliar de 59,1 m² (Figura 2). Está constituida por una cocina-comedor, dos dormitorios y un baño, además del ante baño, pasillo de circulación y lavadero al exterior. Su morfología es prismática, con un eje principal en sentido este-oeste, quedando su cara mayor hacia el norte con una leve inclinación de solo 15 ° hacia el este. Si bien se tuvo en cuenta orientar la cara principal hacia el norte por cuestiones bioclimáticas, no se estudiaron correctamente las protecciones solares. Por un lado, el alero que se proyecta en la cara norte obstruye el ingreso de la radiación solar en invierno a partir de las 8 hs; a su vez, la galería adyacente a la cocina-comedor impide el ingreso de la radiación en todo momento. Según lo expresado por IRAM 11.603 y lo obtenido a partir del diagrama psicrométrico, se cumple con la estrategia de sombreado en verano mas no con la de permitir ganancias en invierno.



Figura 2. Imágenes del frente y contrafrente de la vivienda durante el monitoreo de verano. Fuente: elaboración propia.

En cuanto a su envolvente, los muros se materializan con tierra alivianada encofrada de 0,20 m de espesor, revocados con barro. El techo se resuelve con una cubierta de chapa galvanizada, por debajo una aislación térmica de tierra y paja de 0,08 m de espesor, dispuesta sobre una malla metálica sujeta a la estructura resuelta mediante vigas de rollizos de madera. El coeficiente

de transmitancia térmica k para los muros, siguiendo la metodología de Norma IRAM 11.601, es de $0,70 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para muros, mientras que para el caso del techo es de $1,66 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ y de $1,88 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (según sea verano o invierno respectivamente), por lo que se verifica, según IRAM 11.900, el nivel A/B y C para los muros y techos en condición de verano, respectivamente. Como se dijera anteriormente (Ortega y Garzón, 2018; Ortega, Garzón y Hernández, 2019), se observa que los muros tienen un buen comportamiento térmico debido a la baja conductividad del material, de $0,17 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ (Volhard, 2016). En cuanto al techo, el material tierra alivianada con paja, usado como como aislación térmica en este sistema constructivo, no resulta suficiente, razón por la cual se considera que mejoraría el comportamiento térmico si se agregase una capa de aislante de tipo resistivo.

Monitoreo térmico

La instancia de monitoreo de la vivienda tiene dos momentos: durante 12 días continuos en invierno, entre el 7 y el 18 de julio de 2018, para luego medir durante 13 días de verano, entre el 6 y el 18 de enero de 2019. A partir de la instalación de registradores HOBO, se relevan datos de temperatura y humedad relativa del aire en dos de los locales interiores, la cocina-comedor, ubicada hacia el extremo oeste de la planta, y el dormitorio principal que se ubica en el extremo opuesto (Figura 3). En ambos casos, se sistematizan los registros de horarios de apertura y cierre de carpinterías hechos por los usuarios mediante planillas aportadas por los autores, con el objetivo de tener una mejor interpretación del comportamiento térmico de la casa durante los días medidos.

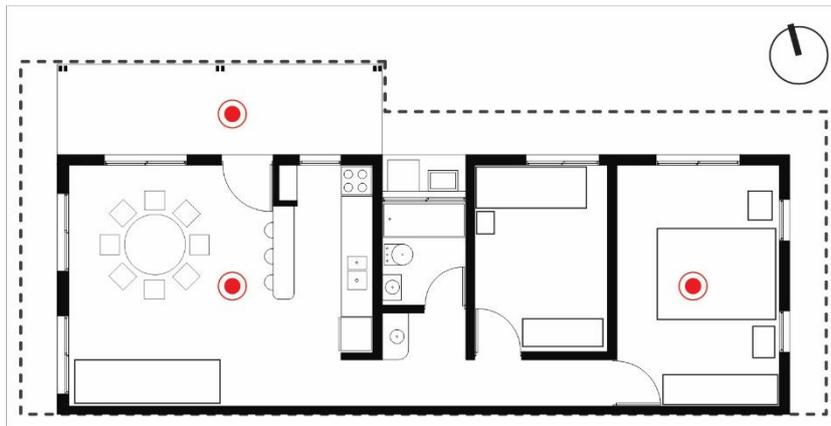


Figura 3. Ubicación de los hobos en la planta de la vivienda. Fuente: elaboración propia.

