

COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE INVIERNO Y VERANO DE VIVIENDAS DE INTERÉS SOCIAL EN LA PROVINCIA DE SALTA

L. Flores¹, S. Flores Larsen^{2,3}, C. Filippín^{2,4}

³INENCO - Instituto de Investigaciones en Energías No Convencionales – U.N.Sa. – CONICET

Avda. Bolivia 5150 – CP 4400 – Salta Capital - Argentina

Tel. 0387-4255424 – Fax 0387-4255489 - E-mail: seflores@unsa.edu.ar

⁴CONICET – CC302, Santa Rosa, 6300 (La Pampa) Argentina, Tel./Fax: 54-952-434222, Email: cfilippin@cpenet.com.ar

RESUMEN: Se analizó el comportamiento térmico de un prototipo de vivienda construido por el IPV (Instituto Provincial de la vivienda) en la ciudad de Salta, para un día típico de invierno y uno de verano. Independientemente de la orientación, las temperaturas medias interiores de cada casa oscilan en invierno alrededor de 14°C, con amplitudes térmicas entre 5°C y 10°C, claramente fuera del área de confort, por lo que es necesario el uso de calefacción auxiliar convencional durante todo el día. En el verano, las viviendas se encuentran la mayor parte del día fuera de la zona de confort térmico, con temperaturas interiores mayores a las exteriores durante todo el día, con amplitudes térmicas diarias que oscilan entre 7 y 10°C. Es clara la falta de masa de acumulación para amortiguar el salto térmico interior. A partir de los resultados obtenidos se analizan algunas de las posibles alternativas para la envolvente que permitirían mejorar el confort térmico dentro de la vivienda. Las simulaciones se realizaron mediante el programa SIMEDIF para Windows.

Palabras clave: arquitectura bioclimática, SIMEDIF, simulación térmica.

INTRODUCCION

La presente situación energética a nivel mundial, en la que la disponibilidad de combustibles fósiles es cada vez menor, acompañada de los graves efectos que el uso de estos combustibles provocan en el medio ambiente han llevado en los últimos años a la búsqueda de soluciones a mediano y largo plazo que permitan disminuir el consumo energético y la emisión de gases de efecto invernadero. En nuestro país la crisis energética se agudizó en el presente año con la superación en varias oportunidades del pico histórico nacional, con cortes en los suministros de gas y electricidad durante los meses de invierno que conllevaron, entre otras cosas, a una disminución en el crecimiento de la producción industrial (del 6.4% en la primera mitad del año al 2.7%, según el INDEC). El crecimiento acumulado de la demanda energética de todo el país, según la Asociación de Distribuidores de Energía Eléctrica de la República Argentina (ADEERA), ascendió al 6.71% en los primeros siete meses del año. Del consumo energético global, se sabe que aproximadamente un 30% corresponde al sector edilicio (calefacción, refrigeración, iluminación). La situación es preocupante no sólo para el periodo invernal, puesto que se prevén problemas energéticos para el verano, incrementados por el notorio aumento en las ventas de equipos de aire acondicionado en los últimos dos años. Respecto a los calefactores se observó en mayo de 2007 un importante crecimiento en sus ventas respecto a abril del mismo año con un valor del 118% en el interior del país (alrededor del 62% corresponde a tipo tiro balanceado); el consumo en unidades de aire acondicionado con características frío/calor creció un 95% en mayo con respecto a las unidades vendidas en abril de 2007 (Diario La Nación, 2007). La búsqueda de soluciones concretas al problema energético es un tema fundamental a nivel nacional que abarca dos aspectos: la instalación de nuevas plantas de generación de energía y la reducción del consumo energético a través de estrategias adecuadas de ahorro.

Cuando se trata de viviendas de interés social, los proyectos realizados tienden a minimizar al máximo los costos constructivos, prestando muy poca o ninguna atención a las consecuencias sobre el confort higrotérmico y el consumo de energía convencional que conlleva un diseño inadecuado a las condiciones climáticas de la zona. El nivel socioeconómico de los habitantes de este tipo de viviendas no les permite, en general, acceder a sistemas de refrigeración y/o calefacción que permitan mejorar las condiciones interiores de sus viviendas. Esta situación es particularmente cierta en verano, lo cual sumado a una adaptabilidad casi forzosa que deben hacer los habitantes a las condiciones climáticas, hacen que las viviendas se encuentren en el límite o fuera de la zona de habitabilidad definida por las normas vigentes. En nuestro país existen algunos antecedentes sobre la evaluación de este tipo de viviendas y la búsqueda de posibles soluciones, como el caso de viviendas de interés social en Rosario (Cortés et al., 2005) y en La Pampa (Filippín y Flores Larsen, 2005, 2006).

