

COMPORTAMIENTO ENERGÉTICO DE VERANO DE UNA VIVIENDA CONVENCIONAL EN LA REGIÓN CENTRAL DE ARGENTINA

Filippín C.^{1,2}, Flores Larsen S.^{2,3}

¹CONICET – CC302, Santa Rosa, 6300 (La Pampa) Argentina, Tel./Fax: 54-952-434222, Email: cfilippin@cpenet.com.ar

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

RESUMEN: En el presente trabajo se describe la tecnología y el comportamiento térmico y energético de verano de una vivienda convencional, localizada en la ciudad de Santa Rosa, capital de la provincia de La Pampa, en la región central de Argentina (latitud: 36°57'; longitud: 64°27' y altura sobre el nivel del mar: 189 m). Está emplazada en un entorno abierto de baja densidad de edificación. Se muestran los resultados de la simulación térmica realizada con *SIMEDIF para Windows*, para la vivienda original y para la vivienda mejorada en verano (fue optimizada para invierno en un trabajo anterior). Dicha optimización incluye una envolvente mejorada térmicamente y mayor superficie de ganancia directa. La temperatura máxima alcanzada en verano por las distintas áreas funcionales en la vivienda original y mejorada es de 30°C y 27.5°C, respectivamente. La vivienda mejorada se analiza considerando que se encuentra termostatazada en verano (temperatura termostato: 20, 21, 22, 23, 24 y 25°C). Se evalúa el comportamiento energético. Para cada situación la carga de enfriamiento es: 250.5, 242, 214, 158, 101 y 66 MJ/día. El trabajo permitió completar el panorama energético (invierno y verano) de una vivienda de diseño y tecnología convencional (común en la región en estudio) y la misma vivienda mejorada. Para la estación invernal el ahorro de energía en calefacción es de alrededor del 66%; y en refrigeración, para una temperatura promedio de 23.0°C, es del 52.1%.

Palabras clave: Edificios bioclimáticos - Simulación térmica - Carga de refrigeración - SIMEDIF

INTRODUCCION

La demanda de energía eléctrica en octubre de 2005 a nivel Nacional tuvo un crecimiento del 5.3% con respecto al mismo mes del año anterior. En noviembre de 2005, el valor creció al 9.6%. En esta situación la provincia de La Pampa lidera el aumento de la demanda energética (octubre 19.4%). Durante noviembre ascendió al 20.51%, situación asociada al valor de la temperatura promedio (22°C) mayor que la histórica (20.4°C). En la ciudad de Santa Rosa, capital de la provincia, la energía facturada por el Servicio Eléctrico creció el 8.2% durante el ejercicio 2003-2004. De los seis grupos de usuarios más significativos, cuatro tuvieron un comportamiento similar o superior al promedio, dos no alcanzaron este nivel. De esta forma, la participación porcentual de los grupos de usuarios que mayor responsabilidad tienen en el consumo total de la CPE no ha variado sustancialmente con respecto a otros años. El consumo residencial, con una participación del 44% en el consumo total, y el de los grandes usuarios fueron los dos más significativos (período 2003-2004). La demanda de energía residencial creció 5.6% y el consumo por usuario el 2.7%, con un valor de 1948 kWh/usuario-año, siendo el promedio para el período 1994-2003 de 1904 kWh. (asociado a un incremento en la venta de acondicionadores de aire en el medio).

En este marco, el presente trabajo estudia el comportamiento térmico y energético de una vivienda convencional, ubicada en la ciudad de Santa Rosa, provincia de La Pampa (Tabla 1). La Figura 1 muestra la planta y el corte de la vivienda, con una superficie cubierta de 48.9m² de planta y un volumen de 127.2m³. Se destacan su escasa compactidad (Ic=20%) y su alto Factor de exposición (Fe= 1). La envolvente vertical es de ladrillo macizo de 0.18m de espesor (sin aislación), mientras que la envolvente horizontal está conformada por una estructura resistente de losa cerámica y contrapiso de hormigón pobre. El Coeficiente Volumétrico de Pérdidas es de 4.1 W/m³°C, superando ampliamente las recomendaciones de la Norma IRAM 11604 (2001) que sugiere para este caso un valor de 2.6 W/m³°C. El estar-comedor, la cocina, el dormitorio y el baño tienen ganancia directa solar al Norte, el estar-comedor tiene además, un área transparente al Este. El área colectora total corresponde a un 12% del área útil de la vivienda. Mayores detalles constructivos se encuentran en Filippín y Flores Larsen (2005). El consumo medido de energía promedio diario en calefacción es de 10m³, que corresponde a 0.2m³/m² de superficie útil y 10.4m³/persona, valores muy superiores al de una vivienda solar en la misma localización geográfica y para el mismo período, en que la temperatura promedio exterior estuvo alrededor de 10.1°C (Filippín, 2005).

