

ANÁLISIS TÉRMICO INVERNAL DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR NO-TRADICIONAL EN LA CIUDAD DE MENDOZA

Gustavo Barea¹, Carolina Ganem² y Alfredo Esteves³

^{1,2 y 3}Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda
Instituto de Ciencias Humanas, Sociales y Ambientales (INCHUSA- CONICET)
C.C. 131. C.P. 5500, Mendoza, Argentina Tel. (0261) 5244309, Fax. (0261) 5244001
E-mail: gbarea@lab.cricyt.edu.ar

RESUMEN: El objetivo de este trabajo se centra en evaluar el comportamiento térmico de invierno de una vivienda terminada en el año 2006 en la ciudad de Mendoza. Su tipología responde directamente a la influencia del racionalismo del Norte de Europa y ha sido construida con tecnología contemporánea que atiende a una mayor eficiencia energética. Sus elementos transparentes representan el 25.5% del total de la envolvente expuesta y se materializan con DVH, vidrio laminado tonalizado y carpintería con ruptura de puente térmico. Parte de sus elementos opacos presentan aislamiento térmico. A dicho fin se realiza una auditoría térmica y energética en Junio y Julio de 2009, que se completa mediante simulaciones. Se presentan recomendaciones para mejorar su comportamiento.

Palabras Clave: movimiento moderno, envolvente, comportamiento térmico, invierno.

1. INTRODUCCIÓN

La Revolución Industrial introdujo la idea de que el hombre podría liberarse, a través de la tecnología, de las limitaciones impuestas por la naturaleza y de las penalidades del mundo físico. La idea de naturaleza que el pensamiento científico, de Newton en adelante, había producido y que la sociedad moderna, en sus componentes dominantes, había adoptado, era la de una naturaleza-máquina, reducible a sus partes constituyentes, transparente en su funcionamiento, previsible en su comportamiento (y, en definitiva, potencialmente dominable del todo por el hombre). (Manzini, E., 1991)

En términos urbanísticos y arquitectónicos esto supuso que las ciudades incrementaran su desequilibrio y perdieran algunos aspectos de integración con el entorno, abasteciéndose de recursos no-renovables y desplazando sus vertidos a otros territorios. Los edificios se volvieron máquinas herméticas y aisladas de un medio externo que se entendía sistemáticamente como hostil, y se centraron en la creación de un clima interior regulado artificialmente, lo cual sólo fue posible a costa de un elevado consumo energético. El Movimiento Moderno, promotor de estos edificios, propuso, -además de la racionalización, el funcionalismo y la estandarización de los procesos constructivos- un modelo de arquitectura fuertemente abstracta, en el sentido en que no hacía referencia al lugar donde se construía. A este modelo de arquitectura, surgido a partir de la Revolución Industrial, se le denominó "*estilo internacional*" que propulsaba una forma de proyectar universal y desprovista de rasgos regionales. (De Fusco, R., 1994)

A partir de las obras de Walter Gropius, Mies van der Rohe y Phillip Johnson, entre otros; el estilo internacional, se difundió a escala global, dando origen a nuevas tipologías de vivienda que comenzaron a replicarse en distintas partes del mundo. El uso de nuevos materiales industrializados, como el hormigón armado, el acero y el vidrio plano en grandes dimensiones permitían la configuración de amplios espacios interiores ininterrumpidos por la estructura, logrando una nueva imagen y una nueva percepción espacial de la arquitectura. La desmaterialización volumétrica de la arquitectura es posible dada la transparencia compositiva de las esquinas del prisma a partir de la utilización del material "inmaterial" por excelencia: el vidrio.



Figuras 2a, 2b y 2c. Edificios representativos de la corriente. 2a, la casa "Farnsworth" de Mies van der Rohe. (1950)
2b, 2c, la casa "Glass House" de Phillip Jonson. (1949)

¹ Arquitecto – Becario ANPCYT (PICT 06-1963)

² Doctora Arquitecta – Investigadora Asistente CONICET

³ Ingeniero Industrial – Investigador Independiente CONICET

En el caso de la casa Farnsworth el vidrio representa el 43% del total de la envolvente expuesta al exterior siendo la relación entre la superficie de piso y la envolvente vidriada del 78% (Ver Figura 2a). Si bien el vidrio es transparente por lo que permite que un alto porcentaje de luz solar ingrese en la vivienda, éste también ofrece muy poca resistencia al intercambio de flujos energéticos desde y hacia el exterior. Para atender a los requerimientos de confort de los edificios y a las búsquedas expresivas de esta arquitectura, durante las últimas dos décadas, la vidriería ha hecho grandes avances y ha desarrollado una nueva generación de materiales que ofrecen mayor eficiencia en el control del intercambio energético.

