

## MONITOREO HIGROTÉRMICO DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR EN LA CIUDAD DE LA RIOJA, EN PERIODO INVERNAL.

V.O. Garcia; M.F. Bedini, M.L. Alonzo; M. Lorefice; L. Cativa Larsen  
Cátedra Tecnología de Energías no Convencionales, Diseño Bioambiental.  
Escuela de Arquitectura Universidad Nacional de la Rioja (U.N.La. Rioja)  
Av. Martín de la Fuente s/ n y Laprida – 5300 Capital, La Rioja

**RESUMEN:** En este trabajo se presentan los resultados del monitoreo higrotérmico de una vivienda del tipo social ubicada en la ciudad de La Rioja, monitoreada desde el 26 de mayo hasta el 01 de Agosto de 2011. La casa se encuentra ubicada al oeste de la Capital siendo de uso residencial. Consta de dos plantas, totalizando una superficie cubierta de 50 m<sup>2</sup>. El objetivo, es conocer el comportamiento higrotérmico en relación a parámetros de confort, analizar los posibles problemas de desconfort, para ser tomado como referencia en futuros proyectos de investigación sobre las condiciones higrotérmicas en viviendas sociales de la Provincia. Los resultados demuestran que ante condiciones de temperaturas exteriores rigurosas, las respuestas del diseño de su envolvente es insuficiente para alcanzar los rangos de confort térmico establecidos, requiriendo una mayor demanda de energía auxiliar para su acondicionamiento

**Palabras clave:** monitoreo higrotérmico, vivienda unifamiliar, confort.

### INTRODUCCIÓN

El edificio es un sistema dinámico creado por el hombre en el cual desarrolla sus actividades, y por consiguiente, modifica su comportamiento de acuerdo con sus necesidades particulares. Debe reunir las mejores condiciones de habitabilidad y confort para el desarrollo de la vida cotidiana de sus habitantes que pasan alrededor del 80% de su vida (Liu *et al.*, 2010). Además, adecuarse a las características y requerimientos de la región, respetando las particularidades sociales, culturales y económicas locales, los usos y costumbres y las características geográficas y físicas. Para ello debe tenerse en cuenta la zona bioambiental de localización y el posible microclima imperante en el lugar específico.

El Proyecto Final del IPCC (2007), considera que las estrategias de diseño para los edificios energéticamente eficientes deben incluir la reducción de las cargas de calefacción y enfriamiento, la elección de sistemas que permitan un uso más efectivo de los recursos energéticos, un uso eficiente de los equipamientos y el control efectivo de las estrategias. Ratti *et al.*, 2003; 2005, sostienen que el edificio es una entidad integrada estructural, tanto desde el punto de vista funcional como ambiental. El mejoramiento de su performance energética requiere de un estudio detallado y una simulación de su comportamiento, sin dejar de considerar los fenómenos que ocurren, entre otros, a escala urbana. Además, depende de la geometría urbana, del diseño del propio edificio, de la eficiencia de los sistemas y, fundamentalmente del comportamiento del ocupante.

El monitoreo higrotérmico y energético es una herramienta muy utilizada para el análisis, y validación de edificios diseñados con criterios ambientalmente conscientes. (Filippin *et al.* 2001a y 2001b; 2004; 2007) al igual que en la realización de auditorías energéticas de edificios convencionales (Díaz *et al.* 2005). Por otro lado Casado (2001) afirma que la mayoría de las auditorías energéticas no consideran al usuario como “variable interviniente” que afecta los consumos energéticos en los mismos, considerándolo sólo de manera “ideal y abstracta”.

Uno de los inconvenientes que presentan los monitoreos o auditorías, es que generalmente se realizan por periodos de tiempos cortos, no mayores a un mes, con intervalos horarios durante la estación que se quiere realizar el monitoreo. Las frecuencias de mediciones mayores de 15 minutos no permiten registrar de manera dinámica la actividad en el interior del edificio, Tanimoto *et al.* (2008).

Los objetivos planteados para la realización del presente trabajo son; monitorear una vivienda compacta, evaluando su comportamiento higrotérmico y sus condiciones de confort, de tal manera que sirva de referente para futuros proyectos de investigación aplicados a viviendas sociales de ciudad de La Rioja, y extenderlo a áreas competentes para el diseño apropiado de las mismas.

### PRESENTACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

La Rioja presenta características propias de un clima continental. Los inviernos son suaves y secos, con temperaturas medias por encima de los 10 °C y escasas lluvias, así como una alta oscilación diaria. Los veranos son lluviosos y cálidos con temperaturas medias de 28 °C y máximas absolutas en torno a los 45 °C, una de las más altas de Argentina

Se seleccionó para el monitoreo higrotérmico, un prototipo de vivienda, que fue realizada hace tres décadas a través de un plan urbano de desarrollo estratégico de vivienda social, como práctica de la arquitectura bioclimática en la Ciudad de La Rioja.

La vivienda (Fig. 1), se sitúa hacia el norte del Barrio Alta Rioja (29,24°Lat.Sur; 66,52°Long. Oeste; Alt. 541 msnm), en la zona bioclimática IIb de la Clasificación Bioambiental de la República Argentina (Norma IRAM, 11603, 1996), localizado hacia el oeste del casco céntrico, es un área urbana de media densidad y de topografía accidentada. Fig. 2.



Figura 1: Vivienda en estudio



Figura 2: Plano del barrio con ubicación de la vivienda monitoreada

El sector fue intervenido a principios de la década del '80 y concebido como un plan de recuperación e integración de zonas degradadas de la ciudad con la utilización de créditos internacionales.

En la ejecución del plan de recuperación se construyeron equipamientos comunitarios, obras de infraestructura, mejoramientos de vivienda y viviendas nuevas. Siendo una de ellas la del presente trabajo. La misma se presenta con una morfología de volúmenes simples y estructura compacta. Se desarrolla en una superficie de 50 m<sup>2</sup> y en dos niveles. Cuenta con cinco ambientes (estar, cocina comedor, 3 dormitorios y baño). Está emplazada en un terreno de 130 m<sup>2</sup>. El ingreso principal y secundario se desarrolla en la fachada norte, con un retiro de la línea de vereda municipal de 3 m. Hacia el oeste, el muro de construcción coincide con el eje medianero del lote. Hacia el este la separación mínima de edificación es de 1,8 m en referencia al eje medianero. Hacia el sur se ubican áreas de servicio tales como: sanitarios, lavadero y cocina, además de un dormitorio Fig. 3. En la planta superior se encuentra el área de descanso (2 dormitorios), orientada hacia el norte. Fig. 4.



Figura 3: Plano planta baja

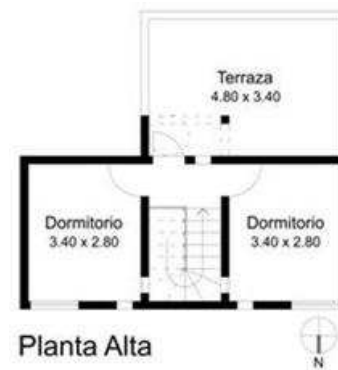


Figura 4: Plano planta alta

La vivienda, fue ejecutada con un sistema constructivo tradicional sismoresistente, la fundación es de hormigón ciclópeo de 0,40 m x 0,80 m (30% piedra – 70% hormigón simple), la estructura es de hormigón armado con columnas de encuentro, encadenado inferior y superior, la envolvente se resolvió con muros de bloques de hormigón de 0,20 m de espesor, en su interior con revoque grueso y fino, con terminación en pintura al agua, exteriormente se ejecutó revoque grueso y revoque tipo salpicrete con terminación en pintura al látex color blanco. En cuanto al techo se ejecutó una losa de hormigón armado de 0,12 m de espesor con una cubierta tradicional (barrido de cemento y arena sobre losa, pintura bituminosa, capa de tierra de 0,10 m de espesor, mortero cementicio de asiento, terminado con ladrillos comunes de 2,5cm de espesor impermeabilizados con pintura de color teja). Las carpinterías, de color blanco, son de chapa plegada n° 18 con celosías en las ventanas hacia el exterior, y con vidrios comunes de 0,003 m en las hojas interiores, las mismas son del tipo de abrir. Cuenta con ventanas corredizas ciegas de chapa plegada n° 18 para ventilación en la parte inferior y superior de 40 cm x 20 cm. Alrededor de la vivienda hay una vereda perimetral de losetas de hormigón de 0,50 m x 0,50 m sin pigmentación.