² Investigadora de CONICET.

Tabla 1: Variables climáticas (Latitud: 36°57'; longitud: 64°27' y altura sobre el nivel del mar: 189 m). Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Valores anuales	Temperatura media máxima	23.4°C
	Temperatura media mínima	8.1°C
	Temperatura media	15.5°C
	Radiación solar media anual sobre superficie horizontal	16.3 MJ/m ²
	Humedad relativa	68%
Temperatura máxima media de enero		31.9 °C
Temperatura media de enero		23.8 °C
Temperatura mínima media de enero		15.0 °C
Amplitud térmica de verano		16.2 °C
Velocidad media del viento en verano		14 Km./h
Radiación solar media enero sobre superficie horizontal		24.0 MJ/m ²
Grados-día de calefacción base 18°C		1545
Grados-día de enfriamiento base 25°C		297



Fig. 1: Planta, corte y vista de la vivienda (1. Estar-comedor, 2. Cocina, 3. Dormitorio, 4. Baño).

En un trabajo anterior se presentaron los resultados del monitoreo y la simulación térmica de la vivienda que se describe, en condiciones reales de uso, durante un período del invierno de 2003 (Filippin y Flores Larsen, 2005). Los resultados del monitoreo indican que la temperatura media de la vivienda convencional, bajo ocupación y uso intensivo de calefacción, se encuentra alrededor de 20.5°C, con temperatura promedio exterior de 9.4°C. Mediante *SIMEDIF para Windows* se concluyó que el aporte de las ganancias internas es de 7°C.

Una evaluación a través de la simulación de la performance energética de la vivienda con mejoras (aislación térmica en paredes y cubierta, uso de vidrios dobles con protección nocturna exterior e incremento del área de ganancia directa) evidenció un incremento de 13.5°C a 18.1°C de la temperatura promedio interior, con una temperatura media exterior de 10.1°C, lo cual se refleja en un ahorro del 66% del consumo de gas para calefacción. (Figura 2). En este caso, el nuevo Coeficiente Global de Pérdidas es de 1.23 W/°Cm³ (cumple la Norma IRAM correspondiente) y es de esperar que, al haber aumentado la resistencia térmica de toda la envolvente y el área de ventilación natural, mejore también el comportamiento térmico de verano.

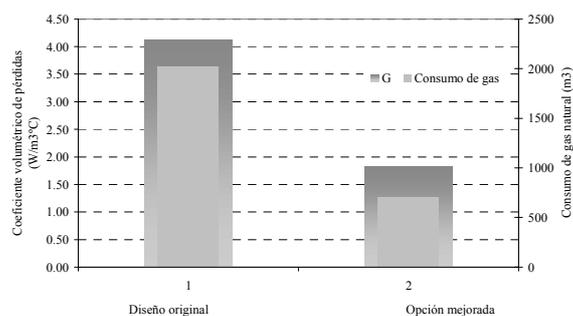


Fig. 2: Consumo de energía vs. Coeficiente global de pérdidas G

En este contexto, el objetivo del presente trabajo consiste en analizar el comportamiento térmico de la vivienda convencional durante el verano mediante *SIMEDIF para Windows* y comparar estos resultados con el comportamiento térmico de la misma vivienda, en condiciones meteorológicas similares, pero con una envolvente de mayor resistencia térmica.

