

## SIMULACION TERMICA DE VERANO DE UN SECTOR DEL BLOQUE DE RESIDENCIAS ESTUDIANTILES BIOCLIMATICAS EN SANTA ROSA, LA PAMPA

C. Filippin<sup>1</sup>, S. Flores Larsen<sup>2</sup> y G. Lesino<sup>1</sup>

Spinetto 785-C.C. 302- (6300) Santa Rosa, La Pampa, Argentina- TelFax 054 2954 434222

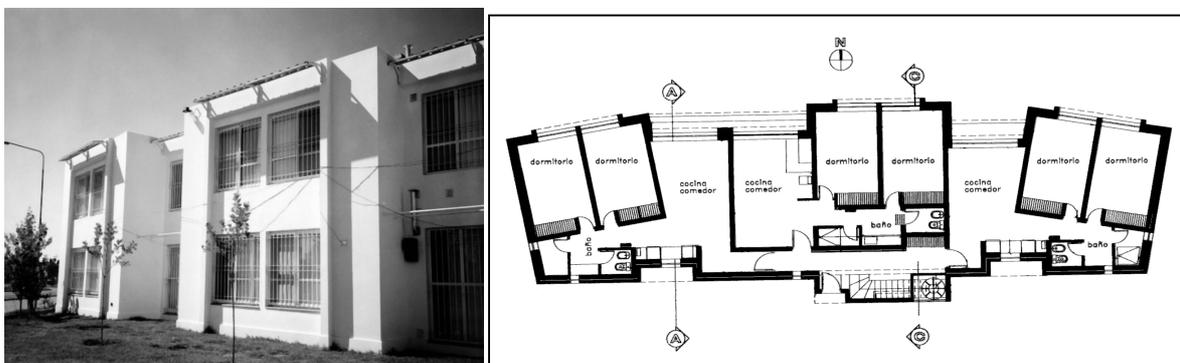
E-mail: cfilippin@cpenet.com.ar

**RESUMEN:** En este trabajo se presentan los resultados del monitoreo y de la simulación térmica en régimen transitorio del sector este del edificio de las residencias de la Universidad Nacional de La Pampa en Santa Rosa, Argentina. Durante el periodo de monitoreo las residencias estuvieron desocupadas debido al receso de verano. Los datos monitoreados se comparan con la simulación realizada mediante el programa *SIMEDIF para Windows*, con una aproximación del orden de 0.5°C. Los resultados permitirán predecir la performance térmica del edificio ante la variación de las condiciones climáticas o la revisión del diseño y la tecnología.

### INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es describir los resultados del monitoreo y simulación del comportamiento térmico de verano de un conjunto de residencias estudiantiles construidas por la Universidad Nacional de La Pampa en la ciudad de Santa Rosa (36°6' latitud sur, 65.3° longitud oeste y 189m snm). El edificio, másico y aislado térmicamente, cuenta con acondicionamiento pasivo a través de áreas transparentes al norte para el calentamiento durante el invierno. La ventilación natural favorece el refrescamiento pasivo en verano. Las ventanas sólo poseen aleros y pérgolas para coberturas vegetales como elementos de control solar externo. En el interior del edificio y en todas las áreas transparentes se colocan cortinas tipo black-out. En las Figs. 1 y 2 se pueden observar una vista del edificio y la planta del mismo, respectivamente. Para más detalles constructivos se sugiere consultar el trabajo de Filippin et al. (2001).

El edificio posee 6 departamentos. Los departamentos 1, 2 y 3 se encuentran en la planta baja (este, centro y oeste, respectivamente), mientras que los departamentos 4, 5 y 6 se encuentran en la planta alta. Cada departamento posee dos dormitorios, un baño y una cocina-comedor.



### MONITOREO DEL EDIFICIO

El monitoreo se inició el 13 de diciembre de 2000. Los datos analizados en este trabajo corresponden al periodo comprendido entre el 23 de diciembre de 2000 y el 18 de enero de 2001, en que el edificio completo estuvo desocupado debido al receso de verano. Las mediciones se realizaron cada 10 minutos mediante termocuplas ubicadas en el exterior, en la caja de escalera y en cada uno de los ambientes de los seis departamentos (Filippin, Beascochea y Gorozurreta, 2001). Además de medir el comportamiento térmico interior se midió la temperatura de los paramentos internos y externos en muros con diferentes orientaciones, temperatura ambiente externa y radiación solar sobre superficie horizontal.