La envolvente puede definirse como un límite dinámico y selectivo entre el interior y el exterior, en el que pueden ser concebidas las principales estrategias pasivas y expresivas. En la Arquitectura Sostenible el nexo entre el comportamiento del edificio y el diseño de la envolvente es crítico. De cualquier piel bien construida se espera que mantenga fuera el viento, la humedad y la lluvia; que permita el ingreso de la luz y del aire; que conserve el calor y que provea de seguridad y de privacidad. En un edificio sostenible también se espera que regule los efectos del clima sobre el sistema energético, que colecte y almacene el calor, que redirija la luz, que controle el movimiento del aire y que genere energía. (Ganem, 2006)

En la ciudad de Mendoza, Argentina, cuyo clima es templado continental con grandes amplitudes térmicas en inviernos fríos y veranos cálidos, también se cuenta con edificaciones cuya tipología responde a la planteada por el Movimiento Moderno del Norte de Europa. Si bien las mismas son casos puntuales y no responden a lo que se considera arquitectura tradicional en la región, existe una tendencia creciente en la construcción de las mismas. Se han realizado diversos estudios para evaluar el comportamiento térmico y lumínico de fachadas vidriadas en este tipo de climas. (Ganem et. al, 2003 y 2005; Esteves et al, 2003; entre otros)

El objetivo de este trabajo se centra en evaluar el comportamiento térmico de invierno de una vivienda terminada en el año 2006 en la ciudad de Mendoza. Su tipología responde directamente a la influencia del racionalismo del Norte de Europa y que ha sido construida con tecnología contemporánea que atiende a una mayor eficiencia energética. Sus elementos transparentes se materializan con DVH, vidrio laminado tonalizado y carpintería con ruptura de puente térmico y parte de sus elementos opacos presentan aislamiento térmico.

2. UBICACIÓN: CLIMA DE MENDOZA

La ciudad de Mendoza, (32° 40' latitud sur, 68° 51' longitud oeste y 827 m.s.n.m.), presenta un clima templado continental. La necesidad anual de calefacción en Grados- Día (base 18°C) es de 1384°C día/año. Las temperaturas varían entre -6°C en Invierno y 37°C en verano, con variaciones diarias de aproximadamente 10 a 20°C. La radiación global promedio anual sobre superficie horizontal en invierno es 9.4 [MJ/m2.día] y en verano 26.10 [MJ/m2.día].

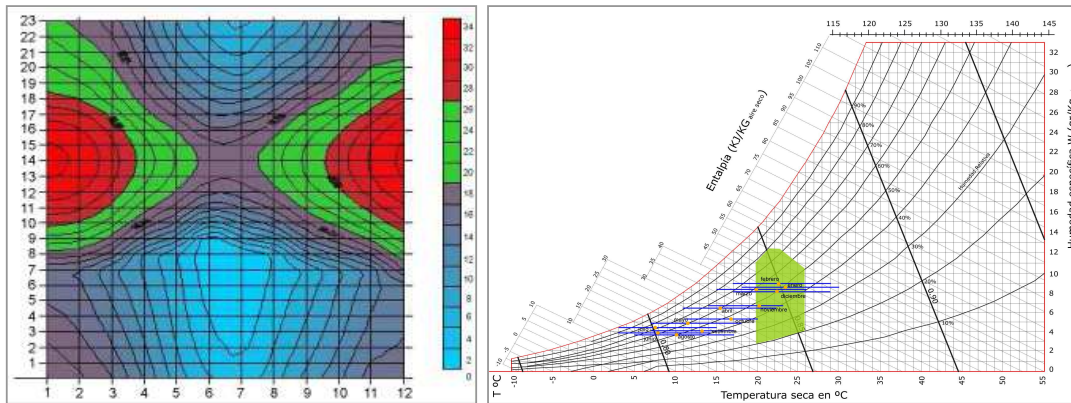


Figura 3a y b. Calendario de temperaturas promedio para cada mes y hora del año de la ciudad de Mendoza, y Diagrama psicrométrico. Zona de confort: aproximadamente entre 20°C y 27°C y 20 y 80% de HR.

En la Figura 3a se observa el calendario de temperaturas promedio para cada mes y hora del año. En el mismo se encuentra delimitada en verde la zona de confort entre los 20°C y los 27°C. Los colores rojos representan temperaturas superiores, y los azules temperaturas inferiores a dicha zona. En los meses de invierno se nota una importante necesidad de calefacción. Mayo, Junio y Julio presentan temperaturas cercanas a 0°C aproximadamente 6-8 horas al día y sólo las 2 horas en las que se encuentra comprendido el mediodía solar (entre las 13 y las 14 horas oficiales) las temperaturas pueden llegar a los 18°C. En la Figura 3b se presenta el diagrama psicrométrico para Mendoza. Las temperaturas en invierno se encuentran fuera de la zona de confort. Las estrategias recomendadas para estos casos son la inercia térmica y la ganancia solar pasiva. (Givoni, 1998).

3. DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Se tomó como unidad de análisis una vivienda unifamiliar con una superficie cubierta de 87m2 que pertenece a un conjunto habitacional privado del área metropolitana del Gran Mendoza. Esta vivienda fue concebida para una sola persona, una mujer mayor, que encomendó “una vivienda de carácter austero y moderno que privilegiara la relación con el verde de todos los ambientes de la casa”. La vivienda presenta una tipología compacta y transparente construida sobre un lote de 15m x 26m,

dejando que el jardín la rodee. De acuerdo con los arquitectos “la estrategia compositiva se funda en establecer asociaciones a referentes modernos que aseguran un horizonte histórico de legitimidad”. La construcción está dispuesta en un nivel, elevada sobre una plataforma, y dos planos horizontales con rigor geométrico y elegancia constructiva contienen el espacio habitable (Figura 4a). El plano de cubierta articula al basamento por medio de planos verticales que identifican la envolvente. Materiales rígidos soportan el peso, y el material frágil -el vidrio- envuelve y a la vez desliga de pesadez a la cubierta, otorgando, por contraste, sensación de liviandad (Figura 4b). En todo su perímetro el techo presenta un voladizo variable entre 1 y 3 metros. Esta variación responde a búsquedas formales y no consideraciones relativas a las orientaciones.

