



## **AUDITORÍAS ENERGÉTICO AMBIENTALES EN EL SUBTRÓPICO: CASO OBERÁ, MISIONES, ARGENTINA**

**Czajkowski Jorge Daniel<sup>(1)</sup>, Brazzola Carlos Rubén<sup>(2)</sup>, Gómez Analía<sup>(1)</sup> y Jeramy Flora<sup>(3)</sup>**

<sup>(1)</sup> Instituto de Estudio del Hábitat, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, UNLP. Calle 47 N° 162. (1900) La Plata, Buenos Aires, Argentina. Investigador CONICET. E-mail: czajko@ing.unlp.edu.ar

<sup>(2)</sup> Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, UNAM. Juan Manuel de Rosas 325 (3360) Oberá, Misiones, Argentina. E-mail: brazzola@fiobera.unam.edu.ar

<sup>(3)</sup> UNECCC - Secretariat of the United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn, Alemania. E-mail: jflora@web.de

### **RESUMEN**

En el trabajo se exponen resultados de auditorias energético-ambientales obtenidos en el marco del proyecto “Evaluación del comportamiento higrotérmico de viviendas de interés social en la Provincia de Misiones”. El proyecto tiene como objetivo realizar mediciones en viviendas con el fin de conocer su comportamiento higrotérmico, niveles de confort, características socioeconómicas de la población, modos de uso de la energía, entre otros. El sitio se caracteriza por poseer un clima subtropical sin estación seca, clasificado como muy cálido húmedo. Con el fin de materializar la investigación, se unieron mediante convenio las Facultades de Arquitectura de la Universidad Nacional de La Plata e Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones y se creó un grupo de investigación. Dentro de las actividades del proyecto se contemplaron talleres de formación de recursos humanos, tanto en la familiarización y manejo del instrumental utilizado, trabajo de campo, mediciones, auditorias energéticas, encuestas e interpretación de datos. Se exponen resultados alcanzados en la campaña de verano.

### **ABSTRACT**

The current work presents results of energy and environmental audits conducted within the framework of the project “Evaluation of hygrothermic properties of social housing in Misiones province”. The main objective of this project is to carry out measurements in homes with the aim of determining, among others, hygrothermic elements, levels of comfort, socio-economic characteristics of the community, and energy use habits. The region is characterized by its sub-tropic climate (with no dry season), and is therefore very warm and humid. To initiate this work, an agreement was established between the Faculty of Architecture at the National University of La Plata and the Faculty of Engineering at the National University of Misiones, and a subsequent research team was formed. Project activities included training workshops, using and handling specialized equipment, conducting fieldwork, carrying out measurements, energy audits, and surveys, and analyzing data. Results presented are those from the summer research campaign.

