



III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

SENSIBILIDAD DE MEDICIONES CON TERMOMETRO DE MAX-MIN PARA APRECIAR LAS CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS DE VIVIENDAS MÍNIMAS.

Alicia Mimbacas, Arqta.*
José Miguel Aroztegui, Arq.**

* Curso de Posgrado en Ingeniería Civil UFRGS Opc. Construcción
** SCAA, Facultad de Arquitectura, Universidad de la República
Fax + 598 2 406063 Bv. Artigas 1031. Montevideo, Uruguay.

RESUMEN

El trabajo analiza el desempeño térmico de una muestra de prototipos de viviendas mínimas, construidas con tecnologías no-convencionales. Se basa en registros simultáneos de temperaturas externas e internas máximas y mínimas. La viabilidad de esta metodología es discutida.

ABSTRACT

This paper analyse the thermal performance of a sample of dwelling prototypes, build with nonconventional technologies. Is based on simultaneous external and internal maxima-minima temperature records. Feasibility of this methodology is discussed.

PALABRAS-CLAVE

monitoreo, desempeño térmico; prototipos, método.

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo transfiere una experiencia de monitoreo del desempeño térmico de viviendas donde fueron empleados registros en termómetros de máxima-mínima. La técnica empleada se basa en la medición simultánea de nueve unidades de características semejantes y situadas en proximidad. La limitación de los datos obtenidos introduce un desafío a la sagacidad en su análisis e induce el descubrimiento de variables y correlaciones novedosas. Los resultados permiten caracterizar el desempeño de cada unidad y emitir hipótesis de interpretación. La metodología de análisis empleada es esencialmente flexible. El análisis no puede apoyarse en esquemas rígidos, sino en una sólida base conceptual de los complejos fenómenos que envuelve el comportamiento térmico.

El principal interés en este trabajo es mostrar las potencialidades y limitaciones de esta técnica. a través de un ejemplo concreto. Con mejores condiciones para la selección de la muestra, mas tiempo de registros y disponiendo de una unidad de referencia con comportamiento conocido, se obtendrían informaciones más precisas y confiables.

2. ANTECEDENTES

La Facultad de Arquitectura de la Universidad de la República integró el equipo que proyectó y acompañó la construcción de un barrio experimental de 20 viviendas mínimas evolutivas (figura 1) promovido por Cyted-V y el Ministerio de Vivienda de Uruguay. En dicho barrio se emplearon 11 tecnologías no-convencionales, para las cuales el Ministerio deseaba tener la retroalimentación del proceso de obra y del comportamiento

post-ocupación. Se trata de casas aisladas o adosadas simétricamente, con algunas variaciones tipológicas y áreas em torno a 30 m². El Instituto de la Construcción de la Facultad (ICE) registró con fotografías y video, planillando tiempos y vicisitudes del proceso de construcción. Debido a que la entrega de las viviendas a los usuarios se prolongaría por un plazo indeterminado, fué imperioso completar en tres semanas los estudios in-situ, ante estas condiciones el SCAA sugirió analizar el desempeño térmico de las viviendas, basado en la comparación del registro cotidiano de temperaturas máximas y mínimas durante las semanas restantes. Con indicaciones y precauciones elementales, el ICE instaló un termómetro de máxima y mínima en cada una de las 9 casas seleccionadas. Esta selección y posicionado de los termómetros no fué la mejor, pero resultó útil para apreciar la importancia de esta instancia en los resultados.

El período de medición fué del 9 al 24 de agosto de 1994, con la interrupción de los fines de semana comprendidos (!). Los datos de la temperatura del aire y la heliofania de toda la secuencia, fueron obtenidos de la cercana Estación Meteorológica El Prado, con configuración microclimática semejante. Las velocidades de viento solo se obtuvieron de la primera semana, lo que imposibilitó incluir ese parámetro en el análisis. Afortunadamente la secuencia captó condiciones climáticas variadas de insolación, amplitudes diarias y viento, con temperaturas medias comprendidas entre 9 y 14 °C.