Los resultados del monitoreo pueden analizarse en las Figs. 3, 4 y 5. El periodo se caracterizó por temperaturas ambientales elevadas y radiación sobre superficie horizontal superior a 1000 W/m<sup>2</sup> durante los diez primeros días (Fig. 3). Las

<sup>1</sup> Investigadora de CONICET

<sup>2</sup> Becaria de CONICET

temperaturas máximas alcanzaron los 40°C . Durante los días 9 y 10 de enero de 2001 se produjo un brusco descenso de temperatura pero con una insolación que se mantuvo entre los 700 y casi 900 W/m<sup>2</sup>. La Tabla 1 muestra los valores promedios obtenidos para cada local de los departamentos y la temperatura media externa del periodo.

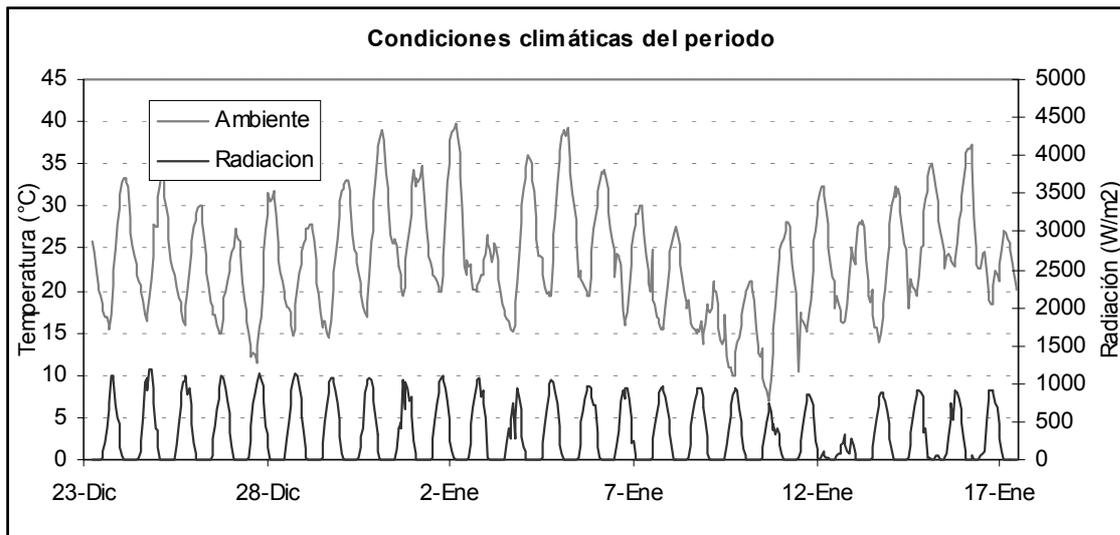


Fig. 3: temperatura ambiente y radiación solar sobre superficie horizontal del periodo estudiado.