El diseño bioclimático del prototipo, uno de los primeros proyectados para la ejecución de viviendas de interés social en la ciudad, se basó principalmente en la utilización de estrategias de acondicionamiento térmico pasivas. La vivienda está orientada en sentido norte-sur, aprovechando de esta manera el sentido favorable de los vientos. El núcleo de escalera funciona como torre de viento, tomando aire por las aberturas ubicadas en la fachada norte, conduciéndolos hacia la planta alta para finalizar en pequeñas ventanas ubicadas en la parte superior, Fig.- 5. De esta manera se genera una buena circulación de aire en toda la vivienda que se complementa con pequeñas aberturas, orientadas hacia la escalera, ubicadas en la parte inferior de los dormitorios en planta alta. La forma (techos inclinados), buenas alturas (de 3,55m a 3,15m de altura) y la incorporación de las ventanas opuestas en la parte inferior y superior de los dormitorios favorecen la ventilación natural de los mismos. Cabe destacar que en el diseño original se proyectó una estructura sobre la fachada norte para contener vegetación en forma de enredadera, la misma fue removida por el propietario.

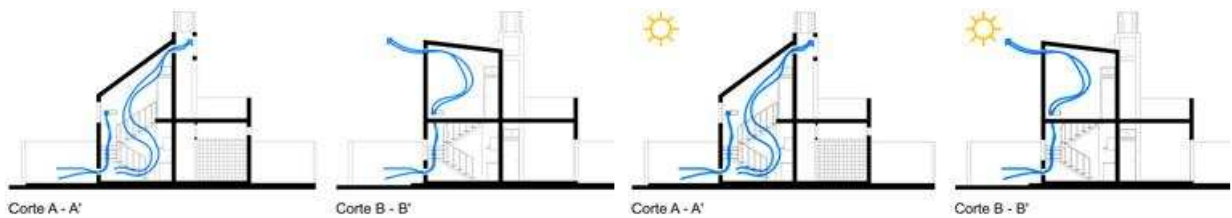


Figura 5: Esquemas de ventilación, incidencia solar, ventilación por ventanillas,

## MATERIALES Y METODO

El monitoreo térmico del edificio se realizó desde el 25 de Mayo hasta el 01 de Agosto del año 2011, registrándose las mediciones cada 15 minutos. Los instrumentos de medición utilizados son HOBO U12 Temp/HR con rangos de medición entre -20 y 70 °C y 5 % y 95 % de temperatura y humedad relativa respectivamente. En total se ubicaron 6 sensores en el interior de la casa distribuidos tres en la planta baja, dos en los dormitorios de la planta alta y uno en el exterior según se muestra en la figuras 6a, b, y c.



Figura 6a: Ubicación sensor HOBO en el interior de la casa



Figura 6b: Ubicación del sensor en el exterior de la casa.

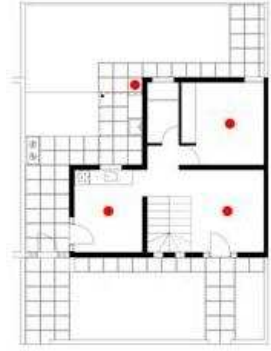


Figura 6c: Plano de ubicación de los sensores en la planta baja y exterior

Con el objetivo de no alterar los datos, los sensores fueron aislados con un plafón de poliestireno expandido perforado para facilitar la ventilación. Dentro de los mismos se construyó un sistema para la fácil manipulación del aparato en el momento de la bajada de registros con una computadora portátil.

## ANALISIS DE RESULTADOS

Las condiciones de confort térmico dependerán de los factores del usuario: tipo de actividad, vestido, aclimatación, etc. No se puede predecir con exactitud resultando algo ingenuo fijar valores o límites estrictos para la comodidad, aunque se haya hecho así muchas veces. Para analizar las temperaturas registradas, consideramos para la ciudad de La Rioja tomando en cuenta factores culturales de los usuarios, los parámetros de confort comprendidos entre los 18 - 25 °C y 30 a 60 % de humedad relativa.

### 4.1. PERIODO DEL 26 DE MAYO AL 13 DE JUNIO.

En la tabla 1, se muestran las temperaturas extremas registradas durante este periodo como también la temperatura media y la amplitud térmica en el interior y exterior de la vivienda. Comportamiento térmico de los locales de la vivienda durante este periodo.