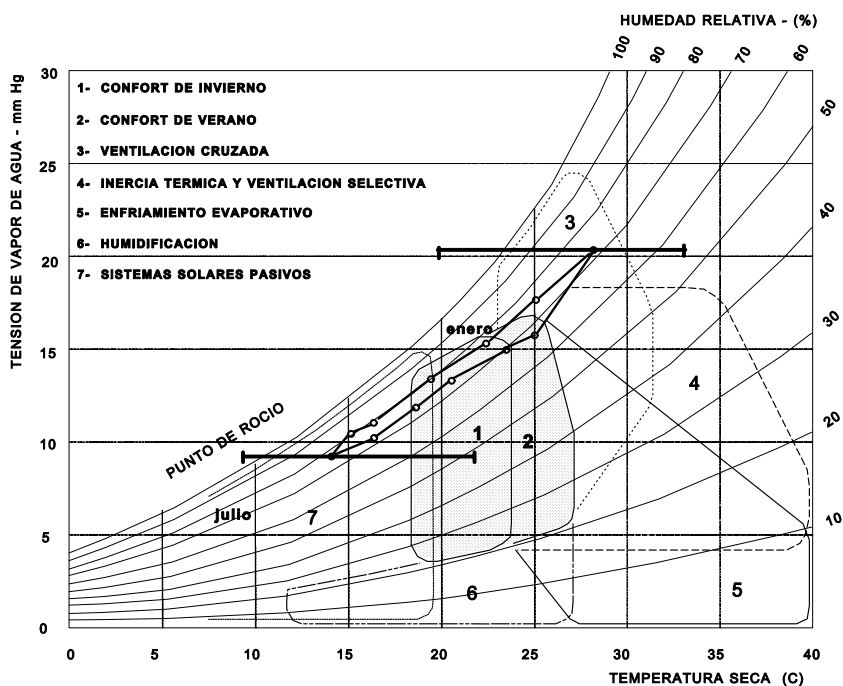
### **1. INTRODUCCION**

Los estudios se orientaron a verificar y profundizar conocimientos relacionados con el comportamiento higrotérmico en viviendas de bajo costo de producción estatal, con la definida intención a mediano plazo de propender a un diseño arquitectónico ambientalmente adecuado y su transferencia al medio. Todo ello con el fin último de elevar la calidad de vida de sus ocupantes.

La ciudad de Oberá posee 40333 habitantes ( lat: -27.48; long: -55.13; asnm: 300 m) ubicada en el

epicentro de Misiones y en la que tiene su sede la Facultad de Ingeniería- UNAM. En esta el estado provincial construye nuevos barrios con características constructivas estandarizadas.

La implementación del presente proyecto, pretende contribuir a modificar esa realidad, aportando conocimiento capaz de integrar propuestas que mejoren prácticas usuales, y habiliten nuevas técnicas con la expresa finalidad de proporcionar soluciones técnica, económica y ambientalmente sustentables.



El clima es de tipo subtropical con estación húmeda, catalogada tipo Ib por la Norma IRAM 11603 como muy cálido húmedo. Posee veranos que pueden alcanzar temperaturas máximas medias de 33,2°C e inviernos con temperaturas mínimas de 14,7°C. La humedad relativa es superior al 70% todo el año y la velocidad del viento muy baja. En función de esto se estudiará como responden las viviendas al clima para posteriormente proponer mejoras y verificar nuevos comportamientos mediante simulación numérica.

Figura 1: Características climáticas según modelo Givoni de Oberá, Mnes.

Tabla 1: Resumen de datos climáticos de Oberá, Misiones, Argentina

Estación	tmed °C	Tmáx med °C	Tmín med °C	HR %	Temp Diseño IRAM 11603 °C	VV km/h	Nubosidad media 0-8	Precipitación media y total mm
Verano	25,7	33,2	19,4	73	37.7	5	4,0	161
Invierno	14,7	21,5	9,0	83	5.5	5	4,9	173
Anual	20,3	27,4	14,1	76	---	6	4,0	1782

En función de los objetivos del proyecto, la muestra adoptada debió representar a usuarios que habiten en viviendas construidas a partir de planes sociales, con niveles regulares de consumo energético. En consecuencia se trabajó en dos barrios de viviendas tipo departamento – Bloque bajo, FONAVI, finalizados a mediados de la década del '80. Se realizaron un total de 14 auditorias entre globales y detalladas.

## 2. METODOS, INSTRUMENTOS Y TECNICAS

En el proyecto se utilizaron los métodos y técnicas desarrollados por la Unidad de Investigación 2 del Instituto de Estudios del Hábitat – FAU – UNLP. Asimismo proveyó el instrumental de medición hasta que el grupo FiObera-UNaM disponga de recursos para adquirir instrumental propio y avanzar en la constitución de un laboratorio de auditorias edilicias propio.

En las mediciones se utilizó el siguiente instrumental: dos Termohigrógrafo S.I.A.P. THG – 103 – DS, dos termo-higrómetros de máxima y mínima digitales TFA, cuatro termómetros de máxima y mínima, dos

luxómetros digitales TES 1332 y 1330 con rangos 200-200000 lux y 20-20000 lux respectivamente. En la calibración de los termohigrógrafos se utilizó un higrómetro de precisión SIAP.