Para el caso de invierno, todas las aberturas se mantuvieron cerradas durante la etapa de registro. Los resultados del monitoreo térmico de los dos locales analizados, presentados junto a los de las temperaturas del exterior, se desarrollan a continuación.

Análisis térmico

Se presentan los resultados de los monitoreos, expresados en gráficos de curvas de los tres ambientes monitoreados. La figura 4 muestra las curvas de temperaturas y humedades relativas registradas entre el 7 y el 18 de julio de 2018 en los locales medidos y en el exterior, mientras que la figura 5 ilustra los resultados del período de verano, comprendido entre el 6 y el 18 de enero de 2019. A su vez, la tabla 1 muestra sintéticamente las temperaturas mínimas, medias y máximas del exterior y de los ambientes monitoreados durante todo el periodo analizado.

Tabla 1. Sistematización de las temperaturas registradas en ambos períodos

Ambiente	Temperaturas de INVIERNO (°C)			Temperaturas de VERANO (°C)		
	Mínima	Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima
Exterior	4.53	12.05	23.65	14.75	22.41	33.05
Cocina comedor	11.08	15.81	21.73	21.35	25.21	31.34
Dormitorio principal	14.32	18.01	23.72	21.99	25.81	30.40

Fuente: elaboración propia.

En invierno se observa que la temperatura exterior del período oscila entre una mínima de 4,53 °C el día 12 y una máxima de 23.65 °C el 14 de julio, con una media de 12,05 °C. Como se analizó anteriormente, los primeros cinco días de la serie son los que tuvieron los niveles de radiación más bajos, por lo que las temperaturas exteriores fueron también las menores, con una media de 9,67 °C, y a los que siguieron cuatro días con temperaturas medias crecientes debido a condiciones de cielo despejado y mayores niveles de radiación; también estos días hubo mayores amplitudes térmicas. En los interiores se observa claramente la diferencia entre ambas curvas debido al uso: si la cocina-comedor acompaña mejor las condiciones exteriores, aunque con menores amplitudes térmicas y una mayor diferencia el día 9 debido al encendido de la estufa Rocket, el dormitorio muestra un comportamiento de las temperaturas inverso al observado en el exterior, dado que en ese ambiente interior las máximas temperaturas se dan por las noches, situación que se explica por el sistema de calefacción utilizado durante las horas de descanso.

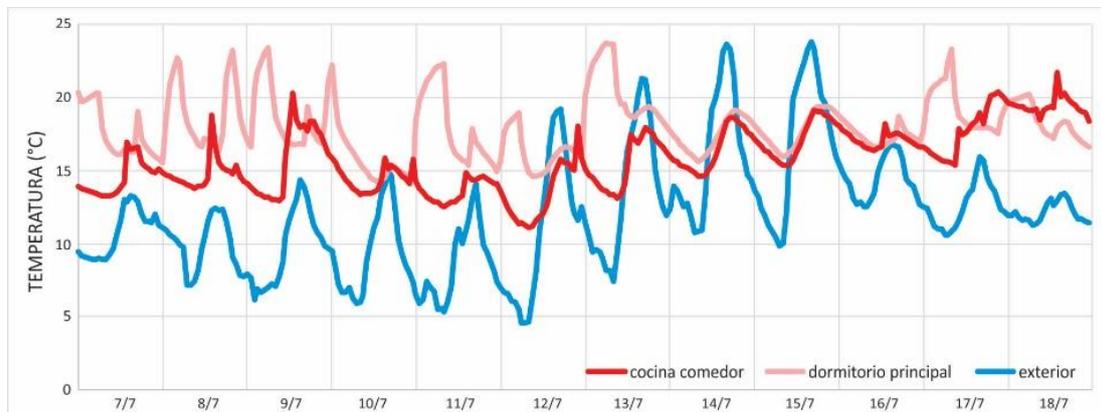


Figura 4. Curvas resultantes de las temperaturas medidas en el período de invierno. Fuente: elaboración propia.

La figura 5, por su parte, corresponde al período de verano, comprendido entre los días 6 y 18 de enero de 2019. Aquí la temperatura media es de 22,41 °C, con una mínima de 14,75 °C el día 11, y una máxima de 33,05 °C el día 8. Como es de esperar, los días con mayores temperaturas corresponden a los días despejados con buenos niveles de irradiación solar. Se observa, respecto a las temperaturas interiores, un comportamiento muy similar, aunque el dormitorio principal se mantiene durante toda la serie, por lo general, con temperaturas un poco más elevadas. Esta situación persiste durante los primeros ocho días de registro, observándose las mayores diferencias los últimos dos días.

