

EVALUACIÓN DEL CONFORT HIGROTÉRMICO INVERNAL EN VIVIENDAS UNIFAMILIARES DEL GRAN LA PLATA MEDIANTE AUDITORÍAS.

J. Czajkowski¹, A. Gómez¹, C. Vagge², B. Salvetti², M. Marcilese², M. P. Diulio² y M. García Santa Cruz³
Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable (LAYS) - Facultad de Arquitectura y Urbanismo - Universidad Nacional de La Plata.

Calle 47 Nro 162 (1900) La Plata
Tel. 0221-4236587 int 255 – Fax 0221-4236587 e-mail: layhs@fau.unlp.edu.ar

Recibido: 13/08/12; Aceptado: 02/10/12

RESUMEN: El trabajo presenta resultados de la campaña de auditorías de invierno en viviendas unifamiliares de producción privada en el gran La Plata, con el objetivo de analizar comparativamente el confort higrotérmico de estas. Se utilizan microadquisidores de datos HOBO y el protocolo de mediciones del LAYS. Se discuten las variaciones de confort por zonas de la vivienda junto al nivel de confort higrotérmico relativo que alcanzan en función del tipo y nivel de calefacción. Se encuentra que a pesar de estar calefaccionadas las viviendas no se encuentran en confort higrotérmico la mayor parte de hs de medición siendo los niveles más bajos en el sector de uso nocturno.

Palabras clave: confort higrotérmico, viviendas, auditorías.

INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto de investigación PIP CONICET 2012-2014 Nro 11220110100928 con el título «*Protocolo de construcción de edificios e indicadores de sustentabilidad para la construcción del hábitat*» se realizaron auditorías en viviendas unifamiliares a fin de conocer el nivel de confort higrotérmico relativo de estas. Esto corresponde a uno de los objetivos específicos del proyecto que tiene como objetivo general «... revisar, sistematizar y experimentar formas alternativas y de costos iniciales a cero, en el ciclo de vida de los edificios y la generación de indicadores de sustentabilidad junto a un protocolo de evaluación de construcciones sostenibles...» «... para luego avanzar en estrategias de diseño que tiendan a la adaptación al cambio climático y protocolos de producción de edificios de baja energía.».

Las unidades de análisis previstas en el proyecto serán edificios clasificados por tipo y función que surgirán de un relevamiento y auditorías y se contrastará con el banco de datos generado desde 1987 a la actualidad integrado por centenares de casos, ya que se han realizado previamente evaluaciones de este tipo en distintas provincias de Argentina pero en la mayoría de los casos se trató de viviendas de producción estatal. Por ejemplo en Córdoba (Di Bernardo et Al, 2011), La Pampa (Filippín & Flores Larsen, 2006) Catamarca (Molas et al., 2008), entre otras. Dado que en el tiempo han habido cambios en el instrumental utilizado se buscará realizar contrastaciones a fin de verificar constancias y variaciones en el «*modo de habitar en relación al confort HT*», particularmente en climas templados húmedos como el que se encuentra en el área metropolitana de Buenos Aires.

METODOLOGÍA

En la campaña de mediciones de invierno se han monitoreado trece viviendas en zona urbana y peri urbana de la ciudad de La Plata en un rango de 30 a 150 m² útiles calefaccionados. Estas corresponden a los tipos INDEC Casa y Departamento (INDEC, 2005), siendo 9 casas y 3 departamentos. Se siguió el protocolo LAYS (Czajkowski, et al 2005) que deriva del UI2-IDEHAB (Rosenfeld, et Al; 1992) desarrollado a lo largo de 25 años en una sucesión de proyectos. No existen normas en el país para realizar monitoreos o auditorías en edificios y las primeras campañas fueron realizadas por el proyecto Audibaires (Rosenfeld, et Al; 1987) entre 1985 a 1989.

Las viviendas se monitorean a lo largo de 8 días con un mínimo de dos puntos de toma de datos en zonas diferenciadas de las residencias correspondientes a la zona de uso diurno (cocina, comedor, estar) y la zona de uso nocturno (dormitorios) a fin de conocer el modo de distribución del calor. Los resultados se contrastan con mediciones en una estación meteorológica exterior.