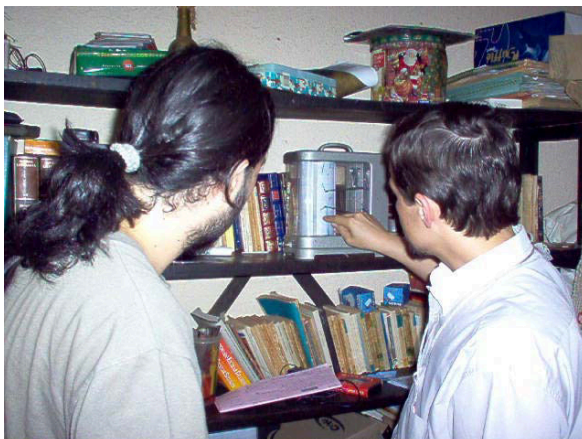
**Figura 3: Calibración de instrumentos**



**Figura 3: Termohigrógrafo exterior.**

Las mediciones se realizaron a lo largo de cinco días en dos casos seleccionados de la muestra de casos a los que solamente se realizó una auditoría global.

- En la auditoría global se realiza una encuesta socio-energética desarrollada por la UI2-IDEHAB que comprende los siguientes aspectos: características de la vivienda, datos de los integrantes del hogar, características ocupacionales de los miembros del hogar, factor de ocupación de la vivienda, equipamiento energético, consumo de combustibles discriminados mensualmente, hábitos de cocción, hábitos de agua caliente, iluminación. Opinión sobre: confort térmico y lumínico. Movilidad del grupo familiar. Percepción de la situación ambiental del entorno y del equipamiento barrial. Acceso, percepción y sustitución de servicios urbanos. Características formales, dimensionales y constructivas de la vivienda. En la auditoría detallada se registra el comportamiento higrotérmico y lumínico, más el gasto de energía del período medido.
- Para la recolección de datos se adiestró a un habitante de la misma, aunque se realizaron visitas intermedias para ver la evolución de la toma de datos.



**Figura 5: Adiestramiento en uso del termohigrógrafo interior.**



**Figura 5: Termohigrómetro digital de máx. y mín.**





**Figura 6:** Espacios exteriores del Barrio Krause, Oberá, Misiones, Argentina (21/02/2005).



**Figura 7:** Vista exterior del bloque de viviendas donde se realizó una de las auditorias que se analizan en este trabajo en el Barrio Krause, Oberá, Misiones, Argentina. (21/02/2005).

### 3. DISCUSIÓN

Cabe plantear una advertencia ya que en el momento que se realizaron las mediciones (febrero 2005), la región se encontraba sufriendo una seria sequía que podría modificar la toma de datos contrastados con los valores históricos proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional.

En la Tabla 2 se muestra una síntesis de las mediciones realizadas a dos casos correspondientes a departamentos en un conjunto habitacional conformado por edificios en forma de bloques bajos de tres pisos de altura. Los departamentos, en ambos casos, de tres dormitorios de forma rectangular con ventilación cruzada en las caras longitudinales. Los muros estaban contruidos con ladrillos huecos de 0,18 m espesor y revocados en ambas caras, losas intermedias de hormigón armado y los departamentos del último piso con techo de chapa autoportante y cielorraso de tableros de fibra de 5 mm espesor sin aislación térmica. Las ventanas tipo corredizas de chapa doblada N°18 y protección exterior con celosía.

Las mediciones se realizaron sin inconvenientes y dado que no existía un “resguardo meteorológico” en el Campus de la Universidad ni zona segura se buscó una vivienda cercana al área de localización de las unidades de análisis que reuniera seguridad, protección solar y lluvias, con alta exposición exterior y mínima radiación en el infrarrojo de elementos circundantes (ver figura 2). Previamente se calibraron los termohigrógrafos a lo largo de tres horas con procedimiento saturación (húmedo) y verificación con higrómetro de precisión.