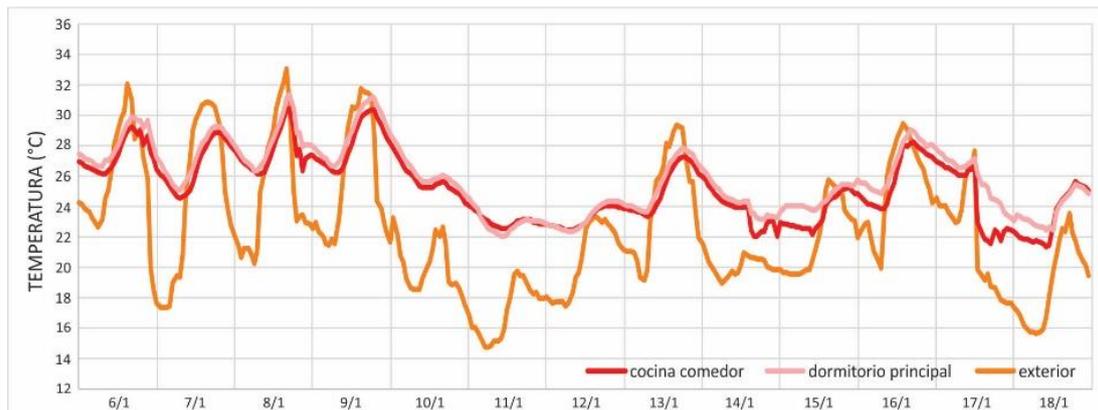


Figura 5. Curvas resultantes de las temperaturas medidas en el período de verano. Fuente: elaboración propia.

Se observa en ambos períodos medidos, el efecto de la acumulación de la masa térmica de la vivienda que reduce las amplitudes térmicas interiores respecto a las exteriores. En verano, las diferencias entre ambas son menores debido a que existen en este período mayores niveles de renovaciones de aire por la apertura de las carpinterías y el consiguiente intercambio convectivo con el exterior.

Confort térmico (ASHRAE 55)

El confort térmico interior se analiza a partir del estándar ANSI/ASHRAE 55. El propósito de esta norma es especificar las combinaciones de factores ambientales térmicos interiores y factores personales que producirán condiciones ambientales térmicas aceptables para la mayoría de los ocupantes dentro del espacio. Estima las condiciones de confort a partir del Voto Medio Predicho (PMV, por sus siglas en inglés). El PMV es un índice que predice el valor medio de los votos de un grupo grande de personas en una escala de sensación térmica de siete puntos. Esta escala va desde el -3, frío, al 3, muy cálido, pasando por el valor 0 neutro. Mientras que el PPD (Porcentaje de Personas Insatisfechas), establece una predicción cuantitativa del porcentaje de personas insatisfechas térmicamente determinado a partir de PMV (ASHRAE Standard 55, 2004). Ambos índices, PMV y PPD, son los más utilizados en la actualidad para analizar el confort térmico (Cheung et.al. 2019).

Para este trabajo se recurrió al software SIMEDIF (Flores Larsen, 2019), que cuenta con un módulo de confort que calcula estadísticas basadas, justamente, en el modelo PMV-PPD. Para los períodos monitoreados, se detectan en invierno 18 hs de confort (PPD < 15%), las cuales representan un 6% del total. Mientras que, para verano, las horas de confort son 147 hs, correspondientes a un 46% del total (Tabla 2).

Tabla 2. Sistematización de las horas por ambiente correspondientes a diferentes valores de PMV

Locales	Invierno						Verano					
	Exterior		Cocina-Comedor		Dormitorio		Exterior		Cocina-Comedor		Dormitorio	
Valores PMV	Hs	%	Hs	%	Hs	%	Hs	%	Hs	%	Hs	%
PMV>2.5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1.5<PMV<2.5	0	0	0	0	0	0	42	13	39	12	48	15
0.5<PMV<1.5	0	0	0	0	0	0	58	18	183	58	195	62
-0.5<PMV<0.5	18	6	28	9	55	19	147	46	89	28	68	21
-1.5<PMV<-0.5	36	12	160	55	219	75	63	20	0	0	0	0
-2.5<PMV<-1.5	155	53	98	34	13	4	0	0	0	0	0	0
PMV<-2.5	78	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: SIMEDIF y elaboración propia.