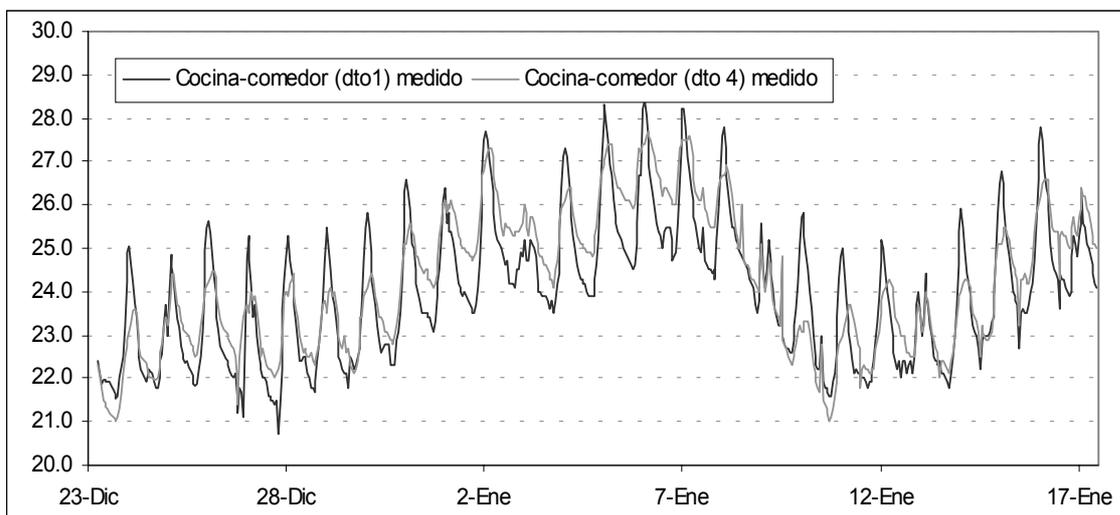


Fig. 4: temperatura de la cocina-comedor del departamento 1 (planta baja) y del departamento 4 (planta alta).

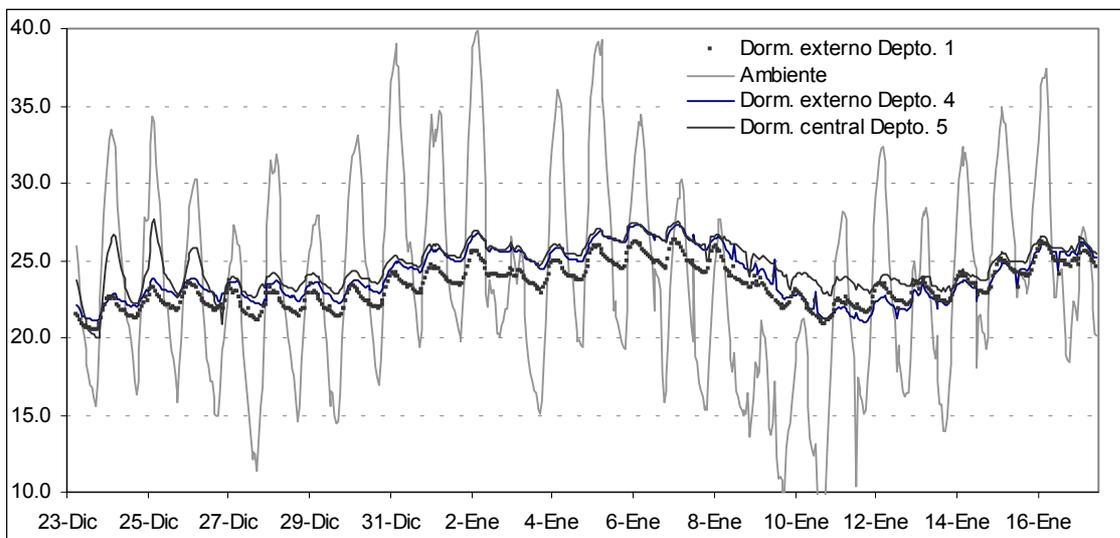


Fig.5: temperaturas de los dormitorios del departamento 1 (planta baja), departamento 4 (planta alta) y departamento 5 (planta alta).