**Tabla 2: Resumen de datos higrotérmicos en viviendas.**

Instrumento: termo-higrómetro digital TH-1				
Vivienda: D1-Esc19-B° Krause		Observador: Guillermo		Lugar: dormitorio
Fecha	Martes 22	Miércoles 23	Jueves 24	Viernes 25
Máximas	33 °C	33,1 °C	31,9 °C	-----
	54 %	50 %	66 %	-----
Mínimas	-----	29,9 °C	29,2 °C	27,8 °C
	-----	36 %	39 %	38 %

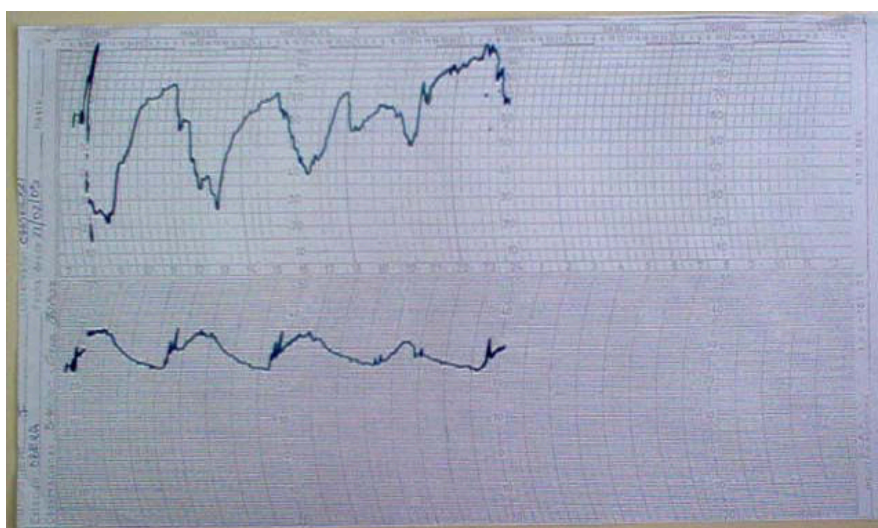
Instrumento: termo-higrómetro digital TH-2				
Vivienda: Detke -B° Krause		Observador: César		Lugar: dormitorio
Fecha	Martes 22	Miércoles 23	Jueves 24	Viernes 25
Máximas	34,9 °C	32,4 °C	32,1 °C	-----
	51 %	47 %	52 %	-----
Mínimas	29,4 °C	28,6 °C	28,5 °C	27,4 °C
	28 %	32 %	37 %	52 %

Instrumento: termómetro T-1				
Vivienda: D1-Esc19-B° Krause		Observador: Guillermo		Lugar: dormitorio
Fecha	Martes 22	Miércoles 23	Jueves 24	Viernes 25
Máximas	33 °C	34 °C	32 °C	-----
Mínimas	-----	30 °C	29 °C	28 °C

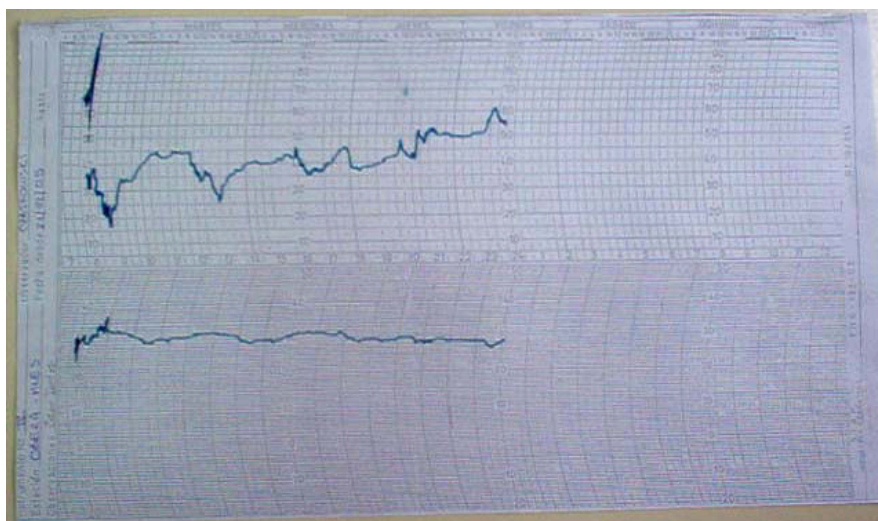
Instrumento: termómetro T-2				
Vivienda: Detke -B° Krause		Observador: César		Lugar: dormitorio
Fecha	Martes 22	Miércoles 23	Jueves 24	Viernes 25
Máximas	38 °C	34 °C	33 °C	-----
Mínimas	28 °C	31 °C	30 °C	29,5 °C