Como sistema de calefacción cuenta con una estufa de tiro balanceado de 6000 Kcal/h cuyo rendimiento es del 75% y está instalada en el pasillo interno entre los dos dormitorios. No cuenta con sistema de refrigeración. Su localización se indica en la Figura 4d mediante rectángulo amarillo.

Si bien la vivienda mantiene los criterios compositivos de los referentes modernos, (y la relación entre superficie de piso y envolvente vidriada es de 54%, por lo que sigue siendo elevada); la misma disminuye en relación con su referente tipológico (que presentaba una relación del 78%). El total de la envolvente expuesta es de 185m² y se materializa de la siguiente forma:

- Elementos transparentes:** 25,5% del total de envolvente expuesta. Carpintería de aluminio, Línea Aluar A30 New RPT, con ruptura de puente térmico. Compuesta por: Vidrio laminado 5+5, cámara de aire de 6mm más vidrio de 4mm por el lado de adentro. Uno de los vidrios posee un tonalizado gris. Para protección visual posee cortinas interiores, no presenta protección externa. Transmitancia térmica $K = 3.10 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.
- Elementos opacos puertas:** 1,9 % del total de envolvente expuesta. Puerta placa de madera Transmitancia térmica $K = 2.2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.
- Elementos opacos muros:** 25,6 % del total de envolvente expuesta. Ladrillo macizo de 0.20m de espesor, revocado en ambas caras, sin aislación térmica. Transmitancia térmica $K = 2.40 \text{ W/m}^2 \text{ K}$, y
- Elementos opacos techo:** 47 % del total de la envolvente expuesta. Chapa autoportante galvanizada prepintada n°25, aislamiento térmico de lana de vidrio con ruberoid 7cm, cámara de aire 20cm, aislamiento térmico de lana de vidrio 5cm y cielorraso de madera. Transmitancia térmica $K = 0,51 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

En la Figura 5 se presenta un detalle del sistema constructivo.

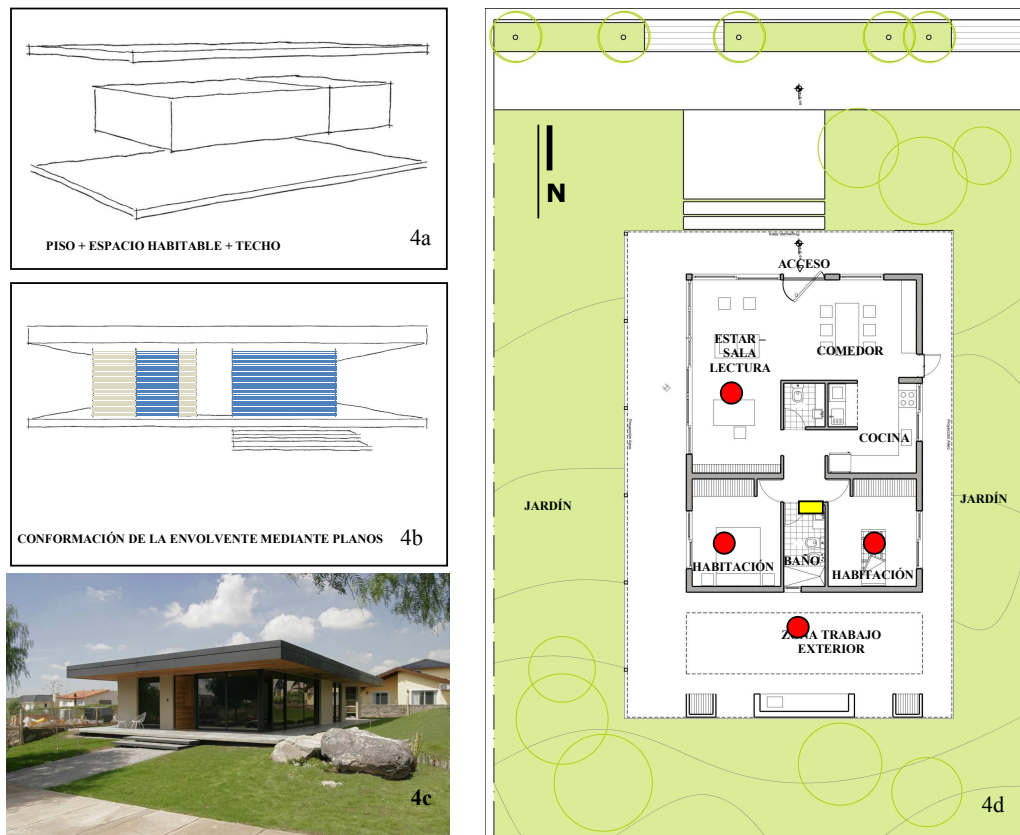


Figura 4a Esquema formal compositivo, 4b Esquema de envolvente, 4c Fachada noroeste y 4d Planta.