Locales	T. Mínima [°C]	T. Máxima (°C)	T. Media (°C)	Amplitud térmica (°C)
Living comedor (PB)	16.8	21.1	18.6	4.3
Cocina (PB)	16.7	23.0	18.5	6.3
Dormitorio (PB)	15.2	20.2	16.8	5.0
Dormitorio Este (PA)	15.7	23.4	18.0	7.7
Dormitorio Oeste (PA)	15.2	23.2	17.8	8.0
Temperatura exterior	8.7	21.2	14.3	12.6

Tabla 1: Temperaturas en el interior y exterior de la casa

En la figura 7, se grafica los registros en la planta baja. En los locales conectados entre si, la cocina y el living – comedor las mediciones registradas de temperatura media diaria están dentro de los parámetros de confort (18-25 °C). El 100% de las

mediciones registradas de temperatura máxima diaria y el 71.42 % de la temperatura mínima diaria están por dentro del área de bienestar.

En el dormitorio ubicado en el sur de la vivienda las mediciones registradas de temperatura media, mínima están por debajo de los parámetros de confort. y máxima diaria están por fuera de los parámetros de confort. El consumo de energía eléctrica en el mes de mayo fue de 218 kWh. Las humedades relativas estuvieron comprendidas entre el 24 y 74 % en el interior de la casa.

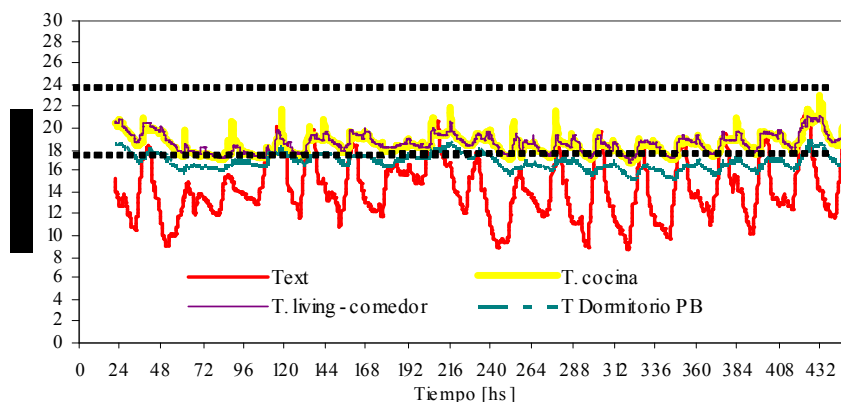


Figura 7: Comportamiento térmico de los distintos locales de la planta baja del 26 de mayo al 13 de junio.

En el caso de la planta alta, figura 8, se observa la evolución de la temperatura de los dormitorios, vemos que la temperatura media del que se encuentra al este de la casa esta dentro de los parámetros de confort, mientras que las temperaturas mínimas el 100 % esta fuera del bienestar, en el caso del otro dormitorio la media esta fuera del confort.

#### 4.2. PERIODO DEL 14 DE JUNIO AL 28 DE JUNIO.

En la tabla 2, se muestran las temperaturas extremas registradas durante este periodo como también la temperatura media y la amplitud térmica en el interior y exterior de la vivienda. Comportamiento térmico de los locales de la vivienda durante este periodo.

Locales	T. Mínima [°C]	T. Máxima (°C)	T. Media (°C)	Amplitud térmica (°C)
Living comedor (PB)	12.6	20.7	16.9	8.0
Cocina (PB)	12.1	22.2	16.6	10.0
Dormitorio (PB)	10.6	21.3	15.0	10.7
Dormitorio Este (PA)	10.9	21.6	15.8	10.7
Dormitorio Oeste (PA)	10.0	21.6	15.6	11.6
Temperatura exterior	2.1	21.5	11.9	11.9