**Figura 8: Banda registro termohigrógrafo N°1 (clima exterior).**

**Tabla 3: Resumen de datos termohigrógrafo N°1 (Clima exterior)**

Instrumento: termohigrógrafo TH-I					
Vivienda: Muñoz			Observador: Jorge		Lugar: exterior
Fecha	Lunes 21	Martes 22	Miércoles 23	Jueves 24	Viernes 25
Máximas	36 °C	36,5 °C	35 °C	32 °C	32,5 °C
	-----	78 %	73 %	88 %	100 %
Mínimas	-----	24,5 °C	24 °C	25 °C	23 °C
	21,5 %	26 %	38 %	48 %	-----



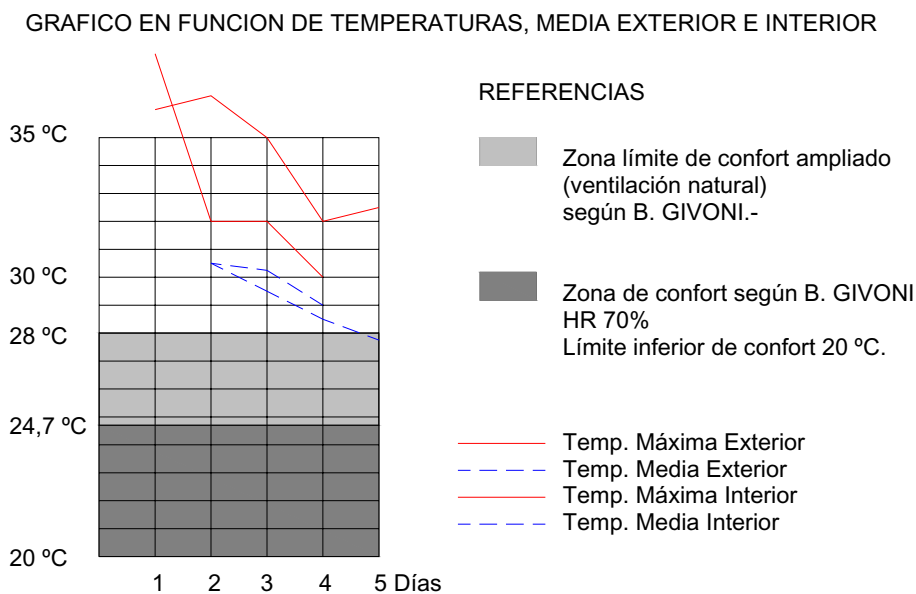
**Figura 9: Banda registro termohigrógrafo N°IV (interior vivienda)**

**Tabla 4: Resumen de datos termohigrógrafo N°IV (Interior vivienda)**

Instrumento: termohigrógrafo TH-IV					
Vivienda: Detke -B° Krause			Observador: Jorge		Lugar: comedor
Fecha	Lunes 21	Martes 22	Miércoles 23	Jueves 24	Viernes 25
Máximas	38 °C	32 °C	32 °C	30 °C	-----
	-----	45 %	46 %	53 %	62 %
Mínimas	-----	29 °C	28,5 °C	28 °C	26,5 °C
	16 %	25 %	35 %	36,5 %	-----

Las figuras 6 y 7 muestran las bandas de termohigrógrafo correspondientes al comportamiento higrotérmico exterior e interior en el período de medición. Del análisis de los datos puede observarse que en los tres primeros días (cielo claro) la amplitud térmica exterior fue de 12°C mientras la amplitud térmica en el interior de la vivienda fue de 3.5°C. Esto muestra el efecto amortiguador de la masa del edificio con ventilación cruzada permanente y presencia de arbolado de porte cercana a una de las caras del departamento. Pero si analizamos la respuesta del edificio en relación al exterior vemos que mientras la temperatura media exterior fue de 29.8°C (9 registros), la temperatura media en el interior del departamento fue levemente superior 30.5°C (8 registros). Esto muestra una mala respuesta que “a priori” puede deberse a una mala calidad de la envolvente (muros  $K= 1,84 \text{ w/m}^2\cdot\text{K}$ ), alta exposición, escasa protección solar, ventilación inadecuada, alta carga térmica interior, mala orientación, entre otros.