En la campaña se han utilizado 27 microadquisidores de datos Hobo U10-003 que miden temperatura y humedad relativa. Los datos se procesaron con el programa Hoboware Pro 2.3.0 y se exportaron para continuar el procesamiento en Excel. El monitoreo exterior se realizó mediante una estación meteorológica Davis Vantage Pro 2 Plus localizada en la localidad de Manuel Gonnet a 7 km del centro de la ciudad de La Plata. Los microadquisidores de datos se programaron con un paso de 60 minutos y dado que la estación meteorológica toma datos con un paso de 10 minutos se realizó una extracción de la matriz principal a fin de compatibilizar datos.

¹ Prof Titular e Investigador CONICET; ² Doctorando FAU y Becario CONICET; ³ Colaborador

RESULTADOS

En las siguientes figuras se muestran los resultados de las mediciones realizadas en el período comprendido entre el 21 y el 29 de julio del 2012. Las gráficas se dividen en dos partes:

- Gráficos conteniendo la variación de temperatura horaria en los ambientes de uso diurno y nocturno de la muestra analizada junto a la radiación solar global sobre plano horizontal medida por la estación meteorológica y la temperatura exterior.
- Gráficos conteniendo la variación horaria de temperatura y humedad relativa sobre un climograma de Olgyay (Olgyay, 1998) a fin de verificar el grado de confort higrotérmico.
- Gráfico que muestra el comportamiento térmico de la muestra de casos cuando se genera un descenso de temperatura de un día al otro.

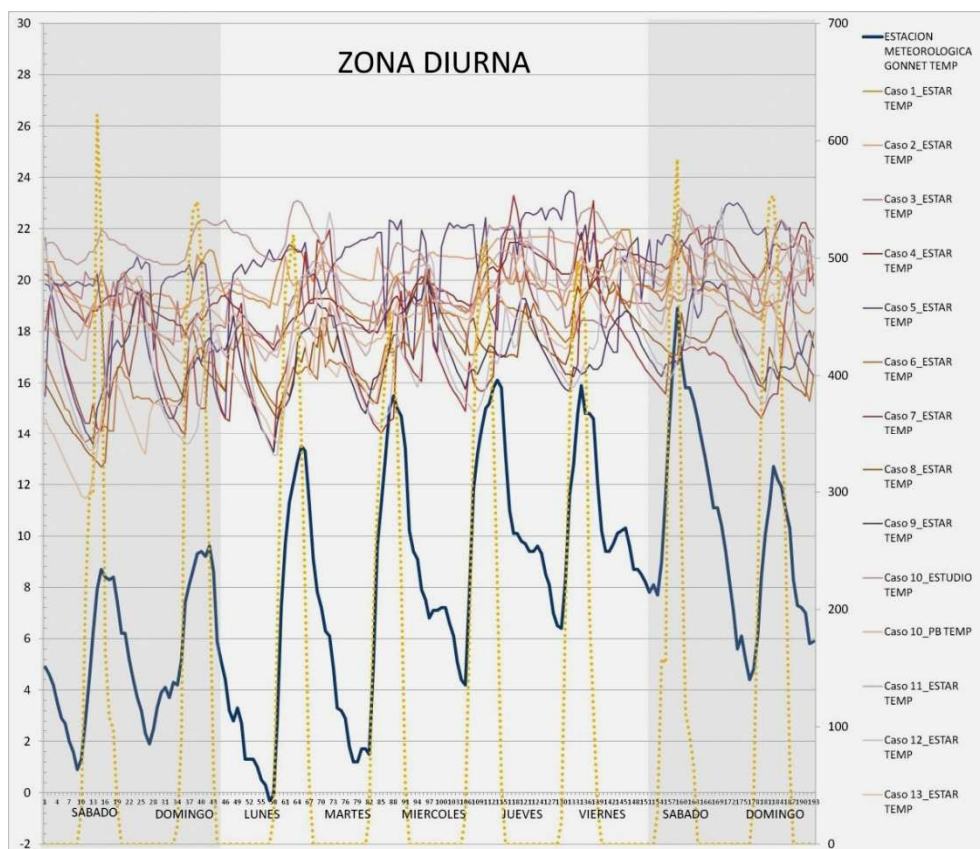


Figura 1: Comparación de la variación de la temperatura de bulbo seco en el interior de viviendas - zona diurna- respecto a la temperatura exterior y la radiación solar. (21 al 29 de julio del 2012).