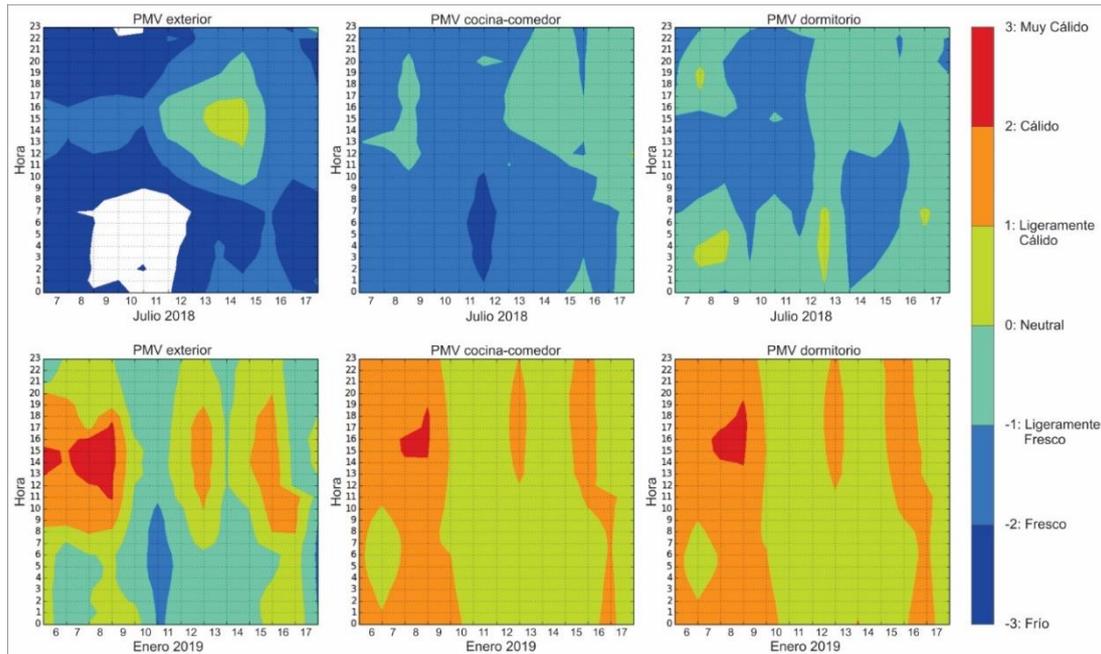


Figura 6: gráficos de PMV para los ambientes medidos en invierno y verano. Fuente: elaboración propia.

Se observa que, para el invierno, los locales monitoreados presentan sensaciones térmicas más próximas al confort que el exterior (Figura 6). Sin embargo, hay una sensación de frío en ambos casos. Para la cocina-comedor, predomina la sensación “ligeramente fresco” (160 hs, 55%), con la presencia de unas horas de “fresco” (98 hs, 32%). La situación mejora en el dormitorio principal, habiendo horas neutras, entre -0.5 y 0.5 (55 hs, 19%). Esto puede deberse a dos factores, por un lado, a la ganancia térmica producida por la radiación solar directa por ventanas, sistema pasivo y, por otro lado, al accionamiento del sistema activo de calefacción usado por las noches.

En la situación de verano, se observa una sensación más cálida en el interior con respecto al exterior. Para el caso exterior, hay horas de sensación fresca a ligeramente fresca (63 hs, 20%) mientras que en el interior no existen momentos con esos niveles de sensación térmica. El comportamiento de la cocina-comedor es muy similar al de la habitación principal, presentando una preponderancia de horas ligeramente cálidas (58% y 62%, respectivamente), seguida de las horas en confort térmico (28% y 21% respectivamente).

DISCUSIONES

En el período de verano monitoreado, el porcentaje de horas de confort (46%), supera ampliamente a la media anual (13%), por lo que se considera que las temperaturas son favorables. Sería muy pertinente contar con un período de monitoreo con temperaturas más críticas que caracterizan mejor a la localidad de estudio.

Por otro lado, durante el invierno, el dormitorio principal mantuvo un sistema de calefacción activa, por lo que los resultados de las temperaturas interiores no se deben al comportamiento térmico pasivo de la vivienda. Para un mejor entendimiento del comportamiento térmico a partir de las estrategias bioclimáticas es necesario realizar un monitoreo con la estufa apagada durante todo el período. A pesar de ello, la necesidad de encender la estufa en invierno advierte que el usuario no alcanza los niveles de confort deseados prescindiendo de ella.