SIMULACIÓN DEL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE VERANO MEDIANTE *SIMEDIF para Windows*

La simulación se realizó mediante el programa *SIMEDIF para Windows*. Debido a que el modelo de la vivienda utilizando *SIMEDIF* (Flores Larsen y Lesino, 2000 y 2001) ya ha sido validado mediante el ajuste de la simulación con los datos experimentales de invierno (Filippin y Flores Larsen, 2005), es posible realizar cambios en las condiciones climáticas o en su

tecnología y morfología, a fin de analizar en forma confiable el impacto en la temperatura interior de diferentes alternativas de diseño y distintas condiciones climáticas

Recientemente se ha incorporado a SIMEDIF una nueva alternativa que permite calcular la energía auxiliar necesaria (de calefacción y/o enfriamiento) para mantener un local a una cierta temperatura definida por el usuario. Para ello, en la entrada de datos de “Locales” se adicionó un botón (“Fijar temperatura del local”) en donde es posible termostatar el local a la temperatura que se desee. Cuando SIMEDIF realiza el cálculo, verifica esta opción y si el local se encuentra termostatzado calcula la energía auxiliar necesaria para mantenerla constante. Para poder visualizar los resultados, se adicionó una opción en Herramientas, “Graficar energía auxiliar para termostatar el local” (ver Figura 3). Los resultados de este cálculo se almacenan en un archivo de datos de extensión *.tst.

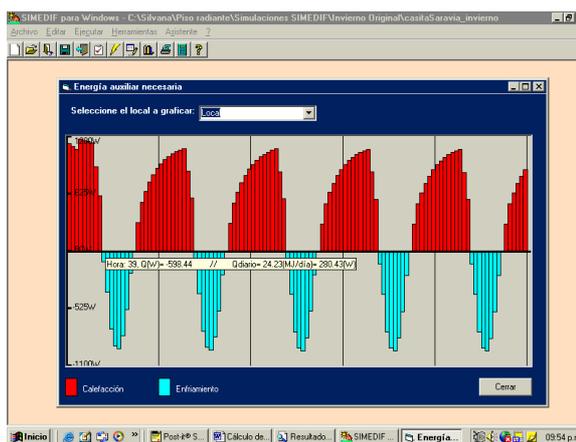


Fig. 3: nueva opción de SIMEDIF para calcular la energía auxiliar necesaria para termostatar un local.

En primer lugar, se utilizó el modelo de la vivienda convencional modificando las condiciones climáticas. Las propiedades físicas de los materiales utilizados se obtuvieron a partir de tablas (Incropera y DeWitt, 1996). Se adoptaron valores de renovaciones de aire entre 1.8 y 2, según el local. Para las ventanas, que no poseen postigones ni aislación nocturna, se utilizó un valor de transmitancia térmica de 4.5 W/m²°C (día y noche). Se utilizaron coeficientes convectivos interiores de 6 y 8 W/m²°C (para superficies no asoleadas y asoleadas, respectivamente) y coeficientes convectivos exteriores de 20 W/m²°C que corresponde a una velocidad media de viento de 14 km/h (Duffie y Beckman, 1991). La Figura 4 muestra los resultados del comportamiento térmico de la vivienda convencional sin ventilación natural (salvo infiltraciones) para una serie de datos climáticos exteriores entre el 1 y el 17 de enero. Con temperaturas externas máximas entre 30 y 40°C y una irradiancia sobre superficie horizontal de más de 900W/m², la temperatura máxima interior es de más de 30°C en todos los locales, claramente fuera del área de confort. (Ver Tabla 2). La temperatura media interior de la vivienda en el periodo simulado es 26.9°C, 3.5°C por encima de la temperatura media exterior (23.4°C). En este caso, se sugiere utilizar ventilación nocturna, a fin de aprovechar al máximo el aire fresco durante las horas sin sol