El clima en el período de medición se correspondió a días soleados continuados sin nubosidad. Esto se observa en las figuras 1 y 2 con un solo día de 610 W/m2.d, día 1; un día con 470 W/m2.d (día 4) y el resto de los seis días con radiación global diaria entre 490 y 570 W/m2.d. En el período de medición la temperatura media fue creciendo en los siete primeros días para descender en octavo con una media inicial de 5,2°C hasta 11,8°C en el día siete. La mínima del período fue de -0,3°C en la madrugada del día 3 y una máxima de 18,8°C en el día 7. En la mitad del período total se superó la temperatura mínima de diseño de 2,4°C de la Norma IRAM 11603 vigente y en ningún día se alcanzó el percentil 1% de -2,5°C que propone la nueva versión de la Norma 11603 en su versión 2012.

Se analiza el comportamiento de la muestra en zona diurna y zona nocturna a fin de mostrar la respuesta de las viviendas y departamentos monitoreados, cuentan estos con calefacción plena o calefacción parcial en el período de ocupación.

Zona diurna:

Los adquisidores de datos se ubicaron en la habitación que se utiliza con más frecuencia en el período diurno, en este caso en salas de estar. Salvo el caso 10 que cuenta con un estudio sobre una cochera y es el único caso que se optó por instalar un Hobo adicional. Un análisis global muestra que la temperatura media interior en toda la muestra fue de 18,2°C y en principio se encontraría en un confort básico para ambientes de primera categoría (IRAM 11603).

Podemos observar viviendas como el caso 10 donde prácticamente no se refleja una variación en la temperatura media semanal con mínimas de 20,2°C y máxima de 22,6°C y una media de 21,4°C. Pero el departamento del caso 13 en el día 1 presenta una mínima de 11,5°C y una máxima de 16,1°C. El caso 10 cuenta con calefactores de tiro balanceado termo estabilizados y el caso 8 solo calefacciona con el horno de la cocina ya que no cuenta con calefactor. Esto muestra dos realidades para viviendas que en su totalidad cuentan con el servicio de gas natural por red.

Salvo tres casos que en promedio se encuentran con un rango térmico dentro de un confort superior a 18°C el resto de los casos solo lo alcanzan algunas horas al día o francamente se encuentran fuera del confort. Salvo el caso 10 que cuenta con aislamiento térmico adicional en la envolvente (muros y techos) el resto está construido de manera convencional.