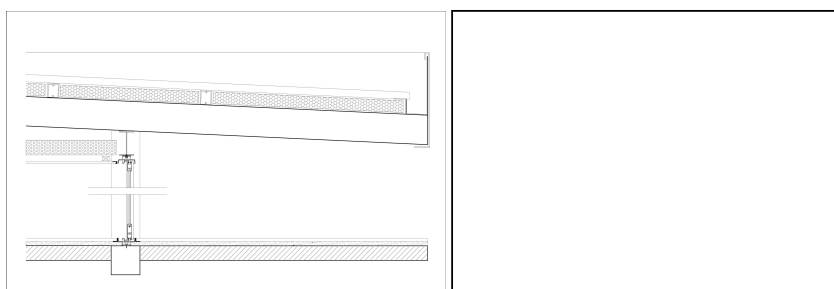


Figura 5. Detalle del sistema constructivo.

4. INSTRUMENTOS Y METODO

Se realizó una auditoría térmica y energética que incluyó una entrevista y una campaña de medición de invierno: Para la entrevista se aplicó una metodología directa, persona a persona, con preguntas orales abiertas; atendiendo a cualificar la percepción de confort térmico de la habitante. La misma se realizó en dos instancias, al comienzo, al momento de colocar el instrumental de medición y luego de 19 días, cuando se extrajo el mismo.

Para realizar las mediciones *in situ* se utilizaron 4 micro-adquisidores de datos HOBO U10 (temperatura y humedad). Uno, localizado en el exterior a la sombra, dos de ellos ubicados en cada uno de los dormitorios y otro ubicado en el estar-comedor. La posición de los mismos se indica mediante círculos rojos en la Figura 4d. Todos estaban suspendidos en el centro del espacio, alejados de la influencia de los elementos constructivos con masa. El período de medición fue de 19 días incluyendo fines de semana para medir durante días laborales y no laborales entre el 27-06-2009 y el 15-07-2009. El intervalo de toma de datos se fijó en 15 minutos. Para el procesamiento de la información se utilizó el “Excel” y el “HOBOWarePro”. Se tomaron las lecturas del medidor de gas antes y después del procedimiento realizado para obtener el consumo en el período auditado.

Debido a que el período medido registró temperaturas superiores a las caracterizadas en los promedios mensuales para la estación invernal, (Ver Tabla 1) se decide completar la auditoría a partir de la simulación de las condiciones térmicas exteriores usuales para Mendoza en junio. Promedios mensuales obtenidos de los registros entre 1960 y 1980. Las temperaturas horarias para la simulación se obtuvieron con el método de Mahoney (Esteves, A., 1987). Para la simulación se usó el programa Simedif para windows (Flores Larsen S. et al., 2000). Para validar los resultados obtenidos por parte de la simulación con la realidad, se simulan en una primera etapa las condiciones medidas con los aportes energéticos auxiliares auditados. Una vez ajustado el modelo con una correspondencia de $R^2 = 0.818$ (Ver Figura 6) se simula el comportamiento térmico de la vivienda con las temperaturas características del período sin modificar los aportes de energía auxiliar medidos.

Tabla 1. Temperaturas promedio y medidas para junio/julio.

	Temperaturas Promedio (Esteves, 1987)	Temperaturas Medidas
T MIN MEDIA	1.6	8
T MAX MEDIA	15.8	17
T MIN ABSOLUTA	-7.2	2
T MAX ABSOLUTA	28.7	23
T MEDIA	7.7	13

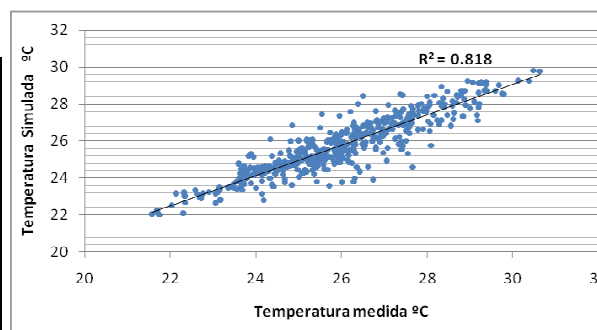


Figura 6. Correlación entre temperaturas medidas y simuladas.

5. RESULTADOS

5.1 Entrevista

La propietaria hace 3 años que vive en la vivienda, por lo que ha podido experimentar una cantidad suficiente de inviernos para poder evaluar en forma subjetiva su percepción de confort. Las preguntas de la entrevista se orientaron a la percepción de la habitante en distintos momentos del día, durante la estación invernal. También se relevó la frecuencia de uso de la calefacción auxiliar para lograr un estado confortable. Estos datos de energía auxiliar se utilizaron para analizar las mediciones y poder ajustar la simulación.