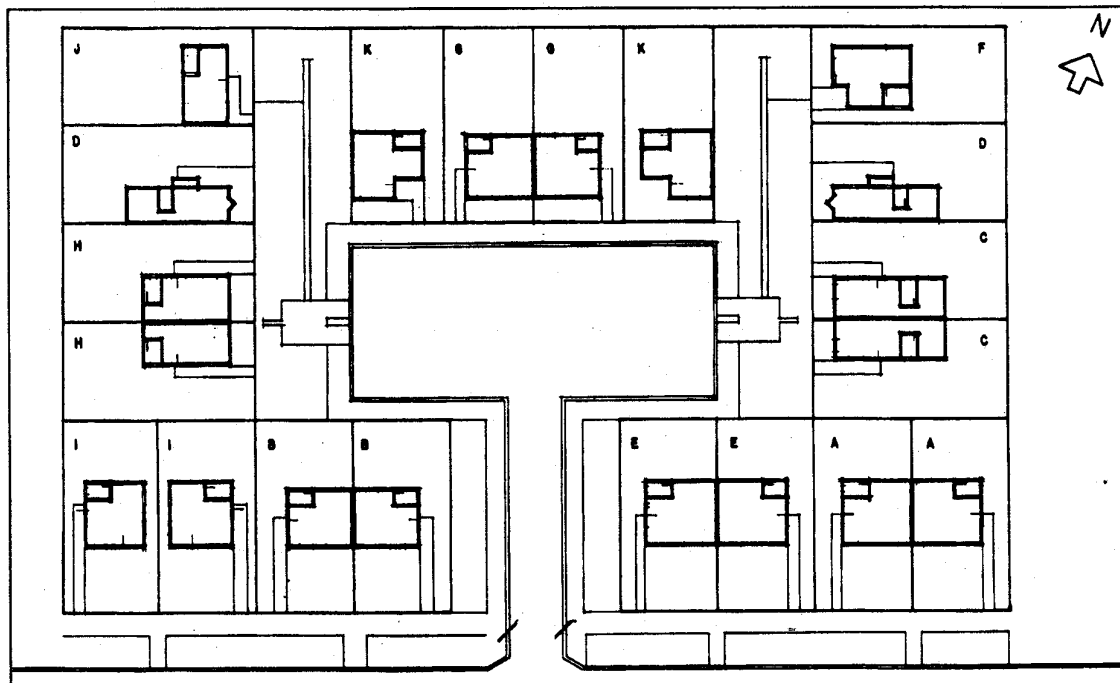


Figura 1. Barrio experimental. Planta general:

3. PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS

La Tabla 1 resume las informaciones que tienen relación con procesos térmicos en las unidades (áreas opacas y transparentes por orientación, propiedades de los cerramientos opacos, indicadores de la capacidad térmica y de las ganancias solares). Se exponen también resultados de la sensibilidad de las unidades ante los agentes exteriores.

La técnica de análisis consiste en una sistemática de aproximación a la identificación de la relación causa-efecto térmico, a través del análisis comparativo. Las informaciones climáticas (T_{max} , T_{min} , T_m , I , V_m) representadas gráficamente en la Figura 2, son confrontadas por transparencia con las respuestas de cada unidad y ordenadas en función de la sensibilidad de respuesta ante determinadas exigencias:

Tabla 1. Principales indicadores del comportamiento térmico de las viviendas.

N	↑	U	U	f	Ph	PESO	PESO	MASA	VENTANAS (m ²)				Alt/Ato	Δt	Observaciones
		Techo	Muro	AExp/Vol	ApyV/Exp	Techo	Muro	por m ² hab	GANANCIAS CON SOL (KJ)						
		w/m ² °C	w/m ² °C			Kg/m ²	Kg/m ²	Kg/m ²	SE	SO	NE	NO			
A		1.10	1.51	1.07	0.06	20	220	186	2.42 4603	0.28 989		1.20 15324	48	0.7	Part. Alt/Ato no se considera de 22/8.
		1.31													
		20285													
B		2.28	2.44	1.06	0.09	20	180	178	2.40 4884	0.24 1407		1.20 15324	57	0.9	Mon día 15/8 y 22/8
		2.36													
		21295													
C		1.10	1.22	1.00	0.06	20	224	184		1.40 2963		3.80 44696	49	2.9	Mon día 16/8
		1.16													
		47368													
D		0.70	0.90	1.33	0.09	316	200	238		0.72 1388	0.44 989	1.90 22573	41	2.3	
		0.83													
		77484													
E		0.78	1.33	0.97	0.07	86	187	238	2.84 5021	0.38 606		1.32 16856	35	0.5	Mon día 15/8
		1.07													
		22486													
F		2.71	0.87	1.12	0.06	250	140	274	0.88 1673	1.43 2720		1.32 16856	37	2.1	
		1.88													
		25246													
G		0.78	2.81	1.07	0.10	200	360	448	3.38 6390	0.80 1712		1.68 21464	34	1.3	
		1.99													
		29886													
H		2.88	2.80	1.06	0.08	328	154	343	2.70 536	0.38 688	0.74 1450		31	0.2	Mon día 9/8
		2.73													
		15270													
I		2.71	2.50	1.14	0.08	250	200	322	2.84 6021		0.20 2584		51	0.7	Mon días 15/8 y 16/8
		2.56													
		7578													