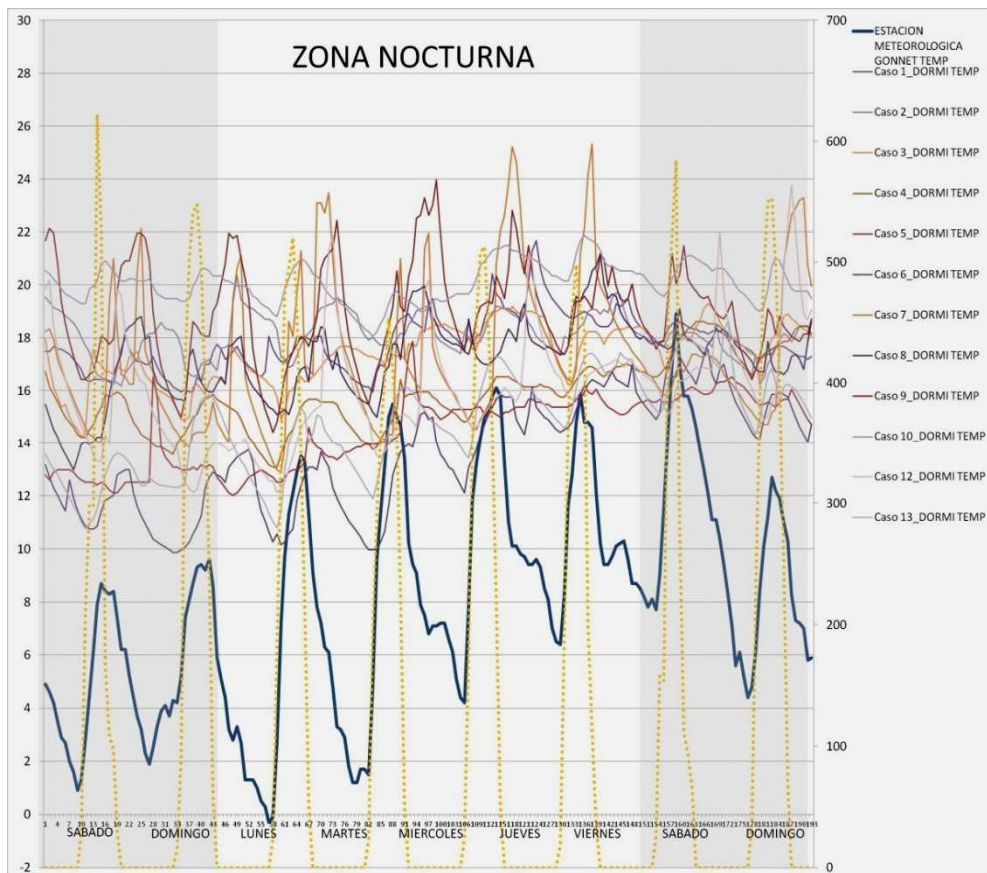


Figura 2: Comparación de la variación de la temperatura de bulbo seco en el interior de viviendas -zona nocturna- respecto a la temperatura exterior y la radiación solar. (21 al 29 de julio del 2012).

Zona nocturna:

En todos los casos monitoreados la zona nocturna muestra fuertes variaciones en las temperaturas diarias con una amplitud media en la muestra de 15,2°C y una temperatura media de 17,5 °C. Los casos 3 y 5 presentan picos de hasta 24°C y 25°C entre las 17 y las 21 hs en el momento de máxima ocupación de los dormitorios, luego los calefactores son apagados y la velocidad de caída térmica se corresponde con la pendiente en el exterior. Esto muestra una práctica de apagar las estufas al ir a dormir. Nuevamente el caso 6 está escasamente climatizado y muestra temperaturas muy bajas de hasta 10°C de mínima en tres días consecutivos.

La dispersión en la variación térmica es más importante que en la zona diurna y salvo casos como el 10, ya mencionado, el resto de la muestra pareciera calefaccionar en el período vespertino o directamente no hacerlo.

En la figura 3 se muestra un detalle de dos días del fin de semana correspondiente a los días 7 y 8 en que el clima mostró una baja en las temperaturas exteriores a fin de visualizar como respondió en general la muestra de casos. También puede observarse el escaso aprovechamiento que realizan las viviendas del sol. Prácticamente no se percibe un incremento significativo de las temperaturas interiores en dormitorios. Si, en el rango horario de encendido de la calefacción.

La muestra si respondió a los días previos de incremento progresivo de las temperaturas exteriores y se alcanzan mínimas interiores entre 14°C y 16°C que se consideran de confort económico. Pero con temperaturas exteriores entre 7,8°C y 18,2°C. La mayoría de los casos refleja la caída en la temperatura mínima exterior de 3,8°C con una media de 1,2°C para los casos menos calefaccionados.

A continuación se vuelcan los resultados a climogramas de confort de Olgyay a fin de analizar el comportamiento higrotérmico de los casos auditados.