La propietaria respondió que si bien necesitaba calefacción auxiliar, siente una temperatura agradable la mayor parte del día, ya que siente frío en las horas de la madrugada en la habitación Este (en la que duerme). La usuaria realiza una graduación constante del termostato de la estufa, según el momento del día. Durante el día la estufa se mantiene en piloto o al mínimo mientras que durante las horas de la noche la misma se encuentra al máximo de su potencia. No obstante las temperaturas a la madrugada son inferiores a las que desearía tener su propietaria, lo que hace pensar que en el caso de las temperaturas usuales de invierno en Mendoza, esta situación se agrava.

5.2 Mediciones In Situ – Térmicas y Energéticas

En la Figura 7 se muestran las temperaturas registradas de cada ambiente en la vivienda y del exterior durante los días 27-06-2009 al 15-07-2009.

Givoni (1998), define rango de confort como la zona en la cual no se produce un sentimiento de incomodidad. Una franja muy similar a la zona de neutralidad térmica, que varía según los individuos, los tipos de vestido y la naturaleza de la actividad que se realiza. Para el caso de edificaciones sin acondicionamiento permanente este rango varía entre 18°C y 25°C. La edad juega un papel importante en los requerimientos térmicos, las personas mayores de 40 años prefieren generalmente una temperatura un grado más elevada que los hombres o mujeres de menor edad. Debido a que la habitante de la vivienda en estudio es una persona mayor, el rango de confort se considera entre 19°C y 26°C.

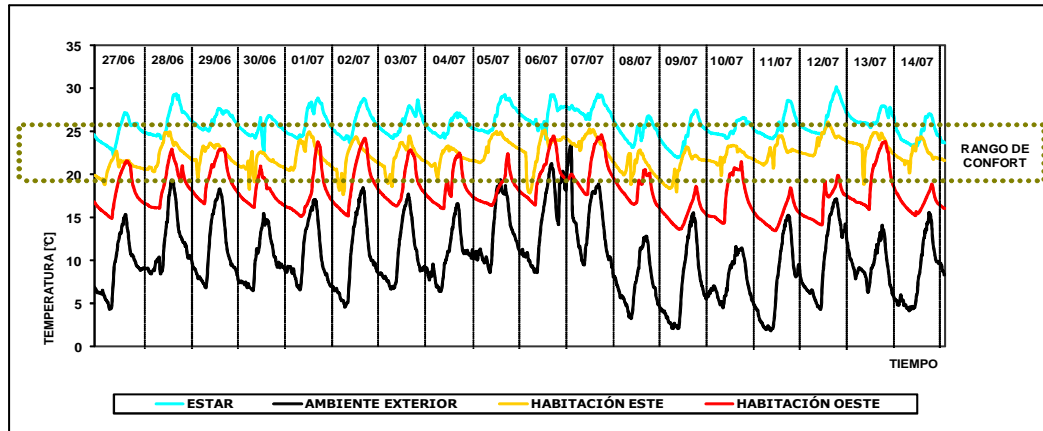


Figura 7. Mediciones de Temperatura

Durante el período de medición, las temperaturas absolutas interiores varían entre los 15°C y 28°C y las exteriores entre los 2°C y 23°C en la totalidad de la vivienda. Por lo tanto la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior posee un valor medio de 8°C. Nótese que la Habitación Oeste, en las horas nocturnas baja considerablemente su temperatura fuera de la zona de confort. Esto se debe a que la misma se encuentra cerrada y se usa para depósito.

Si se consideran los espacios de la casa que están habitados, esto excluye la habitación Oeste que se utiliza como depósito, las temperaturas absolutas interiores varían entre los 19°C y 28°C por lo tanto la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior posee un valor medio de 11°C. El dormitorio Este alcanza temperaturas mínimas cercanas a los 18 °C durante la noche y máximas de 25°C durante el día. Esta diferencia de temperatura es la que se influenciará el consumo de la vivienda.

Las mediciones del Estar, son superiores a las temperatura de los demás ambientes, ya que el mismo se ubica al Norte y posee ganancia solar directa. En horas nocturnas, gracias a la inercia térmica del piso y a la resistencia de la envolvente, la temperatura se mantiene dentro del rango de confort. No obstante se observa que parte de los elementos vidriados que podrían recibir ganancia directa se encuentran en sombra permanente. Esto se debe a que los voladizos que conforman las galerías no han sido diseñados como parte del sistema pasivo.

Cabe destacar que el sistema de calefacción, estufa tiro balanceado, permanece encendido durante todo el día, al máximo durante la noche. Bajo este régimen, durante el período medido los espacios habitados de la vivienda consumieron 22.1 m³ de acuerdo con las lecturas obtenidas. Esto implica un consumo energético anual en el orden de 50 kWh.m²/año. Este valor es elevado en relación con el criterio de consumo buscado de <15 kWh.m²/año tomado como referencia de lo propuesto por el proyecto Passivehouse del Programa Europeo SAVE integrante de las actuaciones para Energía Inteligente-Europa (EIE) (Romero, M. 2008). Asimismo, los valores calculados para viviendas bioclimáticas con tipología compacta, similar a la del caso de estudio, se encuentran dentro del mismo rango propuesto por la Unión Europea, demostrando que el mismo es factible de ser alcanzado. (Ganem, C. 2006)

5.3 Simulación Térmica

En la Figura 8 se muestran las temperaturas exteriores medidas y las que corresponden al promedio para el mes de Junio en Mendoza (Esteves, A. 1987). Se observa una mayor variación entre los valores correspondientes a las temperaturas mínimas. Por lo tanto, en general, las temperaturas medidas presentan una menor amplitud térmica.