Dentro de este marco, el objetivo general del presente trabajo fue estudiar el comportamiento térmico de un tipo de vivienda social construida en Salta por el Instituto Provincial de la Vivienda (IPV). Los objetivos específicos son: analizar su consumo energético para calefacción en invierno, y estudiar otras envolventes que permitan mejorar el confort térmico en el interior de la misma a lo largo de todo el año. Para ello se trabajó con la documentación técnica de dichas viviendas, simulando su comportamiento térmico de invierno y verano mediante el programa SIMEDIF para Windows (Flores Larsen y Lesino, 2001).

DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

Las viviendas que se analizan, se encuentran ubicadas en la ciudad de Salta, en un clima subtropical con estación seca. Según la Norma IRAM 11603 (1993), corresponde a la zona bioambiental IIIa. En la Tabla 1 se observan los datos climáticos de la localidad (Servicio Meteorológico Nacional). Las mismas forman parte de un conjunto de viviendas de interés social, desarrolladas para el sector oeste de la capital. El planteo arquitectónico de las viviendas sigue una tipología apareada, como indica la Figura 1 (izquierda: Vivienda 1, derecha: Vivienda 2), orientadas indistintamente según la accesibilidad que presentan a partir de las calles existentes. Se tomaron para el presente análisis dos orientaciones: una con el eje mayor en sentido Este-Oeste y la segunda, con el eje mayor en sentido Norte-Sur. Cada vivienda cuenta con dos dormitorios, un baño, una cocina y un estar-comedor.

El área cubierta de cada vivienda es de 44m^2 . La envolvente vertical perimetral es mampostería de ladrillo cerámico hueco de 0,18m de espesor (revoque grueso y fino a la cal, al exterior y al interior), sin aislamiento térmico. La envolvente vertical interior: mampostería de ladrillo cerámico hueco de 0,08m – 0,12m – 0,18m de espesor según indicación en las especificaciones de los planos correspondientes (revoque grueso y fino a la cal en ambas caras). La envolvente horizontal está conformada por una losa alivianada de 0,20m de espesor (viguetas pretensadas de H^oA° y ladrillones cerámicos huecos), membrana preconformada de 3mm de espesor como aislación hidrófuga, poliestireno expandido de 1 cm de espesor como aislación térmica y tejas coloniales colocadas con mortero de asiento de 2,5cm de espesor.

Tabla 1: Variables Climáticas (Latitud: 24° 03'; Longitud: 65° 44'; Altura sobre nivel del mar: 1187 m.s.n.m)

ANUAL	TEMPERATURA (°C)	
	Mínima media	11.2
	Media	16.9
	Máxima media	24
	Grados Día de Calefacción (Base 22°C)	1703
	Grados Día de Enfriamiento (Base 23°C)	347
	HUMEDAD RELATIVA (%)	
	Media	71
JUNIO	TEMPERATURA (°C)	
	Mínima	4
	Media	10.4
	Máxima	17.6
	RADIACION MEDIA DIARIA (MJ/m2)	
	Sobre superficie horizontal	13
ENERO	TEMPERATURA (°C)	
	Mínima	17
	Media	21.3
	Máxima	28.2
	RADIACION MEDIA DIARIA (MJ/m2)	
	Sobre superficie horizontal	22