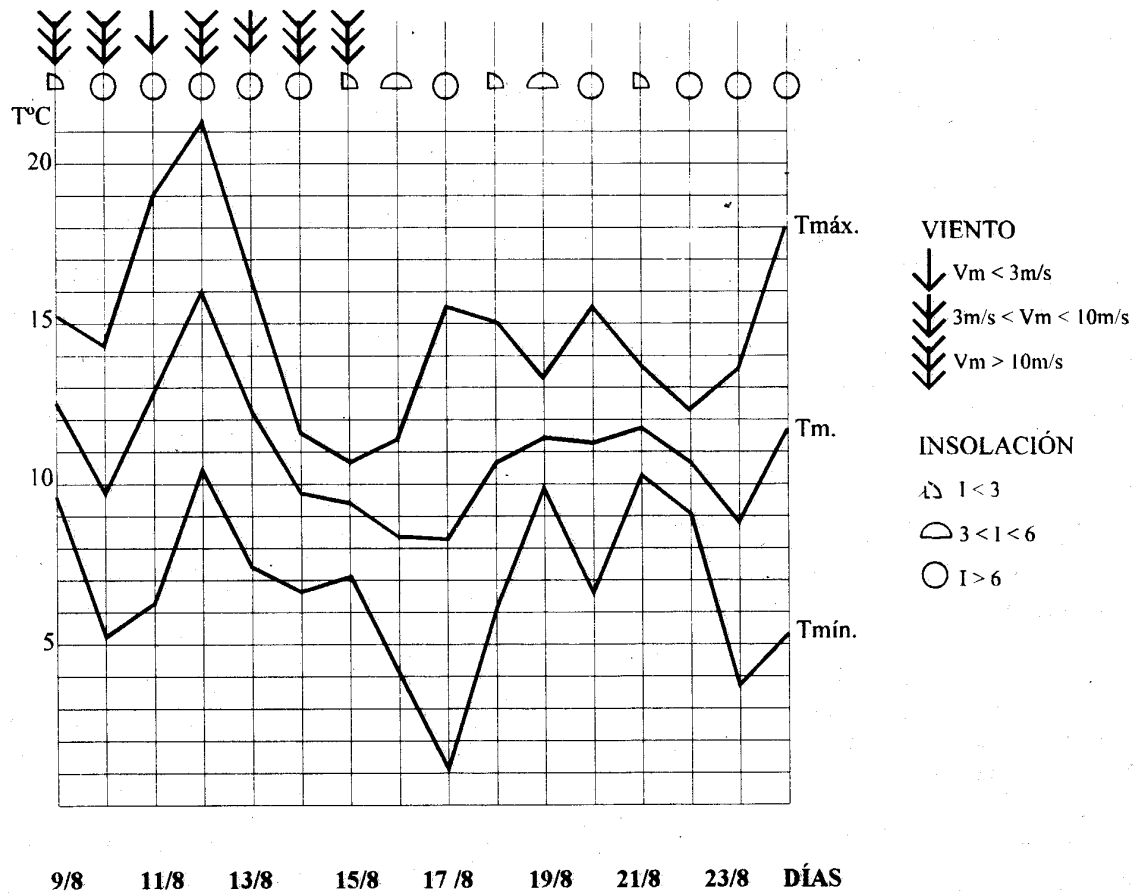


Figura 2. Informaciones Climáticas.

1. Ante una secuencia de aumento de la temperatura **media** exterior en días soleados ¿cuál es el aumento de la temperatura media interior? Estos fenómenos se registran al exterior en la secuencia del 10 a 12 (tem aumentó 6 °C) y se correlacionan con los registros internos en los días 11 a 13.
2. Ante una secuencia de aumento de la temperatura **máxima** exteriores con Sol ¿cuál es la temperatura máxima interior? El pico exterior se produjo el día 12 y se correlaciona con los registros internos del día 13.
3. ¿Cuál es la relación de las medias de amplitudes de variación de temperaturas internas y las amplitudes externas?
4. ¿Cuál es el incremento de la temperatura media interna sobre la temperatura media externa en el período registrado? El período tuvo 10 días con heliofanía superior a 7; 3 días inferior a 3 y 3 días con valores intermedios.
5. Ante una secuencia de disminución de la temperatura **mínima** exterior sin Sol ¿cuál fué la respuesta de la temperatura mínima interior? Estos registros se hicieron al exterior los días 15 al 17 (pico 1,2 °C) y se correlacionan con los registros internos de mínima que se dan el día 17.
6. Ante una secuencia de disminución de la temperatura **media** exterior en días sin Sol ¿cuál es la disminución de la temperatura media interior? Estos fenómenos se registran al exterior en la secuencia del 12 al 14 (tem disminuyó 6,5 °C) y se correlacionan con los registros internos en los días 13 al 15.