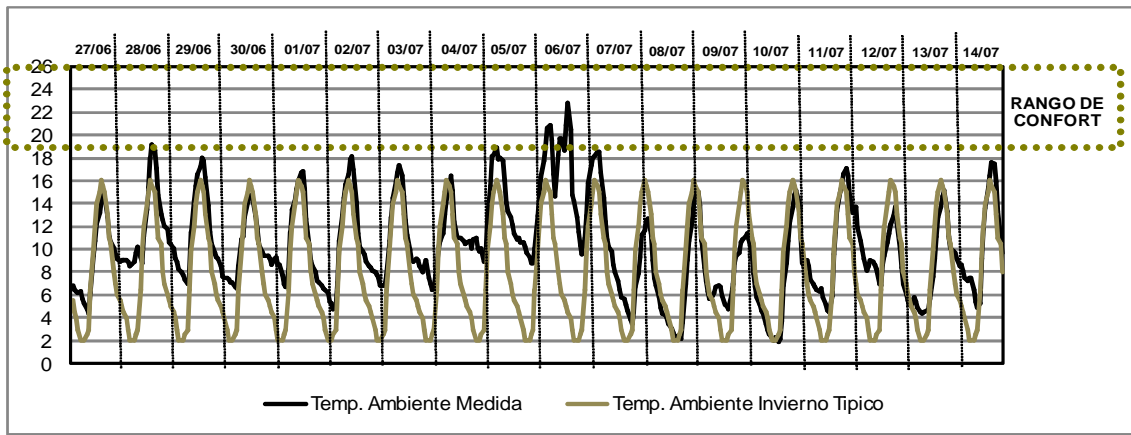


Figura 8. Comparación de temperaturas ambientes: Medida – Promedio para Mendoza

En las Figuras 9, 10 y 11 se muestran las temperaturas simuladas para cada ambiente de la vivienda con las condiciones exteriores características del mes de Junio en Mendoza. En la Figura 9, en la que se presenta el Estar, las temperaturas interiores se mantienen dentro del rango de confort entre 19°C y 26°C aunque presentan una disminución promedio de 3.5°C con respecto a las temperaturas medidas.

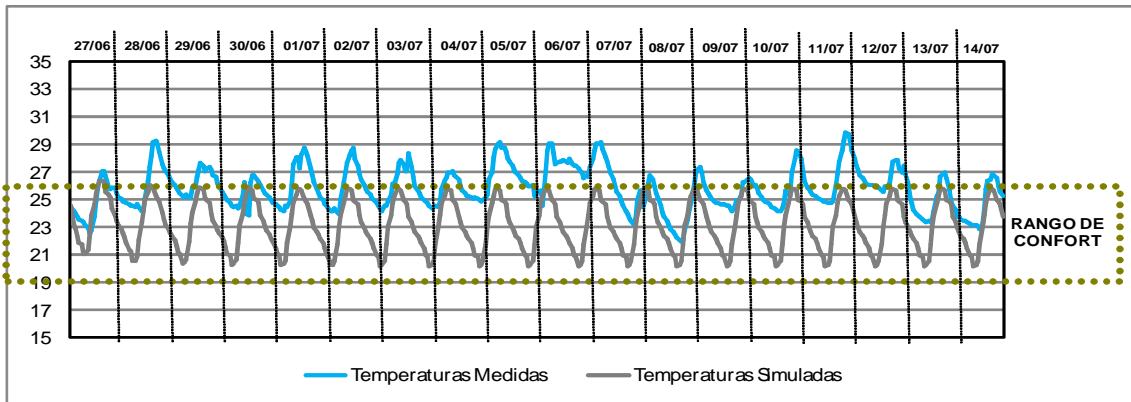


Figura 9. Simulación de Temperaturas del Estar. Comparación con Temperaturas medidas.

En la Habitación Este las temperaturas se encuentran más cerca del rango de confort que las temperaturas simuladas de la Habitación Oeste. Esto se debe a que la primera permanece con la puerta abierta y por lo tanto recibe la influencia de la calefacción auxiliar. (Figura 10). Durante la encuesta se determinó que la habitante por momentos no se encontraba en confort en este espacio, especialmente a la madrugada (ver temperaturas medidas en amarillo). Si consideramos el comportamiento térmico de este espacio con la situación exterior simulada, dicha habitación se encuentra en forma permanente bajo el parámetro de confort. Lo cual hace suponer la necesidad de incrementar el consumo energético auxiliar o de hacer el mismo más eficiente mediante protecciones nocturnas en los elementos vidriados que incrementen la resistencia de la envolvente, o bien cerrando la circulación de las habitaciones al Estar para concentrar el calor auxiliar en la zona nocturna. Esto último afectará el comportamiento de la zona diurna ya que dejará de recibir calor auxiliar.