Por otra parte se registra un comportamiento higrotérmico medio interior que dista del confort 30.5°C y 39.8%.



**Figura 10: Gráfico elaborado a partir de los datos obtenidos de los termohigrógrafos TH-I y TH-IV**

En la Figura 8 se grafican dichos valores máximos y mínimos a lo largo de los días de medición donde se muestra con claridad cuan lejos del confort se encuentra tanto el ambiente exterior en la localidad en verano como la respuesta térmica que da el edificio a sus ocupantes.

Si comparamos datos normativos de la Tabla 1 con registros locales de la Tabla 3 vemos que el martes 22/02/05 estuvo a solo 1.2°C de alcanzarse la temperatura de diseño para el día típicamente cálido, pero lo interesante es que en el interior del departamento el lunes 21/02/05 se superó levemente lo establecido como día típico al llegar a 38°C la temperatura en el estar-comedor de la vivienda.

En la Figura 9 se analiza el comportamiento higrotérmico de un caso de vivienda mediante el diagrama de Givoni donde se puede observar (puntos y líneas de trazo) que la variación de los registros exteriores indican que si se diseña un edificio con inercia térmica, adecuadamente aislado térmicamente del exterior, con buena protección solar en aberturas y mínima ventilación diurna y luego buena ventilación cruzada nocturna pueden lograrse adecuados niveles de confort higrotérmico.

Si ahora analizamos la respuesta del edificio respecto del diagrama podemos notar que salvo el extraño día de 38°C (valor dudoso: manipulación incorrecta del instrumental, objeto cercano caliente o ingreso rayo solar, etc) los días restantes la estructura del edificio no solamente logró amortiguar significativamente la



gran amplitud térmica exterior sino que mantuvo al local en una situación mixta entre necesidad de inercia térmica, ventilación selectiva, ventilación cruzada y enfriamiento evaporativo.