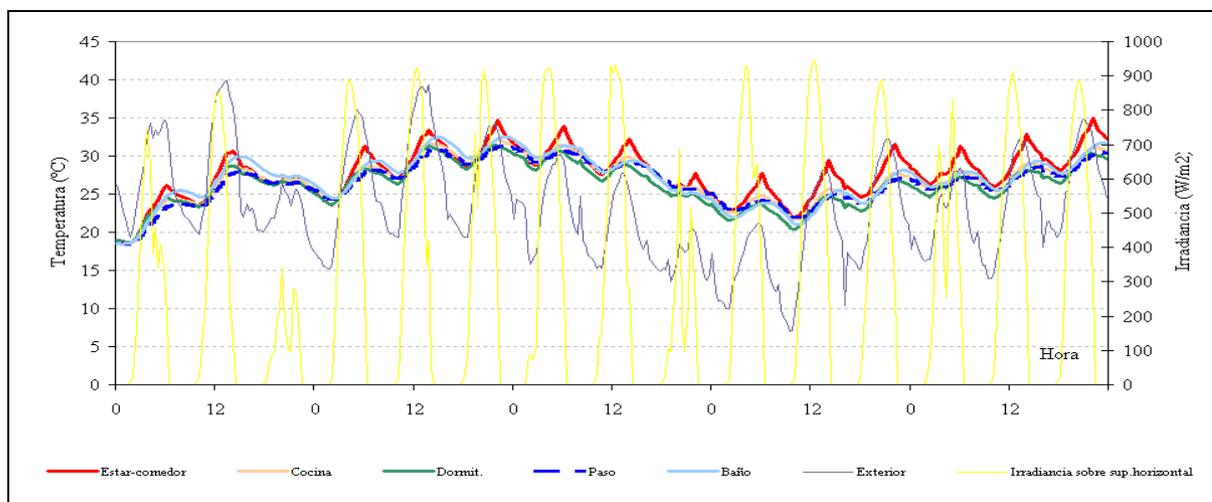
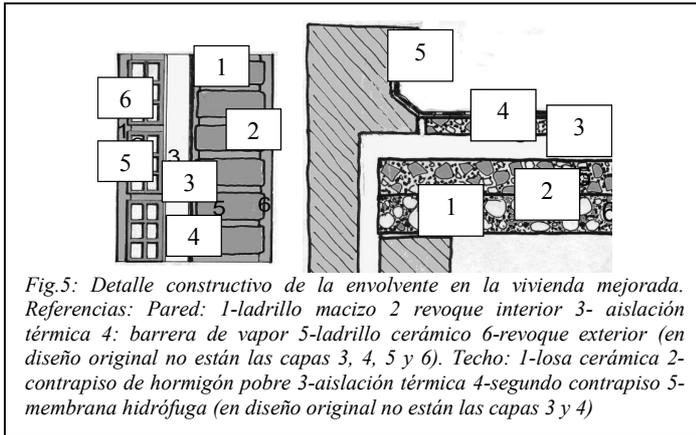


Fig.4 Simulación de la temperatura en las distintas áreas funcionales de la vivienda convencional en verano entre el 1 y el 17 de enero (sin usuarios).

Tabla 2: Temperatura media exterior y de cada área funcional en la vivienda convencional entre el 1 y el 17 de enero en °C

	Áreas funcionales					Exterior
	Estar-Comedor	Cocina	Dormitorio	Paso	Baño	
Promedio en cada área funcional	27.8	26.8	26.2	26.6	27.1	23.4
Promedio en la vivienda	26.9					



Para evaluar las condiciones de verano de la vivienda mejorada, se simula la vivienda manteniendo las modificaciones aplicadas en invierno: aislación térmica en las paredes y cubiertas (0.05m y 0.075m de espesor de aislación, respectivamente, ver Fig. 5), aumento del área de ganancia directa (20% del área útil) y el uso de vidrios dobles. En verano no es necesaria la protección nocturna exterior de las áreas vidriadas, excepto para evitar el ingreso de sol en el amanecer. Se consideró un factor de sombra del 20% (protección solar durante las horas diurnas). La figura 6 muestra el comportamiento térmico de la vivienda mejorada entre el 1 y el 17 de enero.

La temperatura promedio de la vivienda es de 23.6°C (exterior = 23.4°C), valor que está 3.3°C por debajo de la temperatura de la vivienda convencional. (Tabla 3). Con temperaturas externas máximas entre 30 y 40°C y una irradiancia sobre superficie horizontal de más de 900W/m², la temperatura máxima interior no supera los 27.5°C (casi 5°C por debajo del valor obtenido en la vivienda convencional)..