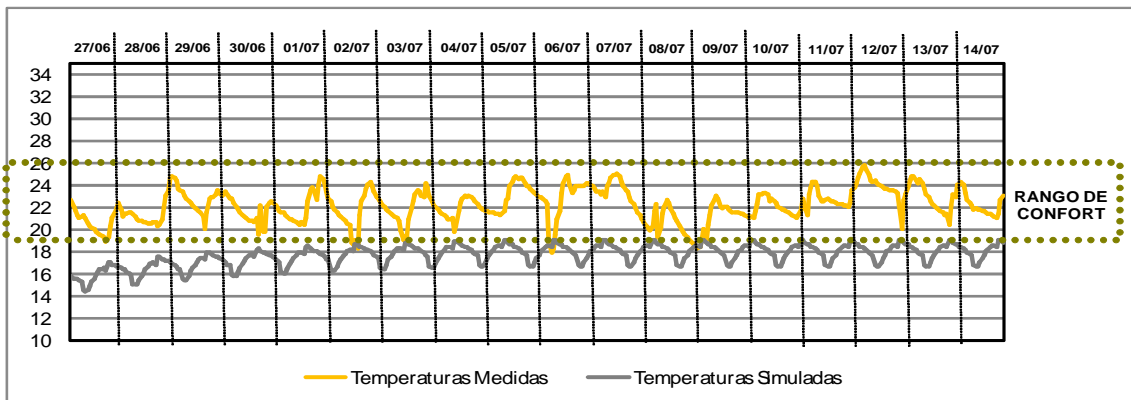


Figura 10. Simulación de Temperaturas de la Habitación Este. Comparación con Temperaturas medidas.

En la Figura 11 se presenta la habitación Oeste, la cual permanece cerrada a la influencia de la energía auxiliar ya que no se utiliza como espacio habitable. Las temperaturas simuladas se encuentran en promedio 4°C por debajo de los 19 °C establecidos como parámetro mínimos del rango de confort.

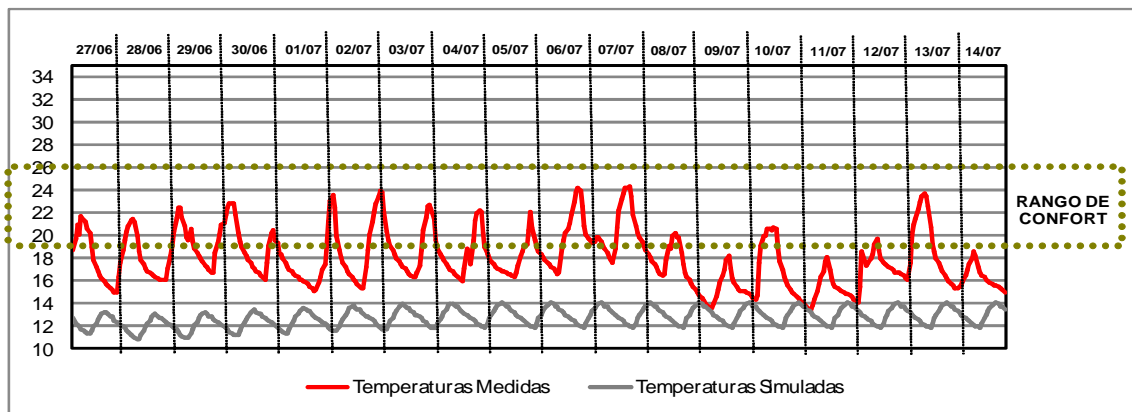


Figura 11. Simulación de Temperaturas de la Habitación Oeste. Comparación con Temperaturas medidas.

CONCLUSIONES

Este trabajo permitió aplicar un protocolo de auditoría ambiental edilicia y obtener información del comportamiento real de una vivienda con impronta del Estilo Internacional y con tecnología actual.

En el presente trabajo se estudia la relación entre superficie expuesta y las temperaturas interiores de los ambientes, la distribución del calor según el diseño de la vivienda y su orientación confirmando el registro de mayores temperaturas en los espacios con ganancia solar pasiva al Norte. También se pudo comprobar el efecto de la inercia térmica en las temperaturas interiores que varían en promedio en toda la vivienda en 7°C. Los espacios calefaccionados presentan una amplitud térmica de 6°C en y la habitación Oeste utilizada como depósito una variación máxima de 9°C. Las temperaturas exteriores variaron en 18°C.

En los locales con orientación Norte y Nor-Oeste, durante el día, la temperatura sube en mayor medida y baja más durante la noche. En los locales nocturnos están más resguardados, es decir, la envolvente presenta una mayor cantidad de masa y por lo tanto funcionan con retardo. En éstos la amplitud térmica es menor. Nótese que la vivienda no presenta materiales con alta resistencia térmica, por lo que con las adecuadas modificaciones, las amplitudes térmicas interiores podrían ser inferiores a 5°C permitiendo una mejor situación de confort interior.

Si bien las temperaturas medidas no son representativas del comportamiento que presentará esta vivienda cuando las condiciones exteriores sean las características del invierno en Mendoza, su estudio nos permite concluir en que incluso en una situación climática moderada invernal y con el consumo de energía auxiliar se presentan horas en las que la habitante no está en confort. Como se aprecia en las simulaciones térmicas, la situación de confort queda comprometida cuando las condiciones exteriores son las esperables.