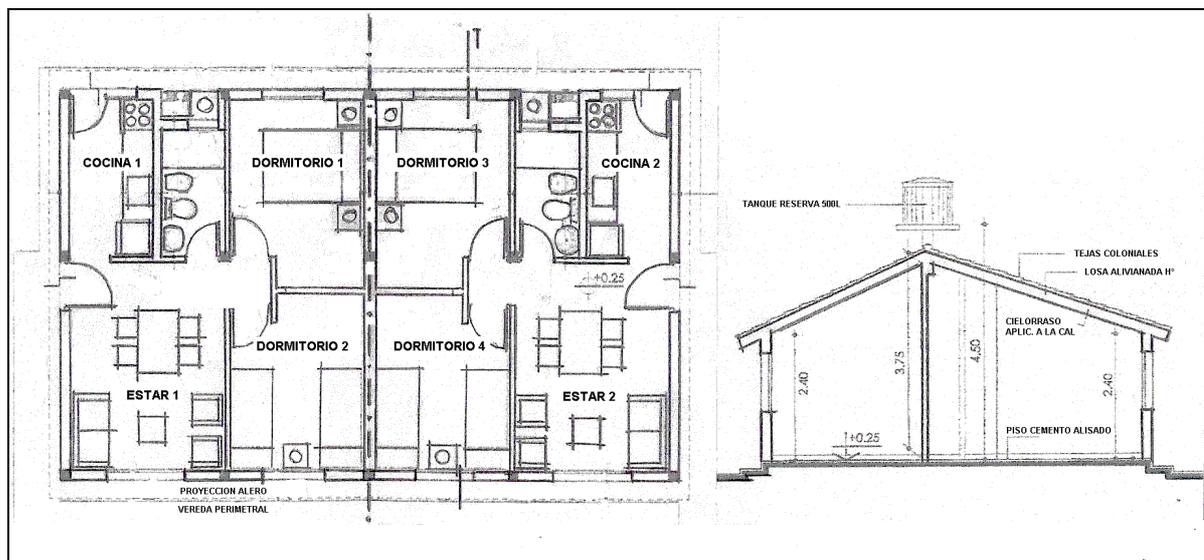


Fig. 1: Planta y corte de las viviendas.

SIMULACIÓN TÉRMICA MEDIANTE SIMEDIF

La simulación se realizó mediante el programa *SIMEDIF para Windows*, desarrollado en el INENCO (Flores Larsen y Lesino, 2001), para un período de 10 días de los meses de junio y enero (invierno y verano respectivamente). Los datos meteorológicos para cada caso corresponden a los de la Tabla 1. Debido a la tipología arquitectónica, se simularon las dos viviendas simultáneamente. Cada vivienda se zonificó en cuatro locales: *Cocina* (que incluye tanto la cocina como el baño), dos *dormitorios* y un *estar*. Los muros de ladrillo cerámico hueco se simularon como tabiques, con un coeficiente C de conductividad térmica ($C=k/e$, con k la conductividad térmica en $W/m^2\text{°C}$ y e el espesor en m) de $2.14 W/m^2\text{°C}$. Para los locales se adoptaron 2 renovaciones de aire por hora para invierno y 5 para verano. Para las ventanas que poseen postigones se utilizaron valores de transmitancia térmica de 5.8 (día) y $2.8 W/m^2\text{°C}$ (noche). Se utilizaron coeficientes convectivos interiores de 6 y $8 W/m^2\text{°C}$ (para superficies no asoleadas y asoleadas, respectivamente) y coeficientes convectivos exteriores de $10 W/m^2\text{°C}$, valor obtenido a partir de la expresión (Duffie y Beckman, 1991):

$$h = 5.7 + 3.8 v$$

en donde h es el coeficiente convectivo en $W/m^2\text{°C}$ y v es la velocidad media de viento en m/s, que para el periodo en estudio fue del orden de 5 km/h (junio) y 4 km/h (enero).

Debido a que la orientación de las viviendas varía de acuerdo a la ubicación de las calles existentes, las simulaciones mediante SIMEDIF se realizaron para dos situaciones: para el eje mayor en los sentidos Este-Oeste y Norte-Sur. En las Figuras 2 y 3 puede observarse el comportamiento térmico de los locales que conforman cada una de las viviendas, según su orientación, para invierno y verano.