Ejemplos de la correlación gráfica de las respuestas internas, se presentan en las figuras 3.a y 3.b.

Agrupando resultados en tercios mayor, medio y menor, se obtienen pautas para identificar claras diferencias en el comportamiento.

Tabla 2. Sensibilidad de las respuestas

	Mayor	Media	Menor	Sin datos
1. Ante secuencia de aumento de temp. media ext. de 6 °C (con Sol) aumento medio de tim =	D 3,2	F A B 2,5	H G E 1,8	I C
2. Ante un pico de te máx = 21,1 °C (con Sol) ti máx =	D F 17,3	A B 16,5	H E G 14,3	I C
3. Ante la Amplitud de oscilación externa Ati/Ate (%) =	B I C A 52	D 41	H G E F 34	
4. Aumento de la ti media sobre la te media tim - tem =	C D F 2,3	G B - I A 0,7	E H 0,1	
5. Ante secuencia de disminución de temperatura media externa de 6,5 °C (sin Sol) disminución de tim =	I B 5,1	C D A 3,9	H F E G 2,6	
6. Ante um pico de te mínima = 1,2 °C (sin Sol) ti mín =	B A I 6,8	H E G 8,3	C D F 9,5	

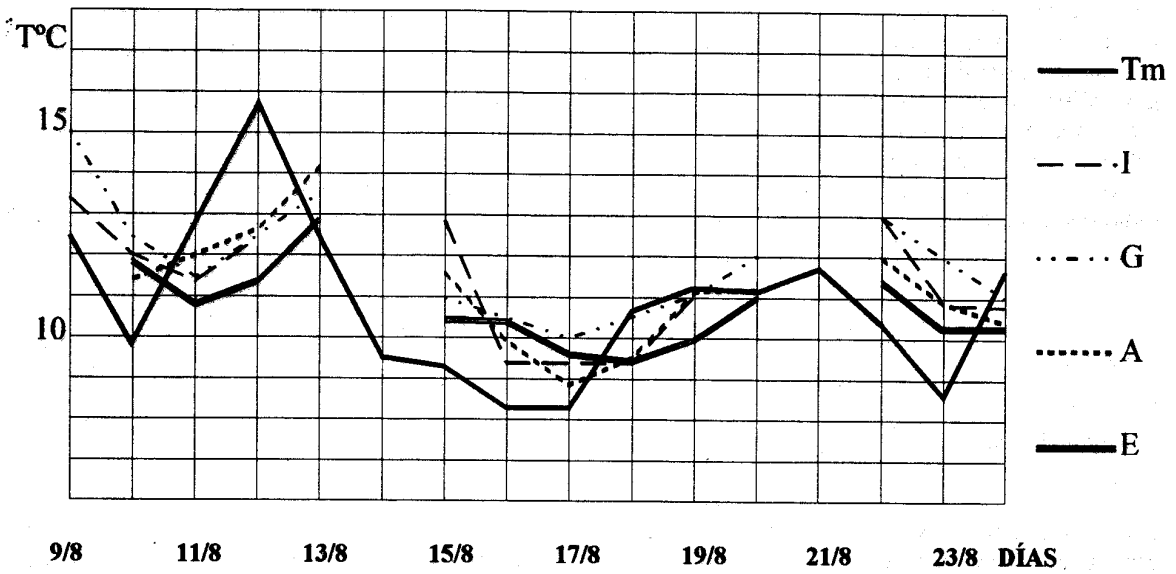


Figura 3a. Comparación de respuestas de Temperaturas Medias de 4 Unidades (A, E, I, G)