CONCLUSIONES

El caso analizado, fue monitoreado térmicamente en invierno y en verano, y manifiesta un comportamiento aceptable por los resultados que arroja, en el que las temperaturas mínimas interiores son superiores a las exteriores y las máximas inferiores, hecho que denota su amortiguamiento térmico. En cuanto al confort se perciben menos horas de sensaciones desfavorables en el interior con respecto al exterior.

Para el caso de invierno, se observa un comportamiento favorable de la vivienda. Las temperaturas mínimas interiores son más elevadas que las exteriores y se percibe un importante amortiguamiento térmico. El dormitorio principal, presenta temperaturas más elevadas durante la noche debido al uso del sistema activo de calefacción. Se concluye, que si bien, las temperaturas interiores son más confortables que las exteriores, no se alcanza el confort térmico y es necesario recurrir a sistemas activos para mejorar esta situación.

Para el verano, se observa que las temperaturas interiores son superiores a la exterior. A raíz de ello el porcentaje de horas de confort térmico en los locales (28% y 21%), resulta inferior al del espacio exterior (46%). Esto puede deberse a las ganancias térmicas por la cubierta. Sin embargo, se percibe un importante amortiguamiento de la temperatura.

Se concluye que las estrategias pasivas adoptadas en función de lograr un buen comportamiento térmico no son suficientes. Si bien la envolvente opaca presenta propiedades térmicas aceptables según las recomendaciones de IRAM, por diversos factores no se alcanza el nivel de confort deseado en el interior de los espacios. Una de las razones principales es de contexto, que impide buenos niveles de radiación sobre la envolvente durante el invierno. Aunque también por insuficiente aislación térmica en el paquete constructivo del techo y carpinterías.

El conocimiento del comportamiento térmico de la vivienda permite validar modelos físicos con los cuales se pueden analizar estrategias de rehabilitación energética a futuro.

BIBLIOGRAFÍA

- ASHRAE Standard 55 (2004). Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE), Inc. Atlanta, EUA, 2004.
- Cheung, T., Schiavon, S., Parkinson, T., Li, P., & Brager, G. (2019). Analysis of the accuracy on PMV-PPD model using the ASHRAE Global Thermal Comfort Database II. *Building and Environment*, 153, 205-217.
- Evans, J. M. (2005). Energía en el hábitat construido: panorama en Argentina. Univesitarias UBA.
- Flores Larsen (2019). SIMEDIF. Software para el cálculo del comportamiento térmico transitorio de edificios. Manual del usuario. INENCO-UNSa-CONICET. Salta, Argentina.
- García Ochoa (2014). Pobreza energética en América Latina. Comisión Económica para América Latina (CEPAL). Impreso en Naciones Unidas, Santiago de Chile.
- Kaushik, Arif, Tumula, y Ebohon (2020). Effect of thermal comfort on occupant productivity in office buildings: Response surface analysis. *Building and Environment*, Vol. 180, agosto 2020, 107021.
- ISO 7730 (2005). Ergonomics of the thermal environment. Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. International Standards Organization.
- Ormandy y Ezratty (2012). Health and thermal comfort: From WHO guidance to housing strategies. *Energy Policy*, Vol. 49, pp. 116-121.
- Ortega, Garzón y Hernández (2019). Monitoreo y simulación térmica de una vivienda PRO.CRE.AR en tierra en el Gran San Miguel de Tucumán. Acta de la XLII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Medio Ambiente (ASADES), Vol. 7, pp. 01.267-01.275, 2019. Impreso en la Argentina. ISBN 978-987-29873-1-2
- Ortega y Garzón (2018). Evaluación térmico-energética de una vivienda en tierra ejecutada a través del PRO.CRE.AR. (RIBERA, Argentina). *Revista Extensionismo, innovación y transferencia tecnológica - Claves para el desarrollo*, ISSN 2422-6424, FACENA- UNNE, Corrientes – Argentina, volumen 5 / año 2018-2019.
- SV, Secretaría de Vivienda (2019). Estándares Mínimos de Calidad para Viviendas de Interés Social. Marco para la promoción de viviendas inclusivas, asequibles y sostenibles. Ministerio del Interior, Obras Públicas y Vivienda. Presidencia de la Nación. Buenos Aires, Argentina.
- Volhard (2016). Construire en Terre Allégée. Actes Sud. Portugal.