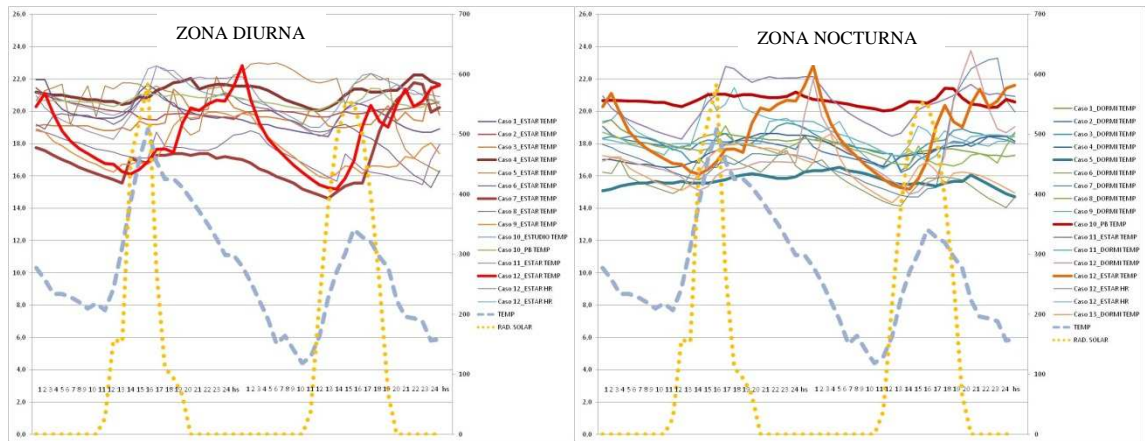


Figura 3: Comparación de la variación de la temperatura de bulbo seco en el interior de viviendas –zona diurna y zona nocturna- respecto a la temperatura exterior y la radiación solar. Detalle descenso de temperatura de un día a otro. (28 y 29 de julio del 2012).

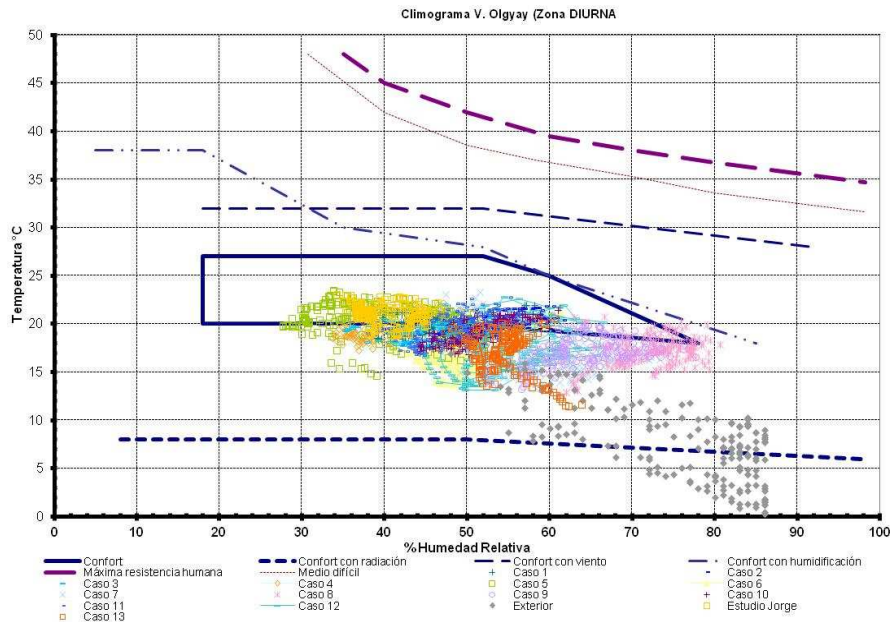


Figura 4: Comportamiento higrotérmico de los casos en la zona de uso diurno sobre un climograma de Olgay.

Comportamiento higrotérmico zona diurna:

En la figura 4 puede verse el resultado de las mediciones realizadas en la zona de uso diurno de los casos volcandose los datos de temperatura de bulbo seco y humedad relativa sobre un climograma de Olgay. La lectura de los resultados del clima exterior muestra que aproximadamente 1/3 de las horas de medición se encuentra fuera del área que puede compensarse mediante radiación solar, en este modelo bioclimático, y debe calefaccionarse. Las horas de los 2/3 restantes se encuentran fuera del área de confort pero que puede compensarse con radiación solar.