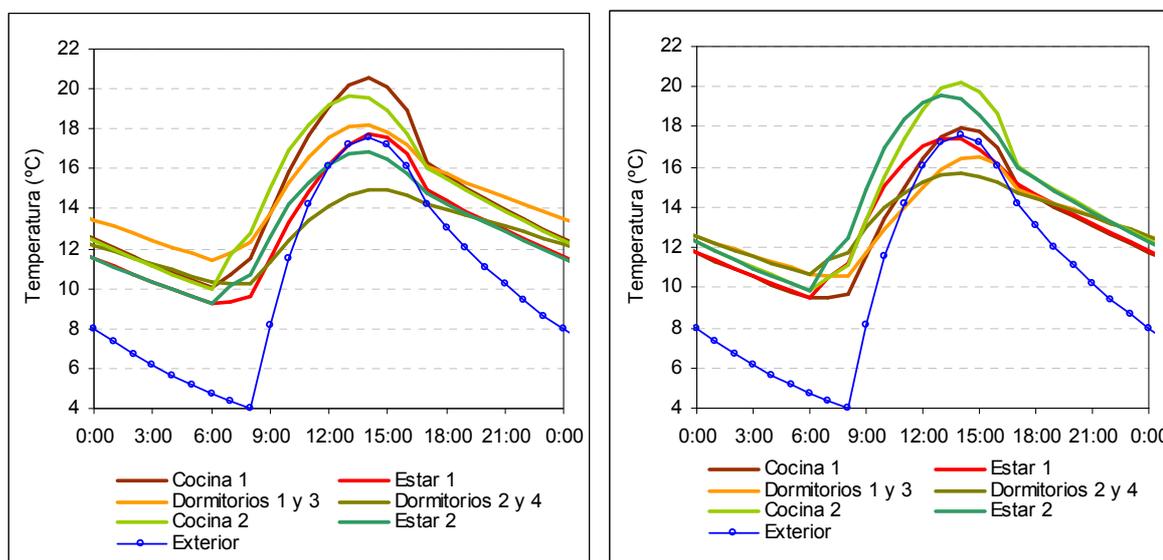


Fig. 2: Comportamiento térmico de los locales de las viviendas en invierno (junio). A la izquierda, vivienda con el eje mayor en el sentido Este-Oeste; a la derecha, en sentido Norte-Sur.

Durante las horas de sol en invierno y temperaturas máximas exteriores de 17.6°C (Figura 2), se observa que los locales ubicados hacia el Norte presentan temperaturas mayores que la del ambiente exterior y amplitudes térmicas más altas que los locales ubicados hacia el Sur. Por ejemplo, para el eje en sentido Este-Oeste, los locales con temperaturas más altas son las Cocinas (1 y 2, con temperaturas máximas alrededor de 20°C) y los Dormitorios (1 y 3, con una máxima de 18°C), mientras que los locales con orientación Sur no alcanzan a superar la temperatura exterior alrededor del mediodía (dormitorios 2 y 4 apenas alcanzan los 15°C al mediodía). El Estar 1, con un muro hacia el oeste, es el de mejor comportamiento térmico de los locales ubicados hacia el Sur (18°C de temperatura máxima). Para el eje en sentido Norte-Sur, los locales más cálidos pasan a ser la cocina y el estar de la vivienda 2 (19°C y 20°C de temperatura máxima), siendo los más fríos los dormitorios, que cuentan en este caso con poca ganancia directa y temperaturas máximas de 16°C . Con esta orientación, la vivienda 1 (al Sur) es más fría, con una media interior de 13.3°C , mientras que la vivienda 2 alcanza los 14°C de temperatura promedio.

Independientemente de la orientación, las temperaturas medias interiores de cada casa oscilan entre 13.3°C y 14°C , con amplitudes térmicas entre 5°C y 10°C , claramente fuera del área de confort, por lo que es necesario el uso de calefacción auxiliar convencional durante todo el día. La adición de aislación a los muros exteriores, si bien disminuye las pérdidas hacia el exterior y en consecuencia reduce el consumo de calefacción, no contribuye sustancialmente a aumentar la temperatura interior ni a disminuir la amplitud térmica diaria. A modo de ejemplo, la estimación mediante SIMEDIF de la energía necesaria para mantener la vivienda a 23°C en invierno indica que se precisan 224MJ/día (6.4m^3 de gas por día), mientras

que con la adición de 3cm de poliestireno expandido en las paredes o en el techo se reduce el consumo en un 10% (5.7m3 de gas por día), pero no se mejoran las grandes amplitudes térmicas diarias observadas.