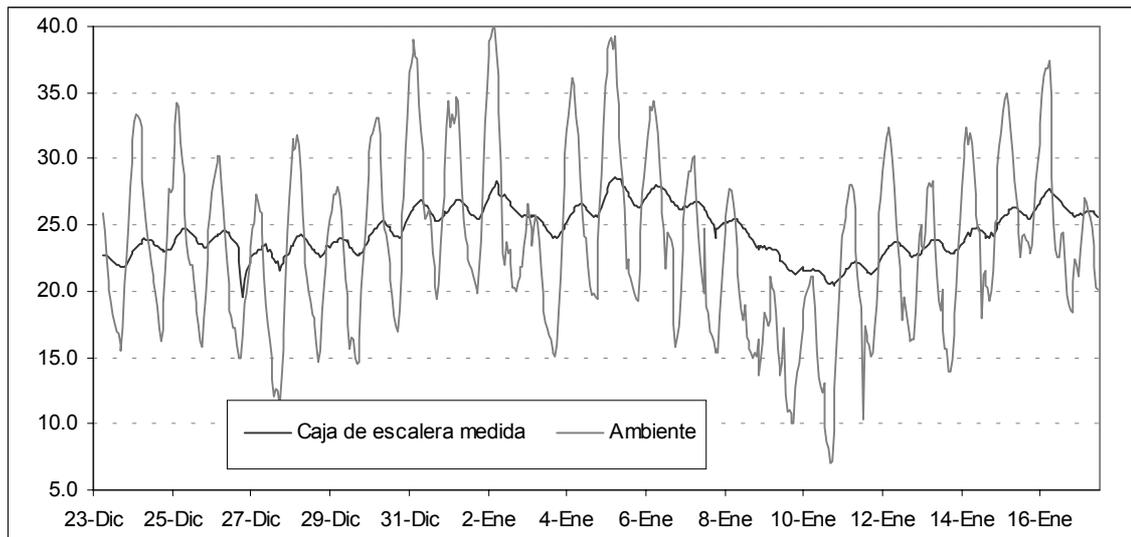


Fig. 6: temperatura de la caja de escalera.

	Dormitorio externo	Dormitorio central	Cocina-comedor	Dormitorios
Departamento 1	23.2°C	23.9°C	24.0°C	
Departamento 4	24.0°C	-	24.9°C	
Departamento 2				24.1°C
Departamento 5				24.9°C
Exterior			23.6°C.	

Tabla 1: Temperaturas medias del periodo.

Area funcional		Temperatura (°C)								Media
		Máxima				Mínima				
		01/01	02/01	03/01	04/01	01/01	02/01	03/01	04/01	
Dto1	Dorm externo	24.7	25.6	24.5	25.0	22.9	23.3	23.6	22.9	
	Dorm. central	25.4	26.2	25.1	25.7	23.5	23.9	24.2	23.7	
	Cocina-comedor	26.4	27.7	25.2	27.3	23.1	23.5	24.0	23.5	
Dto4	Dorm externo	26.8	27.8	27.0	26.8	25.2	25.9	26.1	25.4	
	Cocina-comedor	26.9	28.5	26.0	27.9	24.1	24.7	24.8	24.1	
Dto2	Dormitorio	24.4	25.3	24.1	24.7	22.7	23.0	23.1	22.6	
Dto5	Dormitorio	26.1	26.9	26.2	26.1	24.6	25.1	25.1	24.5	
Ambiente		34.7	39.9	26.6	36.1	19.4	19.8	19.8	15.1	

Tabla 2: Valores máximos y mínimos de temperatura en los departamentos para los días 1 a 4 de enero de 2001.

La temperatura media de la cocina-comedor del departamento 4 de planta alta fue casi 1° C más alto que la del departamento 1 de planta baja para el período en estudio (Fig. 4). Este comportamiento se explica teniendo en cuenta que, si bien los departamentos de planta alta tienen menor ganancia directa que los de planta baja, la temperatura sol-aire sobre la cubierta del edificio es elevada (40°C), provocando el aumento de la temperatura en la planta alta.

Se puede observar que los locales con mayor superficie en contacto con el exterior tienen temperaturas medias más bajas (Fig. 5). En el dormitorio extremo de los departamentos 1 y 4 la temperatura promedio fue entre 0.8°C y 0.9°C más baja que la temperatura media de la cocina-comedor. Los departamentos ubicados en el centro del edificio (departamento 2 en planta baja y 5 en planta alta) tienen menor superficie en contacto con el exterior y además no tienen ventilación cruzada como los departamentos extremos, por lo que los dormitorios de estos departamentos fueron los más cálidos con casi 1°C más en sus temperaturas promedio que los dormitorios extremos.

La caja de escalera es un área cuya envolvente vertical no tiene aislación térmica. Posee dos claraboyas en la cubierta en posición horizontal y una ventana al este que en el verano actúa como área captadora. La temperatura media de la caja de escalera fue 24.5°C (Fig. 6). Se observó un descenso de la temperatura el día 4 de enero, que coincidió con un descenso de la temperatura ambiente externa y con baja radiación solar. Una nueva caída de la temperatura aparece a partir del día 8, coincidiendo con la disminución de la temperatura externa. Los resultados se muestran en la Tabla 1 y en la Figura 4.