Los 13 casos analizados se encuentran fuera del área de confort higrotérmico la mayor parte de las horas de la semana. Es significativo el alto tenor de humedad junto a bajas temperaturas en los casos 8, 9 y 12. Estos se calefaccionan con horno o mediante calefactores radiantes a gas natural que envían los gases de combustión al interior de los locales.

Los casos 5 y 7 con rangos de humedad relativa entre 27% y 49% se calefaccionan con equipos eléctricos frío/calor que calefaccionan deshumectando el aire con temperaturas entre 18°C y 24°C.

Los casos 6, 10 y 11 poseen tiros balanceado a gas natural, muestran un rango de temperaturas entre 17°C y 21°C y una media de 50% de humedad relativa que varía entre 40 y 60%. Un caso particular es el 13 que a pesar de utilizar un calefactor tiro balanceado no alcanza un buen comportamiento a nivel higrotérmico con fuertes variaciones, entre 12°C y 21°C con HR entre 49 a 64%. Es un departamento interno en el suburbio totalmente expuesto con una envolvente de mala calidad térmica y muros construidos en ladrillo común revocado de 12 cm de espesor.

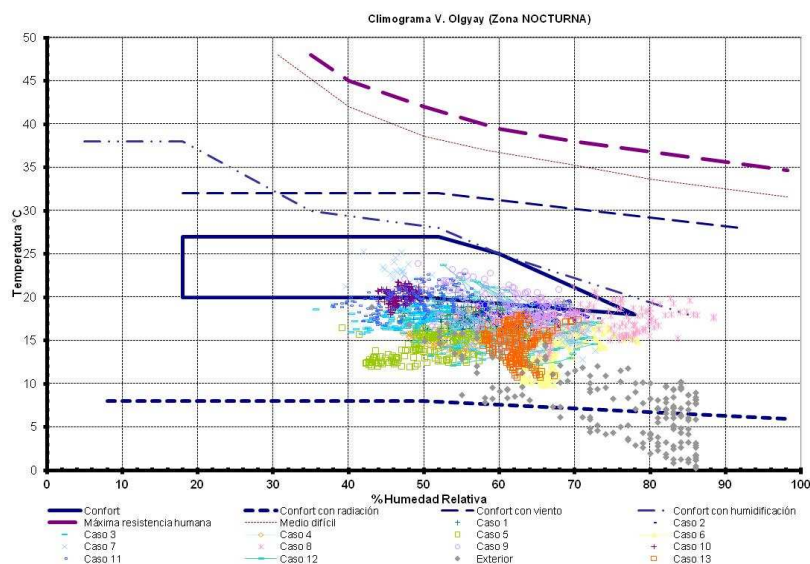


Figura 5: Comportamiento higrotérmico de los casos en la zona de uso nocturno sobre un climograma de Olgay.

Comportamiento higrotérmico zona nocturna:

El análisis de la figura 5 muestra a la mayor parte de los casos sin poder alcanzar el confort higrotérmico la mayor parte de las horas de medición en dormitorios. El caso 10 muestra una zona compacta con una media de 20°C y 47% de HR como caso destacable. En el otro extremo se destaca el caso 8 con bajos valores térmicos y muy alto nivel de HR con valores de 80 a 89% de HR y 18°C de TBS, debido al uso de la estrategia de calefaccionar con el horno.

Se estima que en un 80% de las horas de medición los 13 casos no alcanzaron los 20°C y es significativa la gran cantidad de casos que tuvieron rangos entre 10°C a 15°C en los dormitorios.

DISCUSIÓN

El plan de monitoreo simultaneo permitió mostrar la diferencia de comportamiento higrotérmico en viviendas unifamiliares, sean casas o departamentos. Esta estrategia buscó la posibilidad de destacar si existen variables que no son debidamente consideradas en los programas de auditorías realizados hasta el presente.