Se recomienda el estudio de elementos flexibles y móviles que puedan ser adicionados en la envolvente especialmente durante la noche para disminuir las pérdidas a través de los elementos transparentes. Si bien los mismos impactarán en la imagen de la vivienda, ya que usualmente se trata de elementos opacos, al plantearse como móviles pueden ser quitados durante el día y durante estaciones intermedias para mantener temporalmente la imagen tipológica buscada.

Esto genera una gran dependencia de la acción de la usuaria en la regulación ambiental de la envolvente. Sin embargo, para este caso en particular, puede ser posible su funcionamiento debido a que ésta ya ejerce una regulación constante de la energía auxiliar involucrada y permanece muchas horas en la vivienda.

REFERENCIAS

- Abalos, Iñaki. 2000. La buena vida. Visita guiada a las casas de la modernidad. Ed. Gustavo Gili. ISBN: 978-84-252-1829-3. Barcelona, España.
- Balcomb J.D., Barley D., McFarland R., Perry J., Wray W., Noll S. 1982. Passive Solar Design Handbook. Vol 1,2 y 3. United States Department of Energy. Estados Unidos de América.
- De Fusco, R. 1994. Historia de la Arquitectura Contemporánea. Celeste Ediciones. ISBN: 84-87553-18-4. Madrid, España.
- Ellis, Mark (IEA Chair), 2008. Meeting energy efficient goals: Enhancing compliance, monitoring and evaluation. International Energy Agency. Paris, Francia.
- Esteves, Alfredo, Gelardi, Daniel y Ganem, Carolina. 2002. Simple Method to know collector area of Passive Solar Systems in first steps of the architectural project of buildings. Proceedings of the VII World Renewable Energy Congress. ISBN: 008-044079-7 Elsevier Science Ltd (Ed. Ali Sayigh). Reino Unido.

- Esteves, Alfredo. 1987. Relevamiento y evaluación de los recursos climáticos en la provincia de Mendoza para su utilización en el diseño de construcciones bioclimáticas. Estado de avance. Actas de la XII Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables. Tomo II, pp. 391-397. Buenos Aires, Argentina.
- Esteves, Alfredo y Ganem, Carolina, 2003. Low Energy Architecture through passive curtain walls. Solar evaluation of passive curtain wall technology in hot summer climates. Renewable Energy 2003. ISBN: 19-036052-96. Sovereign Publications Ltd (Ed. R. Knox). United Kingdom.
- Flores Larsen, Silvana; Lesino, Graciela. 2000. Simedif 2000: nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios. AVERMA. Vol. 4 p.53-58. INENCO – UNSa. Salta, Argentina.
- Ganem, Carolina, Esteves, Alfredo y Coch, Helena, 2005. El rol de la envolvente en la rehabilitación ambiental. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. – AVERMA Vol. 9 Pag. 5.49 – 5.54 INENCO – UNSa. Salta, Argentina.
- Ganem, Carolina. 2006. Rehabilitación ambiental de la envolvente de viviendas. El caso de Mendoza. Tesis Doctoral. ETSA Barcelona UPC. España. BRGF (España) N° 1400642779 y N°1400580212 cd-rom y DNDA (Argentina) N° 653867.
- Ganem, Carolina; Esteves, Alfredo y Coch, Helena. 2005. Environmental rehabilitation of the envelope of buildings. The case of two “rational” houses in Mendoza, Argentina. Proceedings of the 22nd International Conference on Passive and Low energy Architecture (PLEA 2005). Notre Dame University. Libano.
- Ganem, C.; Rodríguez, J.; Avellaneda, J.; Esteves, A. y Pattini, A. 2003. Comparación del rendimiento lumínico de Protecciones Solares externas opacas y traslúcidas en fachadas vidriadas. AVERMA Vol. 7 Pag. 08.79-08.84. INENCO-UNSa. Salta, Argentina.
- Givoni, B. 1998. Climate considerations in buildings and urban design. Van Nostrand Reinhold. Nueva York, Estados Unidos de América.
- Martínez Rey Javier Francisco, Gómez Velasco Eloy. 2006. Eficiencia energética en edificios. Certificación y Auditorías Energéticas. ISBN: 84-9732-419-6 Thomson Editores Spain. España.
- Manzini, E. 1994. Phisys y Diseño. Interacciones entre naturaleza y cultura. Revista TdD N°10. pp. 107-117.
- Olgay, Víctor, 1998. Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. ISBN: 84-252-1488-2. Gustavo Gili. Barcelona, España.
- Romero, Manuel 2008. Mejora de la envolvente térmica de los edificios como herramienta para la reducción de emisiones de CO2. Revista Ael n°47, pp. 50-52. Madrid, España.

ABSTRACT: The objective of this work focuses in evaluating thermal winter's behaviour of a house finished in the year 2006 in Mendoza's city. Its typology responds directly to the influence of North European rationalism and has been constructed with contemporary technology that attends to a better energy efficiency. Its transparent elements represent 25.5% of the total exposed envelope and materialize with hermetic double glazing and carpentry with thermal bridge rupture. Some of its' opaque elements present thermal insulation. In order to reach the objective a thermal and energy audit is performed during June and July, 2009, and it is completed with simulations. Recommendations to better its performance are presented.

Key words: Modern movement, envelope, thermal behaviour, winter.