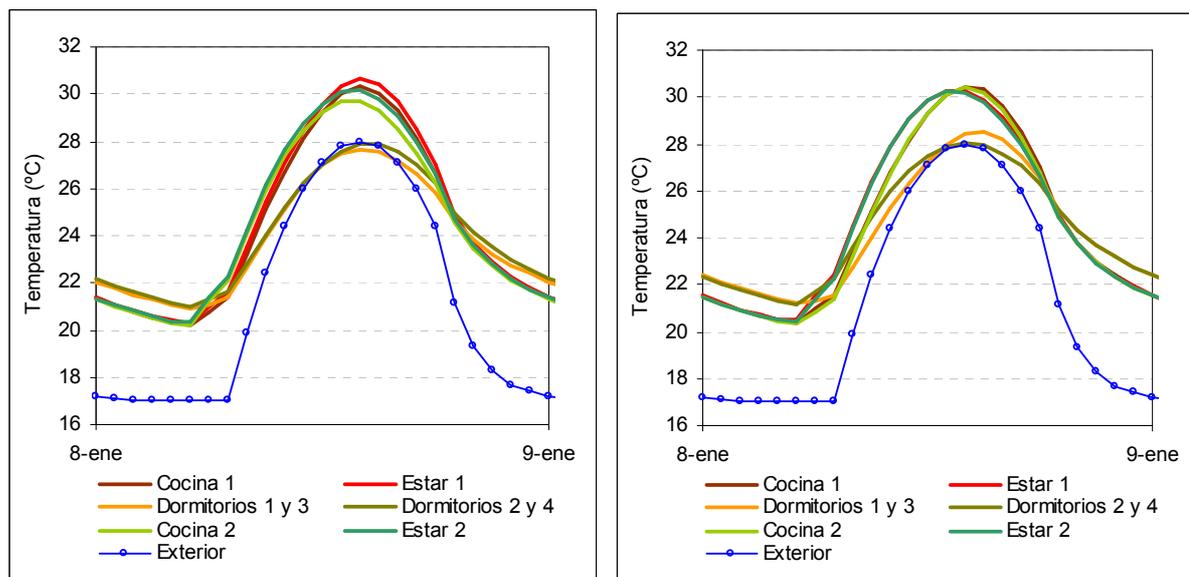


Fig.3: Comportamiento térmico de los locales de las viviendas en verano (enero). A la izquierda, vivienda con el eje mayor en el sentido Este-Oeste; a la derecha, en sentido Norte-Sur.

En el verano (Figura 3), para cualquiera de las orientaciones y con temperaturas exteriores entre 17 y 28°C, las temperaturas en el interior de las viviendas se zonifican de acuerdo al área expuesta al exterior: los cuatro dormitorios, con menor contacto con el exterior, presentan temperaturas menores que el resto de los locales (cocinas y salas de estar), cuyas temperaturas superan los 30°C. Las amplitudes térmicas diarias oscilan entre 7 y 10°C. En este caso las viviendas se encuentran la mayor parte del día fuera de la zona de confort térmico. Como se explicó anteriormente, debido a la situación económica de los habitantes de estas viviendas sociales, la mejora del confort térmico mediante la instalación de equipos de aire acondicionado es poco probable. Por ello, es fundamental mejorar las condiciones higrotérmicas en el verano, para lo cual se recomienda ventilación natural, disminución de la ganancia directa (aleros, postigones de oscurecimiento y sombreado por vegetación) y aislación en los muros al Oeste, aunque debe destacarse que inclusive tomando todos estos recaudos la amplitud térmica será muy grande, puesto que es clara la falta de masa de acumulación para amortiguar el salto térmico interior. Esta situación ya fue reportada en trabajos anteriores, como por ejemplo en una vivienda social monitoreada en la Provincia de La Pampa (Filippín y Flores Larsen, 2005) y en una vivienda residencial, de muy buenas terminaciones, construida con bloque de concreto celular de 0.20m de espesor (125 kg/m²) en la provincia de La Pampa, que se describe en otro trabajo de esta revista (Filippín et al., 2007).

Como un resumen, en la Tabla 2 se pueden observar las temperaturas promedio de cada vivienda según la orientación de las mismas, para invierno y para verano. En cuanto a la orientación, la que tiene el eje mayor en el sentido Este-Oeste en verano tiene una temperatura promedio menor que la que tiene el eje mayor en el sentido Norte-Sur. En el invierno, también es mejor esta orientación, en el sentido que ambas viviendas tienen temperaturas medias similares.

Tabla 2: temperaturas medias de las viviendas según la orientación, para invierno y verano.

		Vivienda 1	Vivienda 2
Invierno	Eje Este-Oeste	13.6°C	13.6°C
	Eje Norte-Sur	13.3°C	14.0°C
Verano	Eje Este-Oeste	24.2°C	23.5°C
	Eje Norte-Sur	24.6°C	23.6°C

Como posibles soluciones al problema de la falta de masa de acumulación se estudiaron las siguientes alternativas:

- una envolvente vertical de ladrillo macizo de 30cm de espesor con revoque en ambas caras.
- una envolvente vertical de ladrillo macizo de 30cm de espesor con 3 cm de aislación de poliestireno expandido y revoque en ambas caras.