Es debatible si la semana, en cuanto a clima, es representativo del comportamiento climático de la región del Gran La Plata. Esto debido a que el Modelo Climático energético del Instituto de Arquitectura Solar la Plata propuesto en la década de los '70 del siglo pasado mostraba que aproximadamente el 70% de los días de invierno eran con cielo nublado y un 30% con cielo claro. En el último quinquenio desde la instalación de la estación meteorológica del LAyHS se han venido dando cambios en el clima con mayor cantidad de días claros y menos días con cielo cubierto. Pero es un tema que excede el presente trabajo y merece un posterior análisis.

Se mantiene el comportamiento que podría denominarse cultural respecto a calefaccionar más el sector de uso diurno que el nocturno respecto a investigaciones realizadas entre 1985 y 1995 y con muestras reducidas de casos con posterioridad. En la muestra no se encontraron casos con calefacción central y lo más cercano a un comportamiento «de termostato» son los tres casos que se calefaccionan con equipos termo-mecánicos o estufas termo-estabilizadas.

Es importante el bajo nivel de confort higrotérmico en la mayoría de los casos auditados y refleja que a pesar de tener la Argentina una media de consumo cercana a la media mundial por estudios del ENARGAS no se alcanza el confort.

Resta contrastar estos comportamientos con los consumos energéticos, la calidad de las envolventes edilicias y pautas declaradas por los usuarios. El uso de climogramas muestra que en la mayoría de los casos es posible mejorar el comportamiento higrotérmico mediante estrategias bioclimáticas de eficiencia energética edilicia y uso de sistemas pasivos.

CONCLUSIONES

Se cumplió el objetivo específico de contar con una muestra de casos de casas y departamentos basada en contrastaciones a fin de verificar el grado constancias y variaciones relativas basado en mediciones de temperatura y humedad relativa. La estrategia de medición simultánea permitirá en un análisis más detallado encontrar nuevas pautas en el «modo de habitar en relación al confort HT» que puedan trasladarse a indicadores empíricos. Estos indicadores mejorarán el comportamiento de los tipos edilicios ideales con los que se viene trabajando con miras a la modelización urbana.

Entendemos que los resultados han sido satisfactorios, pero no esperábamos ver reflejados, comportamientos relacionados con ciertas estrategias culturales en los modos de calefacción en relación a una variedad de sistemas de calefacción. Dado que

se buscó «medir» el comportamiento de sectores medios con recursos económicos para afrontar el costo del confort HT hubiéramos esperado una mejor respuesta higrotérmica. Esto no sucedió y habrá que avanzar en el análisis de otras variables y su cruce a fin de mejorar la calidad del indicador comportamental en el uso energético en viviendas.