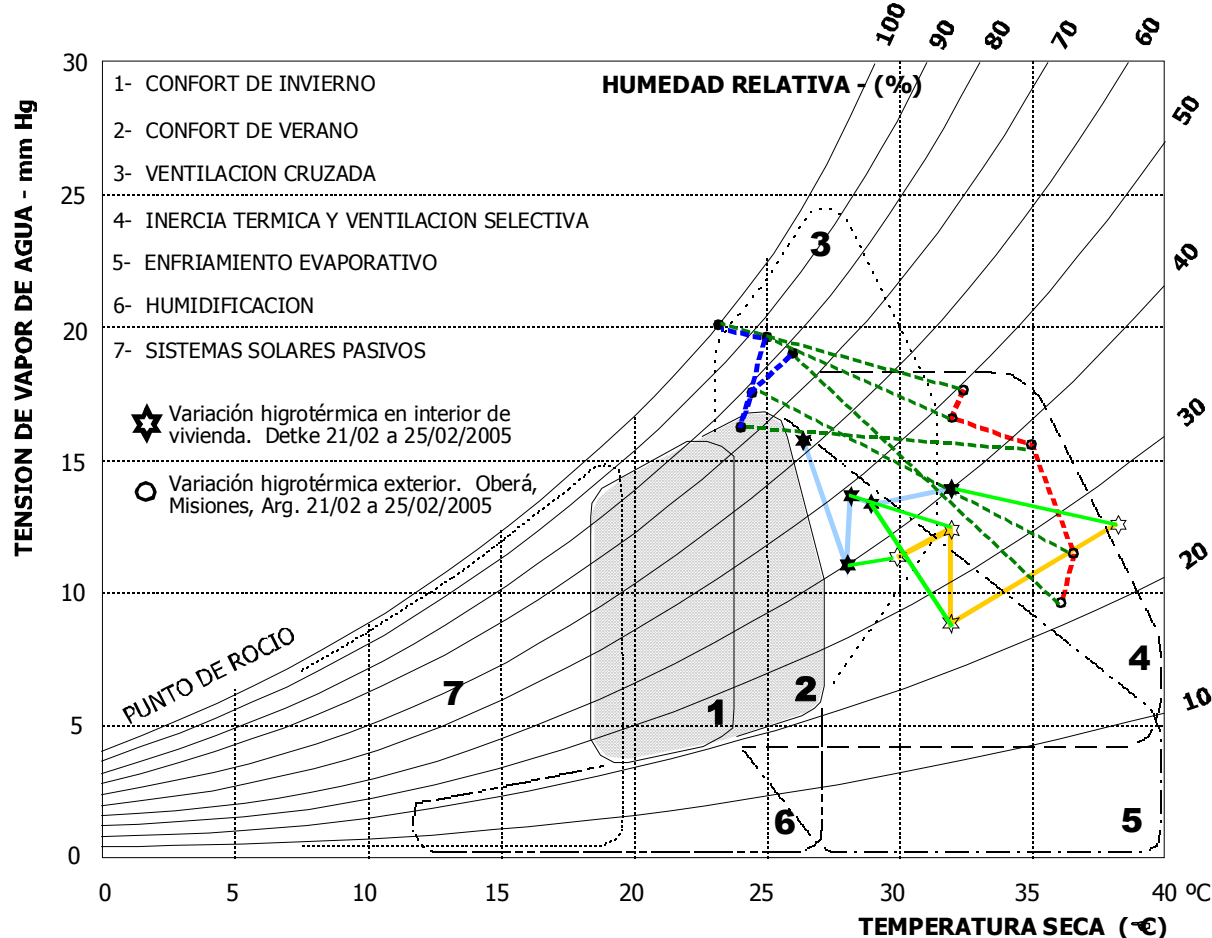


Figura 11: Confort higrotérmico de vivienda auditada contrastando interior - exterior. Oberá, Mnes, Arg. 21 a 25 feb 2005. (Diagrama Givoni)

De este análisis surge que con mínimas mejoras en la envolvente del edificio (aislamiento térmico en techos y la cara exterior de muros, protección solar en aberturas) junto a una adecuado entrenamiento a los habitantes respecto de ventilar mucho en el período nocturno y muy poco durante el día, manteniendo en penumbra la vivienda y utilizando ventilación mecánica para favorecer la evapo-transpiración corporal con un mínimo agregado de vapor de agua es posible obtener una significativa mejora en el confort.

#### 4. CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta las advertencias mencionadas sobre las condiciones especiales climáticas al momento de realizar las mediciones, los datos muestran que con buen diseño ambiental y bajo costo es posible lograr interesantes mejoras en las viviendas de interés social que construye el estado.

Puede concluirse que con una campaña de concientización sobre el adecuado uso de las viviendas y mínimos sobrecostos en el costo inicial de construcción es posible alcanzar adecuados niveles de confort higrotérmico interior durante el período estival.

Resta la campaña de mediciones en invierno para poder obtener un panorama completo del comportamiento de estas viviendas. Cabe mencionar que son necesarias mediciones en otras localidades



de la provincia en particular en localidades que se encuentran a mayor y menor altura sobre el nivel del mar. Mas del 65% de la población habita en sitios cercanos a ríos con alturas ente 130 y 200 msnm y el resto se reparte entre alturas entre 200 y 800 msnm.

Dado el clima subtropical con buen nivel de lluvias (entre 1500 y 2400 mm año) es relativamente sencillo lograr adecuados niveles de sombra en espacios exteriores sean públicos y privados y para esto los pliegos y bases para las licitaciones deben incluir la reforestación con especies adecuadas y preferentemente autóctonas.