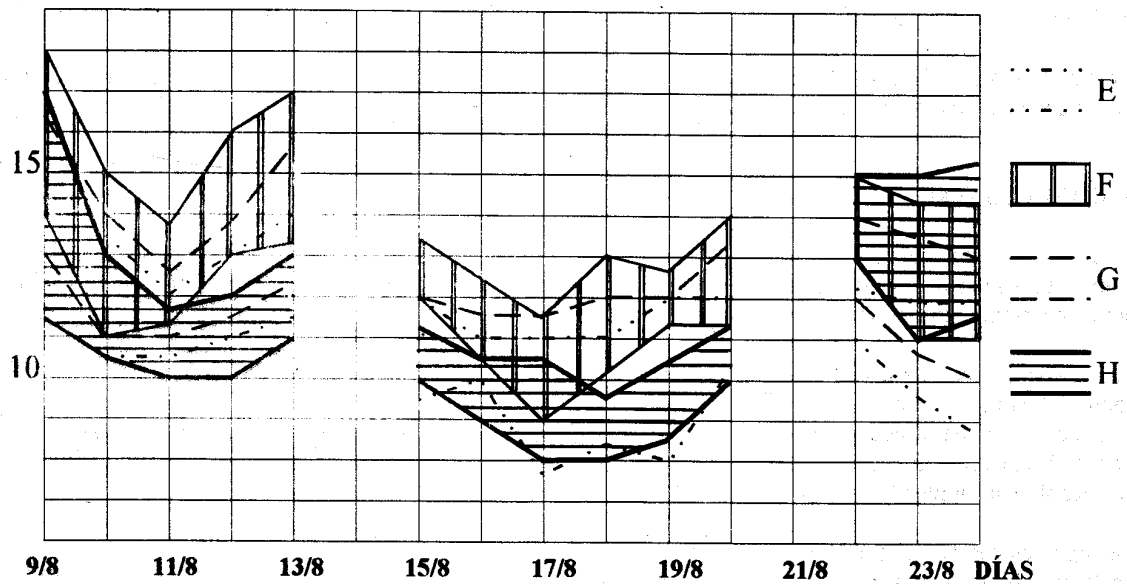


Figura 3b. Comparación de Respuestas de Amplitudes interiores de 4 Unidades. (Se presentan agrisadas las unidades F y H)

4. INTEPRETACIÓN DE RESULTADOS

En la Tabla 2 se identifican las unidades menos afectadas por las variables exteriores (H, G y E). El grupo restante ocupa posiciones menos caracterizadas, si bien pueden identificarse aquellas en las que predomina una mayor sensibilidad a las variables (B, I y D). Las unidades H y D poseen orientación unilateral, con una gran diferencia en la ganancia solar diaria. La primera, orientada al Sureste recibe apenas 15,3 MJ y la segunda al Noroeste recibe 77,5 MJ. Esta diferencia va a marcar su comportamiento, colocándolas en los extremos de menor y mayor sensibilidad, mas alla de los restantes parámetros físicos. Si se excluyen estas unidades, observando los valores medios en los extremos, se encuentra una correlación coherente con los indicadores físicos:

	Unidades de mayor sensibilidad	Unidades de menor sensibilidad
- masa/m ²	251 kg/m ²	343 kg/m ²
- U media	2,43 W/(m ² °C)	1,42 W/(m ² °C)
- factor de forma	1,10 1/m	1,02 1/m

Esta correlación grupal no exhime el análisis de cada unidad. En muchos casos algunos indicadores se contraponen, como por ejemplo la Unidad H, cuyo techo tiene una elevada transmitancia pero posee alta masa/m² y sus aberturas orientadas al cuadrante Sur (5,8 MJ/día). Esto la hace muy poco sensible al Sol y sin aprovechamiento de sus beneficios calefactores.

Dos resultados tienen una clara relación con los indicadores:

1. Existe una fuerte relación entre la orientación unilateral de las aberturas transparentes (D, H y C), las variables de incrementos de temperaturas y de la amplitud interna.
2. Hay una fuerte relación entre la amortiguación de la amplitud y la superficie pesada equivalente. Los registros de I son anómalos pues muestran una gran amplitud interna discordante con ese indicador. Esto se explica debido a que el termómetro fué colocado en el paso de una corriente de aire que se generó por infiltraciones en aberturas en tres paredes.

No resulta tan sencillo identificar correlaciones entre transmitancia de paredes y techo, factor de forma y área hueca de la envolvente. Estos elementos están randómicamente distribuidos y afectados por las otras variables.

5. CONCLUSIONES

Pese al corto periodo de medición, sus interrupciones y a la limitación de los datos meteorológicos, la temperatura interior registrada con termómetros de máxima y mínima permitió relevar interesantes aspectos del comportamiento térmico de la muestra.

Las temperaturas máximas y mínimas internas indican diferencias significativas, que permiten caracterizar comparativamente la sensibilidad de la respuesta de las Unidades. Si la muestra está realizada con mayores cuidados que la empleada y si se incluye una unidad de comportamiento conocido, los resultados pueden dar una información más precisa del desempeño y poner en evidencia las características térmicas destacables de las tecnologías empleadas, como instrumentos orientadores para el diseño.

Las operaciones de selección de la muestra y la disposición de los termómetros deben ser cuidadosamente analizadas frente a cada caso concreto. Errores en esta etapa pueden invalidar el estudio.