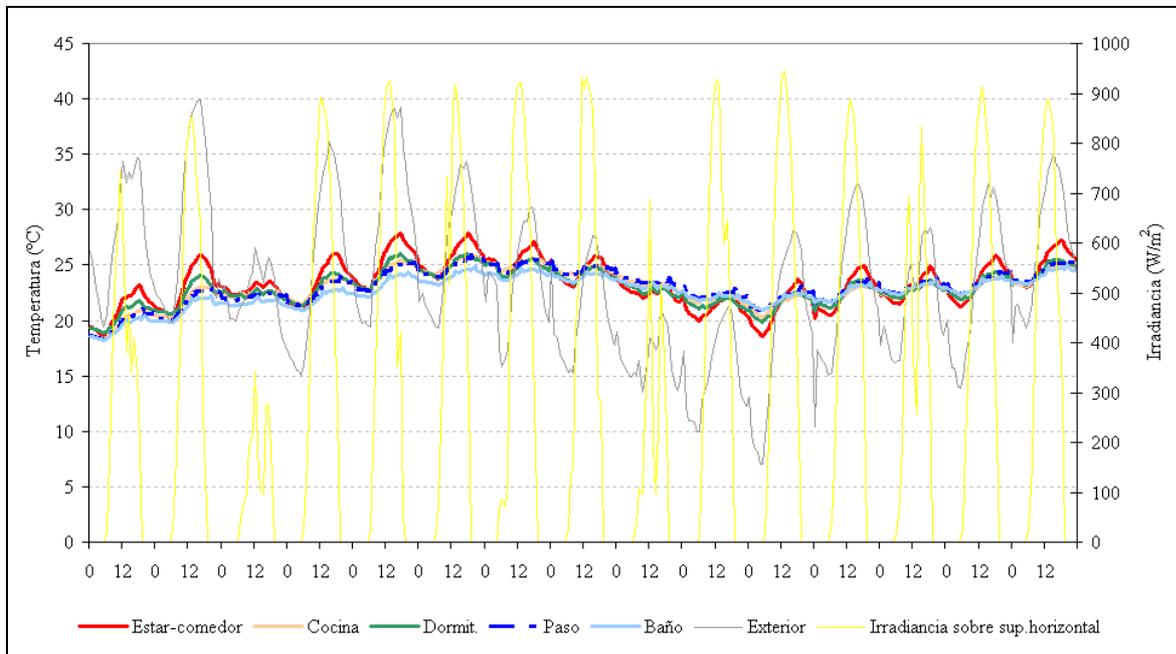


Fig.6: Simulación de la temperatura en las distintas áreas funcionales de la vivienda mejorada en verano entre el 1 y el 17 de enero.

Tabla 3: Temperatura media exterior y de cada área funcional en la vivienda mejorada entre el 1 y el 17 de enero en °C

	Áreas funcionales					Exterior
	Estar-Comedor	Cocina	Dormitorio	Paso	Baño	
Promedio en cada área funcional	23.9	23.6	23.6	23.7	23	23.4
Promedio en la vivienda	23.6					

La Figura 7 muestra el requerimiento diario de refrigeración auxiliar simulado a través del programa Simedif para Windows. Para el presente trabajo se termostató para temperaturas interiores de diseño entre 20 y 25°C, a fin de observar su efecto en las cargas de refrigeración. La simulación indica que el ahorro promedio de energía en refrigeración es de alrededor del 54% para las temperaturas de termostato mencionadas (25°C=71.5% de ahorro; 20°C= 35.8% de ahorro).

La instalación de los sistemas solares pasivos desde el inicio del pre-diseño es por lo común más económico que un ajuste posterior. La inclusión de los sistemas solares pasivos durante la ejecución de la obra nueva son generalmente menores al 10% del costo total de la obra (Howard and Szoke, 1992; Filippin y Beascochea, 2005), cuando la vivienda se mejora

energéticamente se debe adicionar de un 3 a un 5% a aquél valor inicial. La Tabla 4 muestra a precios del 2005 el costo del mejoramiento de la vivienda (envolvente y área transparente). En un trabajo anterior (Filippin y Flores Larsen, 2005) se estimaba que la recuperación de la inversión resultante del mejoramiento y el ahorro en calefacción superaba los 50 años. Para que la vivienda convencional pueda mantener una temperatura promedio de 23°C en verano, la carga de refrigeración diaria es de 350 MJ (97.3 kWh). Para la vivienda mejorada el valor se reduce a 157.8 MJ/día (43.9 kWh) que significa para la temporada, y según 449 GD_{enf} (base=23°C) un ahorro de \$787. Para una temperatura interior de 25° (13h) la vivienda mejorada cumpliría con el valor del Coeficiente Volumétrico de Refrigeración ($G_R = 16.6 \text{ W/m}^3$) recomendado por la Norma IRAM 11659-2, Esquema 4 (2006); Czajkowski y Corredera (2006).