Tabla 2: Temperaturas en el interior y exterior de la casa

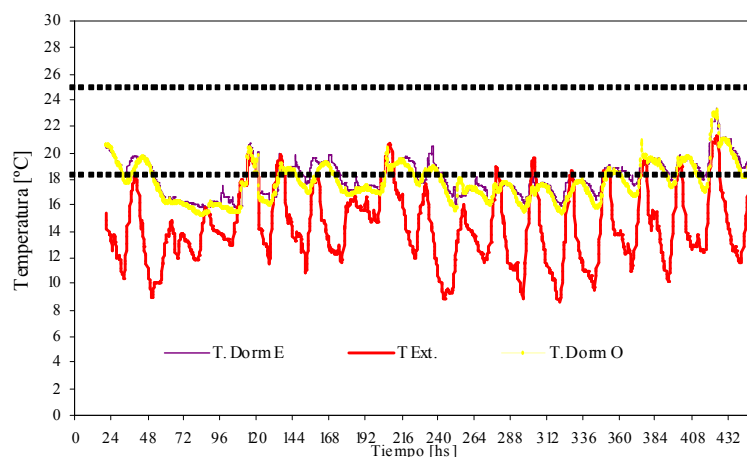


Figura 8: Comportamiento térmico de los dormitorio de la planta alta del 26 de mayo al 13 de junio.

En la figura 9, se grafica los registros en la planta baja, se observa que la temperatura media de los tres locales ubicados en esta planta se encuentran por debajo de los parámetros de confort. El 100% de las mediciones registradas de temperatura mínima diaria y el 20 % de la temperatura máxima diaria están fuera del área de bienestar.

El dormitorio ubicado en el sur de la vivienda las mediciones registradas de temperatura media, mínima y máxima diaria están n la zona de desconfort. El consumo de energía eléctrica en el mes de mayo fue de 213 kWh.

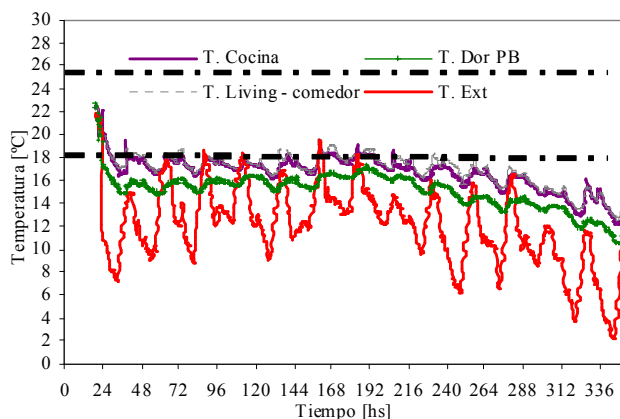


Figura 10: Comportamiento térmico de los distintos locales de la planta baja del 14 al 28 de junio.

La figura 11, muestra la evolución de la temperatura de los dormitorios que se encuentran en la planta alta, vemos que la temperatura media y las temperaturas mínimas están por debajo de los 18 °C. La máximas temperaturas alcanzadas estuvieron en el primer y séptimo día de este período con 21.6 °C. Las humedades relativas en interior de la casa estuvieron entre 33 y 72 %

#### 4.3. PERIODO DEL 21 DE JULIO AL 31 DE JULIO.

En la tabla 3, se muestran las temperaturas extremas registradas durante este periodo como también la temperatura media y la amplitud térmica en el interior y exterior de la vivienda. Comportamiento térmico de los locales de la vivienda durante este periodo.

Locales	T. Mínima [°C]	T. Máxima (°C)	T. Media (°C)	Amplitud térmica (°C)
Living comedor (PB)	13.0	20.8	17.5	7.8
Cocina (PB)	12.9	23.8	18.0	10.9
Dormitorio (PB)	10.0	17.4	14.5	7.0
Dormitorio Este (PA)	10.7	20.2	16.8	9,5
Dormitorio Oeste (PA)	7.8	19.6	15.8	11.8
Temperatura exterior	1.5	27.7	12.1	24.2

Tabla 3: Temperaturas en el interior y exterior de la casa

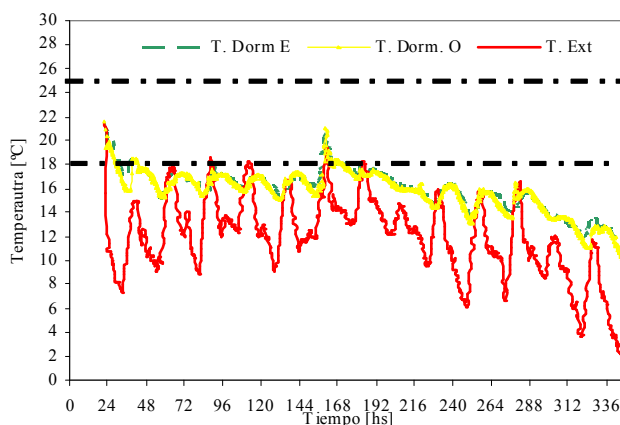


Figura 11: Comportamiento térmico de los dormitorios en la planta alta del 14 al 28 de junio.