La Tabla 2 muestra los valores máximos y mínimos alcanzados en las diferentes áreas funcionales de los departamentos para el período más cálido. Para estos valores se acentúa la diferencia entre los locales menos expuestos y aquellos con dos

paredes en contacto con el exterior. Se acentúan también las diferencias entre los valores máximos alcanzados en planta alta respecto a la planta baja. Las temperaturas máximas en los dormitorios de los departamentos 1 y 4 con un azimut de 170° fueron a las 13 hs. Las temperaturas máximas en el área cocina –comedor con una orientación norte la temperatura máxima se registró entre las 15 y 16 hs. La temperatura mínima se registró en todos los casos entre las 6 y 7 hs. En cuanto a la amplitud térmica (diferencia entre la temperatura máxima y mínima) el sector de dormitorios alcanzó un valor promedio para los cuatro días de 1.8°C. Los locales al norte alcanzaron un valor promedio entre 1.8 y 3°C. La amplitud térmica del ambiente exterior alcanzó un valor promedio de 15.8°C para los cuatro días estudiados. Es necesario recordar que los departamentos fueron monitoreados desocupados y sin las cortinas black-out colocadas, por lo tanto las ganancias internas deberán ser contrarrestadas con un buen uso de los sistemas optimizando la ventilación para mantener la situación de confort.

### SIMULACIÓN MEDIANTE *SIMEDIF para Windows*

La simulación se realizó mediante el programa *SIMEDIF para Windows*, desarrollado en el INENCO, Instituto de Investigación en Energía No Convencional, como una herramienta de diseño y simulación del comportamiento térmico transitorio de edificios con acondicionamiento natural, ganancias internas variables, enfriadores evaporativos e intercambiadores de calor aire-tierra (Flores Larsen y Lesino, 2000; 2001a; 2001b). Esta versión y la anterior, también desarrollada en el INENCO (Saravia y Casermeiro, 1984), fueron empleadas para la simulación de datos medidos con muy buenos resultados que mostraron la potencialidad del programa (Caso et al., 1986; Reyes y Evans, 1993; Esteves et al., 1994; Beascochea y Filippín, 1998; Hernández y Lesino, 2000; Filippín, 2000; Flores Larsen, Filippín y Lesino, 2001). El programa *SIMEDIF para Windows* admite hasta 50 zonas térmicas. Para describir un edificio se lo subdivide en locales (zonas que pueden considerarse isotermas) que están conectados entre sí y con el exterior mediante elementos con características térmicas bien definidas. Debido a que el edificio estuvo desocupado durante el periodo de monitoreo, la carga de datos en *SIMEDIF* se simplificó. En efecto, todas las áreas transparentes quedaron descubiertas, las puertas permanecieron cerradas y los locales no tuvieron ganancias internas (disipación metabólica, cocción de alimentos, calefacción auxiliar, etc.).

El período de simulación estuvo comprendido entre el 23 de diciembre de 2000 y el 18 de enero de 2001 caracterizado por días claros, de alta insolación. Con el fin de alcanzar las condiciones iniciales para el período de monitoreo se simularon 10 días previos. En el caso en estudio, y para simplificar el ingreso de datos, se dividió el edificio según su eje geométrico en dos partes. En el eje divisorio se colocó un tabique adiabático imaginario ubicado prácticamente sobre la pared divisoria entre la cocina-comedor y el dormitorio 2 de los departamentos centrales. Para una mejor identificación de cada área se muestra en la Tabla 3 los diferentes sectores.

<i>Este</i>			<i>Central</i>			<i>oeste</i>		
<i>departamento1 (planta baja)</i>			<i>departamento2 (planta baja)</i>			<i>departamento 3 (planta baja)</i>		
<i>departamento 4 (planta alta)</i>			<i>departamento 5 (planta alta)</i>			<i>departamento 6 (planta alta)</i>		
<i>dormitorio exterior</i>	<i>dormitorio central</i>	<i>cocina-comedor</i>	<i>dormitorio lindero con departamento</i>	<i>dormitorio interno</i>	<i>cocina-comedor</i>	<i>dormitorio exterior</i>	<i>dormitorio central</i>	<i>cocina-comedor</i>

Tabla 3: Sectores del edificio. El área gris indica los locales simulados mediante *SIMEDIF para Windows*.