Además se estudió, sobre los casos anteriores, el efecto de la aislación en el techo:

- vivienda original con el aumento a 3cm en la aislación térmica del techo.
- caso a) con el aumento a 3cm en la aislación térmica del techo.
- caso b) con el aumento a 3cm en la aislación térmica del techo.

Para simplificar el estudio de los resultados, se consideró la orientación con el eje mayor en el sentido Este-Oeste y se promedió la temperatura de toda la vivienda, hora por hora. Las simulaciones se pueden analizar en la Figura 4 para los distintos tipos de envolventes, para un día de invierno y un día de verano. En dicha figura se incluyó también el caso del muro de cerámico con aislación, verificándose, como se explicó anteriormente, que el uso de aislación no disminuye notoriamente la amplitud térmica interior en invierno ni en verano.

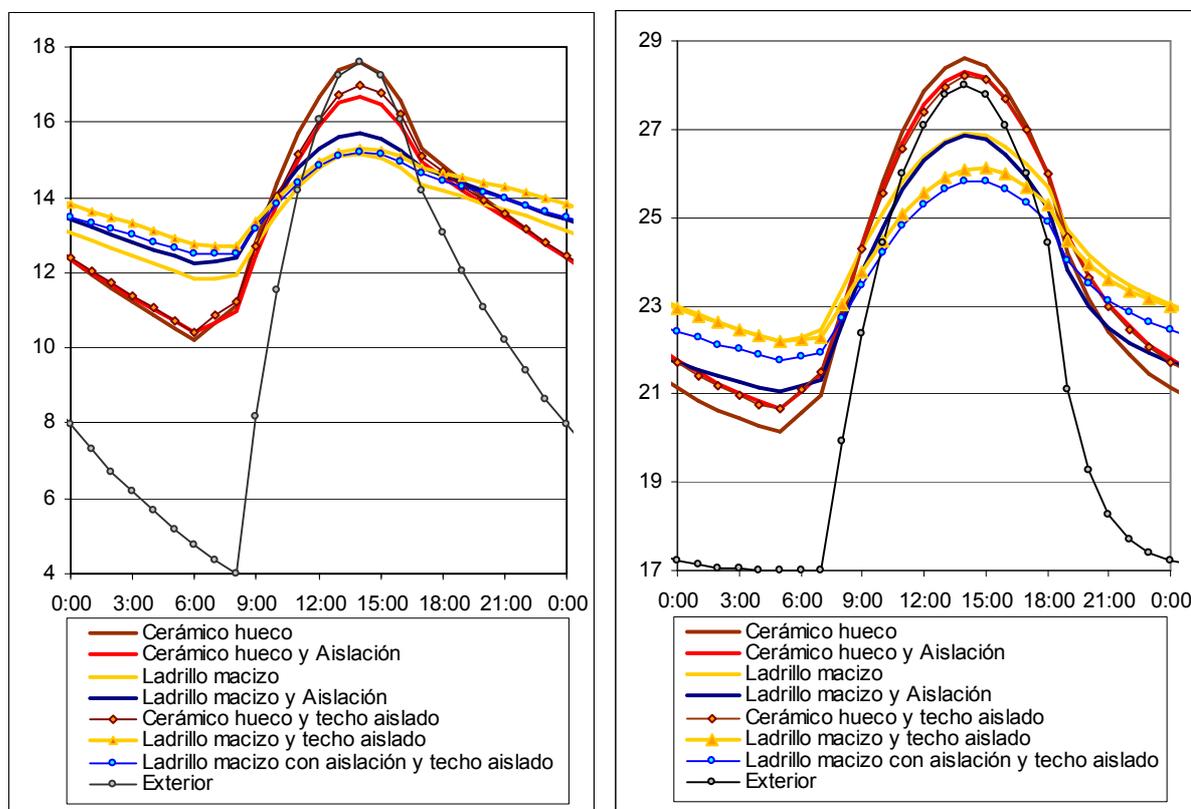


Figura 4: temperatura horaria promedio de las viviendas para un día de invierno (izquierda) y para un día de verano (derecha) de acuerdo al tipo de envolvente.