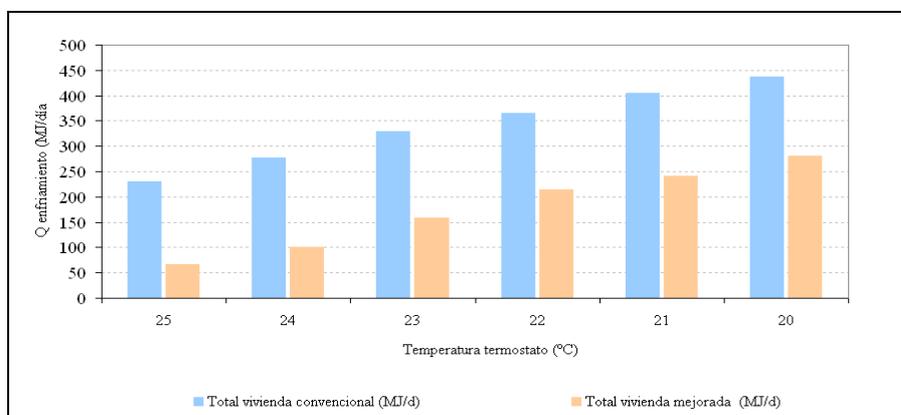


Fig. 7: Consumo de energía en refrigeración para distintos valores de temperatura interior.

El período de recupero de la inversión en mejoramiento y ahorro en refrigeración (11 años) sería bastante inferior al planteado en calefacción. De todas formas existen incertidumbres respecto a los valores futuros de los combustibles lo que aportaría mayores elementos de justificación del mejoramiento analizado. No se debe desestimar tampoco la apreciación que tendría la vivienda con la propuesta evaluada. En este marco, el trabajo plantea el mejoramiento, fundamentalmente desde el punto vista ambiental (reducción de las emisiones de CO₂) - no sólo se beneficia el ambiente sino la sociedad en su conjunto (Baragatti, 2004)- y energético, la disposición de reservas de petróleo y gas natural probadas y utilizadas al ritmo actual, darían un horizonte muy cercano a los 10 y 15 años (Quiles, 2004). De Dicco (2005) habla de un horizonte de vida equivalente a 10.7 años de disponibilidad de gas, lo que supone un agotamiento definitivo de los yacimientos gasíferos hacia 2015.

Tabla 4: Costos de la vivienda convencional y de la vivienda con mejoras en la envolvente.

	Vivienda convencional	Vivienda mejorada
Envolvente vertical	\$3508 (Ladrillo macizo de 0.18)	\$5730 (Pared tri - capa: ladrillo macizo de 0.18m de espesor, aislación térmica de 0.05m de espesor y pared de ladrillo macizo de panderete)
Envolvente horizontal	\$ 5934 (Losa + contrapiso de hormigón)	\$7779 (Losa cerámica, contrapiso de hormigón pobre, aislación térmica de 0.075, contrapiso alivianado de 0.05m de espesor y membrana hidrófuga)
Área transparente al Norte	\$4095 (Ventana + vidrio simple sin postigón, Área: 5.8m ²)	\$ 8458 (Vidrio doble + postigón en ventanas existentes y ventana + vidrio doble y postigón para incremento de ganancia directa. Área total :10m ²)
Costo total de la envolvente	\$13537	\$21967

CONCLUSIONES

El trabajo permitió completar el panorama energético (invierno y verano) de una vivienda de diseño y tecnología convencional (común en la región en estudio) y la misma vivienda mejorada. Para la estación invernal el ahorro de energía en calefacción es de alrededor del 66%; en el verano del 54% (valor promedio termostatazando la vivienda entre 20 y 25°C). Debemos recordar que, en general, las personas que habitan estas viviendas no suelen intentar mejorar su situación de confort en verano, debido al costo de los equipos de aire acondicionado y a la incidencia en la economía familiar del consumo energético de los mismos. En general, los habitantes simplemente utilizan alguna estrategia de ventilación para paliar el sobrecalentamiento, soportando en la mayoría de los casos las situaciones de desconfort térmico. La situación en invierno es diferente, puesto que para aumentar la temperatura de la vivienda se utilizan calefactores convencionales. En este caso, un buen diseño que minimice las pérdidas de calor y contemple mayores ganancias directas en el invierno, y minimice los aportes de calor, se transformará en una herramienta fundamental a la hora de reducir el consumo de energía convencional.