Los datos geométricos se determinaron en base a los planos del pliego de licitación, mientras que para las propiedades físicas de los materiales se utilizaron valores obtenidos a partir de tablas (Incropera and DeWitt, 1996). En la simulación se utilizaron 0.5 renovaciones horarias de aire para los locales, coeficientes de transferencia internos y externos de 3 y 5 W/m<sup>2</sup>°C respectivamente y coeficientes de transmisión térmica de ventanas de 2.5 W/m<sup>2</sup>°C durante el día y la noche ya que no se utilizaron cortinas. El ingreso de los datos climáticos se realizó mediante los archivos de temperatura y radiación sobre superficie horizontal medidos en el periodo.

		<i>Caja de escalera</i>	<i>Cocina-comedor departamento 1</i>	<i>Cocina-comedor departamento 4</i>	<i>Dormitorio ext. departamento 1</i>	<i>Dormitorio central departamento 5</i>
Promedio (°C)	Valores medidos	24.7	24.1	24.5	23.3	24.6
	Valores simulados	24.5	24.0	24.2	23.3	24.7
STD (desvío standard)		0.46	0.89	0.39	0.39	0.69
r	Medidos vs simulados	0.97	0.86	0.97	0.96	0.88

Tabla 4: Valores promedios obtenidos en los datos medidos y simulados.

Los resultados de la simulación y su comparación con los datos medidos pueden verse en las Figs. 7 y 8. Las temperaturas medias dentro del edificio varían entre 23.3°C y 24.7°C y son mayores a la media exterior (23.6°C) en aproximadamente 0.7°C. Se observa un buen ajuste entre los valores de temperatura medidos y simulados, del orden de 0.5°C. La temperatura interior superó los 25°C en los días en que la temperatura externa trepó hasta los 40°C. La caja de escalera resulta tener la media más alta, mientras que el dormitorio externo del departamento 1 en planta baja tiene la media más baja. En la Figura 7 se observa el ajuste entre datos medidos y simulados de la caja de escalera y del dormitorio externo del departamento 1. En la Figura 8 se observa la comparación entre valores de temperatura medidos y simulados en la cocina-comedor del departamento 4 de planta alta y en la Fig. 9 se analiza el dormitorio central del departamento 5 de planta alta. Existe un buen acuerdo entre las series de datos. Se observó en todos los casos un buen acuerdo entre temperaturas medias, las amplitudes y

las horas del día en que se producen los valores máximos y mínimos. En la Tabla 4 se observan los valores promedios del conjunto de datos para cada área funcional en estudio.

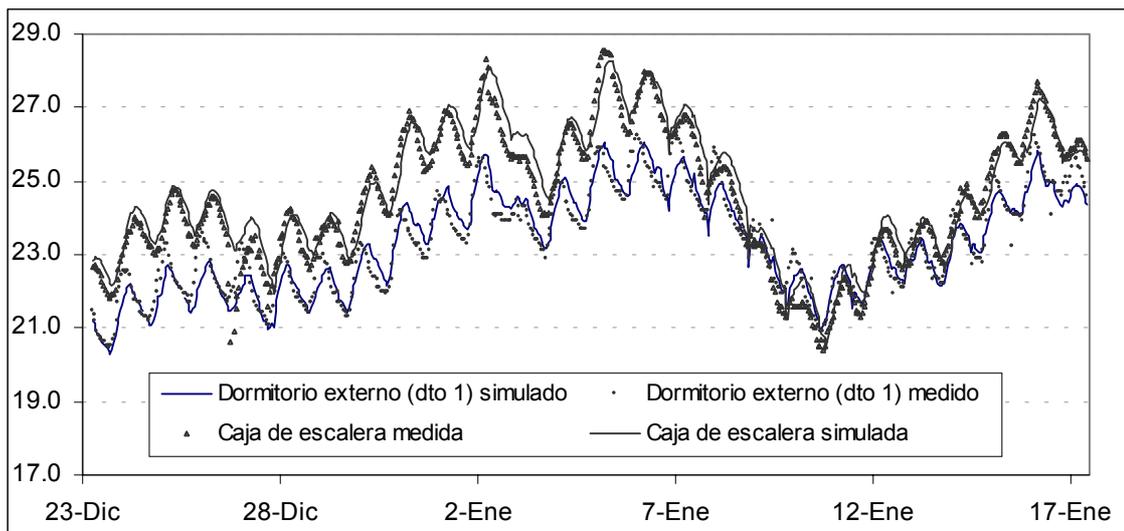


Fig. 7: datos medidos y simulados para el dormitorio externo del departamento 1 y para la caja de escalera.