Para invierno, todas las opciones simuladas presentan temperaturas medias semejantes, entre 13.5°C y 14°C. la diferencia entre ellas es la amplitud térmica diaria obtenida en cada caso. Por ejemplo, en los tres casos estudiados en los que los muros son de cerámico hueco (con o sin aislación) las amplitudes térmicas son de 7°C o más, independientemente de si aumenta o no la aislación en el techo. La sustitución del bloque de cerámico hueco por el ladrillo macizo de 30cm de espesor no modifica sustancialmente la temperatura media interior de la vivienda, pero sí se observa una notoria disminución en la amplitud térmica diaria: de 8°C en el caso del cerámico hueco, se disminuye a 3.5°C. La adición de aislación térmica al muro de ladrillo macizo, como es de esperar, aumenta la temperatura media en alrededor de medio grado sin modificar la amplitud térmica anterior. Es muy importante analizar el efecto de la aislación en el techo: si el techo se aísla, la amplitud térmica se reduce hasta 2.8°C, independientemente de si el muro de ladrillo macizo tiene o no aislación. Debido a que los costos de aislar la envolvente horizontal (44m²) o la vertical (40m²) son semejantes y el efecto sobre el ambiente interior en invierno también son comparables, en el caso de tener que elegir cuál aislar, la opción más adecuada debe tomarse teniendo en cuenta su efecto en el verano, siendo más conveniente aislar el techo, como surge del análisis de la Figura 4 (verano).

En verano, se repite la situación que se presenta en invierno: cuando los muros son de cerámico hueco: independientemente de la aislación que se coloque (en muros o en el techo), la amplitud térmica es siempre mayor a 7°C, con temperaturas superiores a la exterior durante todo el día. Las envolventes con mayor masa térmica, en cambio, al acumular el calor provocan que las temperaturas interiores sean menores a las exteriores durante las horas del mediodía solar, reduciendo las amplitudes térmicas de 8.5°C (cerámico hueco) a 4.5°C (ladrillo macizo). En verano y para muros con mayor masa térmica, es mucho más notorio el efecto de la aislación en el techo, que reduce hasta 3°C la temperatura interior durante el día. En este caso, si se tuviera que elegir qué aislar, nuevamente la opción más eficiente y económica de reducir la temperatura durante el día es aislar el techo, si los muros son masivos. Debido a que por el tipo de clima las temperaturas exteriores son bajas durante la noche, en verano es recomendable la ventilación nocturna para enfriar la masa de acumulación, además del sombreado y la disminución de la ganancia directa.

En la Tabla 3 se puede analizar el costo de la envolvente por metro cuadrado y el costo total por vivienda. El sobrecosto de la envolvente con ladrillo macizo es de 35%, mientras que si la envolvente es de ladrillo y aislación alcanza el 50%, respecto de

la de cerámico hueco. En el costo total de la vivienda, el incremento no supera el 5% y los beneficios obtenidos en el confort higrotérmico son importantes. La aislación en el techo incrementa un 7% el costo del mismo.

Tabla 3: costo de la envolvente vertical (por metro cuadrado y costo total).

Tipo de envolvente		\$ /m ² *	Precio envolvente*
Vertical	Cerámico hueco c/revoque en ambas caras	71	2816\$
	Ladrillo macizo c/revoque en ambas caras	95.8	3800\$
	Ladrillo macizo c/aislación y revoque en ambas caras	107.2	4250\$
Horizontal	Losa alivianada, membrana y teja francesa	192	8448\$
	Losa alivianada, membrana, 3cm aislación, teja francesa	207	9108\$

*Incluye material y mano de obra (precios en Salta). El área de envolvente vertical exterior de cada vivienda es de 40m².

CONCLUSIONES

El análisis del comportamiento térmico del prototipo estudiado permite obtener conclusiones importantes: independientemente de la orientación, las temperaturas medias interiores de cada casa oscilan entre 13.3°C y 14°C, con amplitudes térmicas entre 5°C y 10°C, claramente fuera del área de confort, por lo que es necesario el uso de calefacción auxiliar convencional durante todo el día. La adición de aislación (a los muros exteriores o al techo), si bien disminuye las pérdidas hacia el exterior y reduce el consumo de calefacción en aproximadamente un 10%, no contribuye sustancialmente a aumentar la temperatura interior ni a disminuir la amplitud térmica diaria. En el verano, para cualquiera de las orientaciones, las viviendas se encuentran la mayor parte del día fuera de la zona de confort térmico, con temperaturas interiores mayores a las exteriores durante todo el día, con amplitudes térmicas diarias que oscilan entre 7 y 10°C. Es clara la falta de masa de acumulación para amortiguar el salto térmico interior, que no se soluciona con la incorporación de aislación en la envolvente.