Los barrios donde se realizaron las auditorias al tener ya 20 años de antigüedad cuentan con forestación y árboles de porte que junto a vegetación ornamental en espacios públicos producto de la apropiación que han hecho los habitantes generan no solamente una mejora en el paisaje urbano sino en el comportamiento higrótico de espacios exteriores.

## 5. BIBLIOGRAFIA

J. Czajkowski, C. Discoli, C. Corredora y E. Rosenfeld. (2003). Comportamiento energético ambiental en viviendas del gran La Plata. En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSA, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 7, Tomo 1, 6 Pág.

Jorge Czajkowski y Analía Gómez. (2003). Enseñanza de instalaciones en arquitectura desde el diseño ambientalmente consciente. En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSA, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 7, Tomo 1, 6 Pág.

Czajkowski, Jorge Daniel; Rosenfeld, Elías; Corredora, Cecilia; Discoli, Carlos a. (2003). Evaluación del comportamiento energético en viviendas urbanas auditadas en La Plata, Buenos Aires, Argentina. Actas Encontro nacional sobre confort no ambiente construído, 7, conferência latino-americana sobre confort e desempenho energético de edificações. Artigo técnico. Curitiba, Brasil, pr. 2003. P. 889-896.

E. Rosenfeld, C. Discoli, J. Czajkowski, G. San Juan, C. Ferreyro. (2000) "Consumo energético y URE en los sectores residencial y terciarios metropolitanos. La aglomeración del gran La Plata". Revista Avances en energías renovables y medio ambiente. ISSN 0329-5184. Volumen 4, Nro 2, pág 07.35

Czajkowski, J. D. (2000). "Desarrollo de un modelo de ahorro de energía en edificios de vivienda y determinación de valores límite de calidad térmica para la Republica Argentina". Revista Avances en energías renovables y medio ambiente. ISSN 0329-5184. Volumen 4, Nro 2, pág 01.39

Czajkowski, J; Discoli, C; Rosenfeld, E; Gentile, C; y Moreno, J.M.(1999) Hacia un modelo de confort integral. Auditorías ambientales en viviendas. En Avances en energías renovables y medio ambiente. ISSN 0329-5184. Pág. 08-13 a 16. Vol 3. Nro 2.

Czajkowski, J.; Rosenfeld, E.; Discoli, C.; Ferreyro, C.; Gómez, A.; Rosenfeld, Y.; Gentile, C.; Hoses, S.; Martini, I.; Bogatto, M.(1997) Estrategias bioclimáticas en viviendas de interés social. En Avances Energías Renovables y Medio Ambiente. ISSN 0329-5184. Vol 1, No 1. Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar. Págs. 137-140.

E.Rosenfeld, C.Discoli, C.Ferreyro, J.Czajkowski, G.San Juan, Y.Rosenfeld. (1996) Acondicionamiento bioclimático para un proyecto de hospital en zona cálida húmeda, Tucumán, Argentina. En Energías Renovables y Ambiente. Revista de la Asociación Argentina de Energía Solar. Pág 57-62. ISSN 0328-932X

Czajkowski Jorge y Gómez Analía.(1994) Introducción al diseño bioclimático y la economía energética edilicia. Libro publicado por la Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, colección Cátedra. La Plata. (168 pág.).

Rosenfeld E., Discoli C., Ferreyro C., Czajkowski J., San Juan G., Gómez A. y Rosenfeld Y.(1993) Mejoramiento de las condiciones energéticas y de habitabilidad del hábitat bonaerense, 278 p. IDEHAB, U.I.N° 2, La Plata.

Rosenfeld Elías y Czajkowski Jorge.(1992) Catálogo de tipologías de viviendas urbanas en el área metropolitana de Buenos Aires. Su funcionamiento energético y bioclimático. Libro publicado con el aporte de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional de La Plata. La Plata. Tirada de 500 ejemplares. (106 pág.).

Izard, J L; Guyot, A. Arquitectura bioclimática. Edit G. Gili. Mexico, 1983.

Givoni, B. Man, Climate and Architecture. Elsevier Publishing Company Limited. England, 1969.