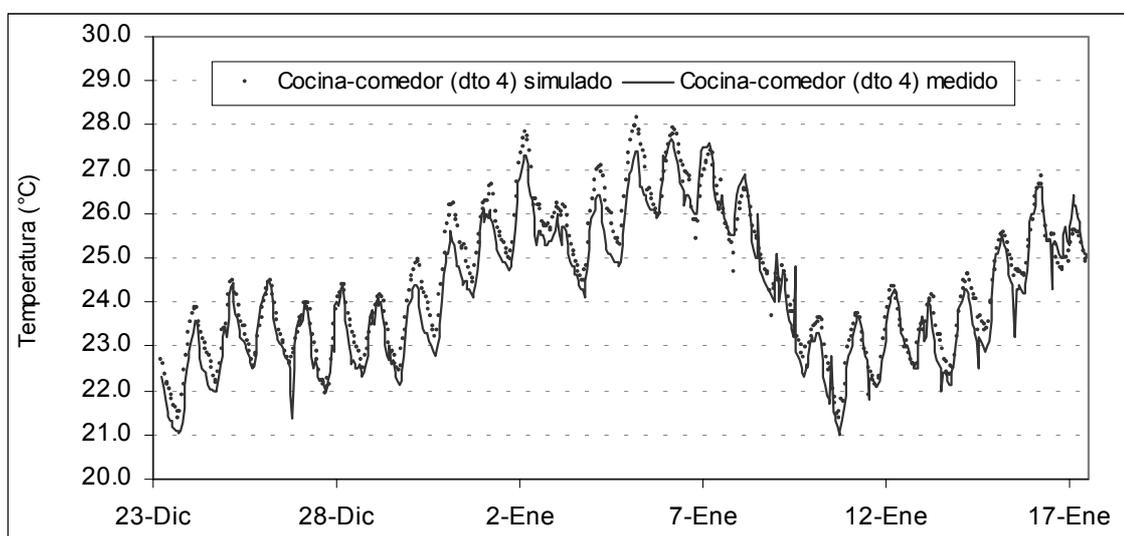


Fig. 8: datos medidos y simulados para la cocina comedor del departamento 4 de planta alta.

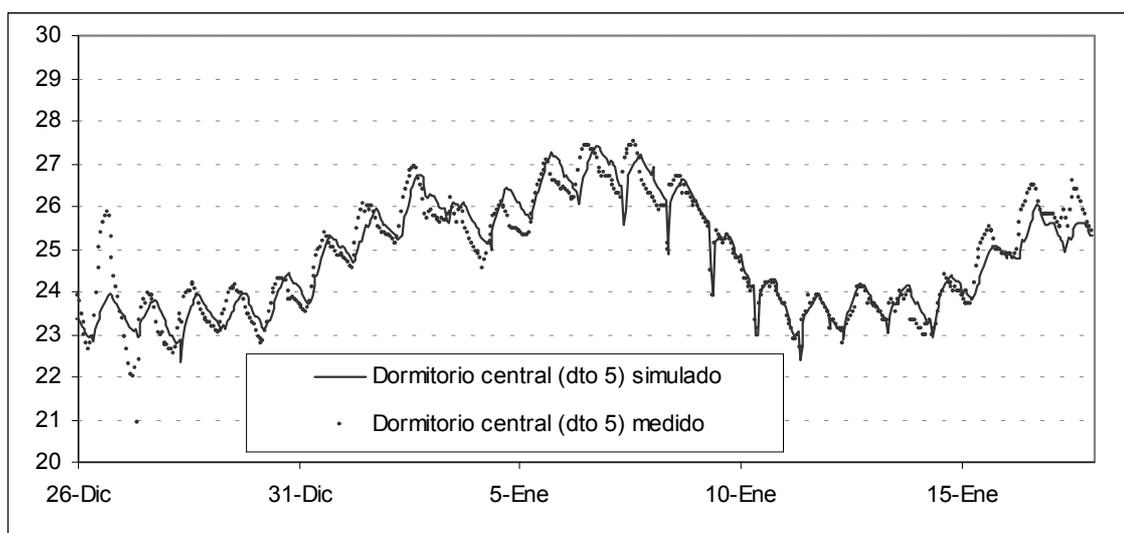


Fig. 9: datos medidos y simulados para el dormitorio central del departamento 5 de planta alta.