REFERENCIAS

- Czajkowski J. y Rosenfeld E. (1990) *Resultados del análisis energético y de habitabilidad higrotérmica de las tipologías del sector residencial urbano del Área Metropolitana de Buenos Aires* Actas 14° Reunión de Trabajo de ASADES, Mendoza. 10 pág.
- Czajkowski, J.; Rosenfeld, E.; Discoli, C.; Ferreyro, C.; Gómez, A.; Rosenfeld, Y.; Gentile, C.; Hoses, S.; Martini, I.; Bogatto, M. (1998) *Estrategias bioclimáticas en contexto de viviendas de interés social. El caso del centro y sur de Argentina*. Anais IV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. Bahia, Brasil.
- Czajkowski, J; Discoli, C; Rosenfeld, E; Gentile, C y Moreno, J.M. (1999) *Determinación de las condiciones de confort en viviendas urbanas mediante la realización de auditorías*. Anais del V Encontro de Conforto no Ambiente Construido. 6 págs. CD.
- Czajkowski, J; Discoli, C; Rosenfeld, E; Gentile, C; y Moreno, J.M. (1999) *Hacia un modelo de confort integral. Auditorías ambientales en viviendas*. Revista Avances en energías renovables y medio ambiente. pág. 08-13 a 16. Vol 3. Nro 2.
- Czajkowski Jorge, Carlos Discoli, Cecilia Corredera y Elías Rosenfeld. (2002). *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: 6, Tomo 1, Pág 01.61 a 01.65.
- Czajkowski Jorge, Corredera Cecilia y Saposnik Mariana. (2003) *Análisis de la relación entre demanda de gas natural en calefacción según "EnergoCAD" y consumos reales en viviendas unifamiliares 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.
- Czajkowski, Jorge; Corredera, Cecilia; Díaz, Cristian y Merro, Daniel (2006). *Comportamiento higrotérmico de la casa Curutchet de Le Corbusier en La Plata, Buenos Aires, Argentina*. Actas ENTAC 06. Florianópolis, Brasil.
- Díaz C; Czajkowski J. (2004) *Comportamiento térmico de viviendas populares en Tierra del Fuego (Argentina)*. En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSA, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 8, Tomo 1, 6 Pág.
- Díaz, C. Corredera, C y Czajkowski, J. (2005). *Resultados de mediciones de confort higrotérmico en viviendas de interés social en Tierra del Fuego. Campaña de verano*. En Avances en energías renovables y medio ambiente. Edit. INENCO-UNSA, Salta. ISSN 0329-5184. Vol: 9, Tomo 1, 5 Pág.
- Di Bernardo, Alvaro; Filippin, Celina y Pipa, Dante. (2011) *Monitoreo y simulación térmica energética de verano de una vivienda en condiciones reales de uso en clima templado cálido*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente ISSN 0329-5184 Vol. 15 Edit. INENCO-UNSA, Salta.
- Filippín C. y 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, 05.09-05.14.
- INDEC (2005). *Anuario estadístico de la República Argentina*. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Buenos Aires.
- Molas L., García V., Iriarte A. y Correa E. (2008). *Auditoría térmica y variables del confort. Caso de una vivienda del Instituto Provincial de la Vivienda (IPV), ciudad de Catamarca*. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente, Vol. 12, 05.121-05.128.
- Olgyay, Víctor. (1998). *Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas*. Editorial Gustavo Gili. ISBN: 84-252-1488-2
- Rosenfeld E., Ravella O., Fabris A., Discoli C., Pasimanik G., Lozano S., Martínez S. y Czajkowski J. (1986) *Plan piloto de evaluación energética en viviendas del área metropolitana*. Actas 11° Reunión de Trabajo de ASADES, San Luis. 4 pág.
- Rosenfeld E., Ravella O., Fabris A., Discoli C., Lozano S., Martínez S., Ferreyro C., Czajkowski J., San Juan G., Sagasti C., Di Costanzo N., Fontana M., Pracchia J. y Gómez A. (1986) *Evaluaciones energéticas de viviendas urbanas en el Área Metropolitana: "AUDIBAIRES"*. Resultados y conclusiones. Actas 12° Reunión de Trabajo de ASADES, Bs. As. 12 pág.
- Rosenfeld E., Ravella O., Discoli C., Ferreyro C., Czajkowski J., San Juan G., Gómez A. y Rosenfeld Y. (1992) *Mejoramiento de las condiciones energéticas y de habitabilidad a nivel regional. El caso bonaerense*. Actas 15° Reunión de Trabajo de ASADES. 1° Encuentro Nacional de la International Association for Solar Energy Education. Catamarca . pp.7.
- Rosenfeld E., Discoli C., San Juan G., Czajkowski J., Ferreyro C., Rosenfeld Y., Gómez A. (1995) *Mejoramiento de la habitabilidad higrotérmica en la red de viviendas de un espacio geográfico extenso*. Actas III Encontro Nacional y I Encontro Latino-Americano de Conforto No Ambiente Construído. Gramado, Brasil, 4-7 junio.
- Vagge, C. S.; Czajkowski J.D. y Filippin C. (2009). *Análisis del confort higrotérmico de vivienda tipo dúplex en clima templado húmedo*. Actas X Encontro Nacional e VI Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído. Natal, Brasil.

ABSTRACT

The paper presents results of the winter campaign audits in private production houses in the greater La Plata, in order to analyze comparatively the hygrothermal comfort of these. Where used Microadquisidores HOBO data and protocol LAYHS measurements. Variations are discussed comfort for housing areas along hygrothermal comfort level reaching depending on the type and level of heating. It is found that despite being heated housing are not in hygrothermal comfort most of measurement hours being the lowest levels in the field of night use.

Keywords: thermal comfort, housing, energy audit.