ABSTRACT: SUMER ENERGY BEHAVIOR OF A CONVENTIONAL HOUSE IN THE CENTRAL REGION OF ARGENTINA

The present paper describes the technology and summer energy behavior of a conventional house in the city of Santa Rosa (36° 57'S latitude, 64° 27'W longitude, and 189m over the sea level) situated in an open environment with low building density. The work shows the results of the thermal simulation of conventional and energy-improved housing (envelope and more direct solar gain). The simulation was carried out with SIMEDIF by Windows. The maximum temperature during summer reached 30°C in the conventional and 27.5°C in the improved housing, (maximum external temperature= between 30 and 40°C during some days). The cooling load is 250.5, 242, 214, 158, 101 y 66 MJ/day (thermostatic in the software= 20, 21, 22, 23, 24, and 25°C). During winter the improvement of the thermal resistance and direct solar gain area could increase 4.6°C the indoor mean temperature (outdoor mean temperature around 10.1°C), with energy savings around 66%. During summer the energy saving is around 52.1% (main temperature=23.0°C).

Keywords: Bioclimatic buildings, Passive heating and cooling, Natural climatization, Thermal simulation

REFERENCIAS

- Baragatti, (2004) . Taller de Ciencia , Tecnología y Ambiente en las Actividades del Sector Energético, Bs.As., Agosto de 2004.
- Czajkowski,J. y Corredera, C. (2006). Desarrollo de indicador de eficiencia energética para el ahorro de energía en refrigeración en la Argentina. Valores admisibles para viviendas y edificios de viviendas. Anais XI Encontro Nacional Tecnología no Ambiente Construido-ENTAC 2006. Florianópolis.
- De Dico, R. (2005). Presente y futuro de la disponibilidad del gas natural argentino, IDICSO. Area de Recursos Energéticos y Planificación para el Desarrollo. Sitio Web\$<http://WWEW.salvador.edu.ar/csoc/idicso/energia/energia.htm>
- Duffie J.A. y Beckman W.A. (1991) Solar Engineering of Thermal Processes, 2º edición, pp. 173-176. Wiley Interscience, New York.
- Filippín C. y Flores Larsen S. (2005). Comportamiento térmico de invierno de una vivienda convencional en condiciones reales de uso. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 9, pp.08.31-08.35. Argentina, ISSN 0.329-5184.
- Filippín C. (2005), Edificios de bajo consumo energético en La Pampa. Una síntesis cuali-cuantitativa de su comportamiento térmico, energético y ambiental (Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Salta).
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2000). SIMEDIF 2000: nueva versión del programa de diseño y cálculo de edificios. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 4, 2, pp.08.53-08.58. Argentina, ISSN 0.329-5184.
- 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.
- Flores Larsen S., Filippín C. y Lesino G. (2001). Simulación mediante SIMEDIF y Energy-10 de un edificio liviano. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 5, pp.08.25-08.30. Argentina, ISSN 0.329-5184.
- Howard, B., and S.S. Szoke (1992). Advances in Solar Design Tools, 5th Thermal Envelope Conference, US Dept. Of Energy, ASHRAE, Clearwater, FL.
- Incropera P. y DeWitt D. (1996). Fundamentals of heat and mass transfer. John Wiley & Sons, Inc.USA.
- Norm IRAM 11604 (2001). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente global de pérdidas. Cálculo y valores límites.
- Norma IRAM 11659-2. Esquema 4. (2006). Acondicionamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higrotérmicas. Ahorro de energía en refrigeración. Parte 2: Viviendas. Buenos Aires.
- Quiles, E., (2004). Taller de Ciencia , Tecnología y Ambiente en las Actividades del Sector Energético, Bs.As., Agosto de 2004.