## CONCLUSIONES



El trabajo permitió observar el comportamiento térmico de los departamentos en verano. Las temperaturas máximas alcanzadas en enero de 2001 durante los días más cálidos indican un sobrecalentamiento del ambiente interior. Se espera que el desarrollo de las especies arbóreas y las coberturas vegetales en las pérgolas controlará el efecto de la insolación. Imágenes tomadas durante el verano del 2001 y 2002 mostraron un cambio en el entorno próximo al área de dormitorios al norte. Futuras mediciones permitirán observar comportamiento térmico ante las nuevas condiciones del paisaje (Figura 9). Los resultados mostraron un muy buen ajuste entre datos medidos y simulados para un período en el que los departamentos estaban desocupados, cerrados y sin las cortinas black-out aún colocadas. Este ajuste permite ratificar con muy buena aproximación la

validez de los coeficientes convectivos y de las características termofísicas de los materiales empleados. El ajuste alcanzado permitirá en próximos trabajos, analizar el efecto de un uso adecuado de las cortinas black-out para disminuir la insolación dentro de los locales, y la incidencia de la ventilación natural en el mejoramiento de las condiciones térmicas de verano. A partir de esta situación se podrá elaborar un manual de uso del edificio que permita garantizar el bienestar de los usuarios.

## ABSTRACT

**The measured and simulated transient thermal behavior of a building for students in Santa Rosa, La Pampa (Argentina) are presented. The monitoring was carried out during the summer holidays when the building was unoccupied. SIMEDIF for Windows was used to simulate the building and a good agreement of the order of 0.5°C in the measured and simulated data set was found.**

## REFERENCIAS

- Casermeyro M. y Saravia L. (1984). Cálculo térmico horario de edificio solares pasivos, Actas de la IX Reunión de Trabajo de ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar), pp.39-45, San Juan, Argentina.
- Caso R., Lesino, G. y Saravia L. (1986), Mediciones de edificios solares en Cachi y Abdón Castro Tolay, Actas de la XI Reunión de Trabajo de ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar), pp. , San Luis, Argentina.
- Esteves A., Fernandez J., Basso M., Mitchel J. y de Rosa C. (1994). Simulación térmica de edificios: aplicación de los modelos Quick y SIMEDIF, Actas de la XVII Reunión de Trabajo de ASADES, pp. 543-550, Rosario, Argentina.
- Filippín C. (2000). Residencias universitarias solares en la provincia de La Pampa. Su comportamiento higratérmico y energético-ambiental. Tesis de Maestría
- Filippín C., Beascochea A. y Gorozurreta J. (2001). Residencias universitarias bioclimáticas en La Pampa. Resultados de su comportamiento térmico y energético. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 5, pp.05.01-05.06. Argentina, ISSN 0.329-5184.
- 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. (2001a). A new code for the hour-by-hour thermal behaviour simulation of buildings. In Proceedings of VII International Building Simulation Congress, pp. 75-82, Brasil.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2001b). 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.
- Gonzalo G. (1998). Manual de arquitectura bioclimática. Tucumán, Argentina.
- Hernandez A. y Lesino G. (2000). Simulación mediante SIMEDIF del comportamiento térmico de un prototipo de vivienda liviana construido en la Universidad Nacional de Salta. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 4, 2, pp.08.29-08.34. Argentina, ISSN 0.329-5184.
- Hernandez A., Flores Larsen, S., Salvo N. Y Lesino, G. (1999). Simulación no estacionaria mediante SIMEDIF del ala oeste del edificio de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente 3, 2, pp.08.113-08.116. Argentina, ISSN 0.329-5184.
- Incropera P. and DeWitt D. (1996). Fundamentals of heat and mass transfer. John Wiley & Sons, Inc.USA.
- Reyes J. y Evans J. (1993). Normas de aislación e inercia térmica. Desarrollo y aplicación. Reporte Final. Actas de la XVI Reunión de Trabajo de ASADES, La Plata, pp. 141-148.