Se estudiaron distintos tipos de envolventes verticales y horizontales, encontrándose que para invierno, todas las opciones simuladas presentan temperaturas medias semejantes (entre 13.5°C y 14°C), pero la diferencia entre ellas es la amplitud térmica diaria obtenida en cada caso: si los muros son de cerámico hueco (con o sin aislación) las amplitudes térmicas son de 7°C o más, independientemente de si aumenta o no la aislación en el techo. La sustitución del bloque de cerámico hueco por el ladrillo macizo de 30cm de espesor disminuye la amplitud térmica diaria de 8°C (cerámico hueco) a 3.5°C. En verano, se repite la situación que se presenta en invierno: cuando los muros son de cerámico hueco: independientemente de la aislación que se coloque (en muros o en el techo), la amplitud térmica es siempre mayor a 7°C, con temperaturas superiores a la exterior durante todo el día, fuera del área de confort. Las envolventes con mayor masa térmica, en cambio, pueden acumular el calor y disminuir las temperaturas interiores por debajo de las exteriores durante las horas del mediodía solar, reduciendo las amplitudes térmicas de 8.5°C (cerámico hueco) a 4.5°C (ladrillo macizo). En verano y para muros masivos, es mucho más notorio el efecto de la aislación en el techo, que reduce hasta 3°C la temperatura interior durante el día. Por ello, debido a que los costos de aislar la envolvente horizontal o la vertical son semejantes (las áreas involucradas son semejantes) y el efecto sobre el ambiente interior en invierno también son comparables, en el caso de tener que elegir cuál aislar, la opción más adecuada debe tomarse teniendo en cuenta su efecto en el verano, siendo más conveniente aislar el techo.

REFERENCIAS

- Cortés A., Di Bernardo E., Eliçabe Urriol J.J., Mosconi P., Vázquez J. (2005). Climatización estival de viviendas de bajo costo mediante estrategias pasivas. *Energías Renovables y Medio Ambiente* 16, p. 41-46. ISSN 0328-932X.
- Diario La Nación, Tendencias de Consumo, junio de 2007.
- Duffie J. A. y Beckman W. A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes*, 2ª edición, pp. 54-59. Wiley Interscience, New York.
- Filippin C., Flores Larsen S.(2005). "Comportamiento térmico de invierno de una vivienda convencional en condiciones reales de uso". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 9*, pp. 05.67-05.72, ISSN 0329-5184.
- Filippin C., Flores Larsen S.(2006). "Comportamiento energético de verano de una vivienda convencional en la región central de Argentina". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 10*, pp. 05.09-05.14, ISSN 0329-5184.
- Filippin C., Flores Larsen S., Flores L. (2007). Comportamiento energético de verano de una vivienda másica y una liviana en la región central de Argentina. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 11*, ISSN 0329-5184, año 2007.

Flores Larsen S. y Lesino G. (2001). Modelo térmico del programa SIMEDIF de simulación de edificios. *Energías Renovables y Medio Ambiente* 9, pp.15-24.
IRAM. Norma 11603: Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la República Argentina. Buenos Aires. Argentina. 1996.

WINTER AND SUMMER THERMAL BEHAVIOUR OF A PUBLIC DWELLING FOR LOWER-MID INCOME FAMILIES IN SALTA

ABSTRACT

The analysis of the winter and summer thermal behavior of a low-income dwelling, built by Provincial Institute of Dwelling in Salta, is presented. Despite the orientation, the mean indoor temperatures in winter were around 14°C with a daily thermal swing between 5°C and 10°C, values that are outside the comfort area. Thus, auxiliary conventional heating is needed during all the day. In summer, the dwellings are almost all the day outside the comfort area, with indoor temperatures higher than outdoor air and thermal swings between 7°C and 10°C. Clearly there is a lack of storage mass to moderate the internal air swing. A set of alternatives to improve the indoor thermal comfort was analyzed. The program SIMEDIF for Windows was used to simulate the hourly thermal behavior of the dwelling.

Keywords: bioclimatic architecture, SIMEDIF, thermal simulation