La figura 12, grafica el comportamiento térmico durante los últimos diez días del mes Julio, se observa en la cocina niveles de temperatura máximas superior de hasta 3 °C que el local con que se conecta, living – comedor, esto se debe al uso de sistema de calefacción auxiliar en los días más fríos. El dormitorio ubicado en el sur de la vivienda las mediciones registradas de temperatura media, mínima y máxima diaria están n la zona de desconfort. El consumo de energía eléctrica en el mes de julio fue de 275 kWh.

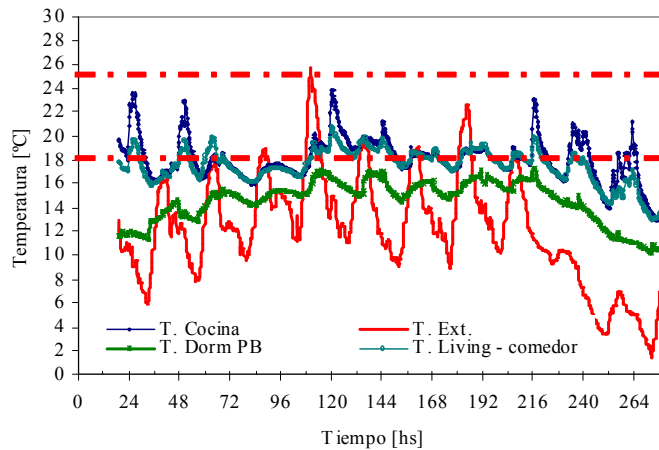


Figura 12: Comportamiento térmico de los distintos locales de la planta baja del 21 julio al 31 de julio.

La evolución de la temperatura de los dormitorios que se encuentran en la planta alta para este periodo, se presenta en la figura 13 vemos que la temperatura media y las temperaturas mínimas están por debajo de la zona de confort. Las máximas temperaturas alcanzadas estuvieron en los 4 días en que se registraron temperaturas en exterior entre los 18 y 24 °C. Las humedades relativas en interior de la casa estuvieron entre 40 y 68 %

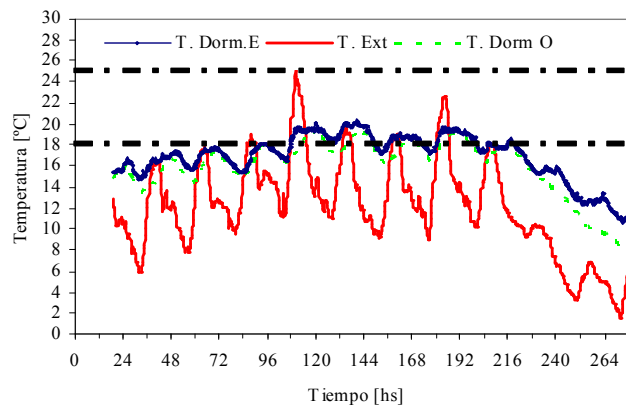


Figura 13: Comportamiento térmico de los distintos locales de la planta alta del 21 julio al 31 de julio

## 5. CONCLUSIONES

El monitoreo de temperatura en la vivienda, en los periodos descriptos, nos permitió cuantificar el comportamiento térmico, tomando como referencia los parámetros del confort entre los 18 y 25 °C. La respuesta de la envolvente vinculada esencialmente a sus propiedades térmicas, el diseño y manejo de la ganancia solar y las pérdidas por aberturas parecen ser las variables constructivas condicionantes de las condiciones de confort en esta tipología de vivienda social evaluada.

Los datos revelan que cuando las condiciones externas de temperatura son rigurosas, la vivienda demuestra no operar adecuadamente de lo que se desprende que es necesario optimizar su diseño con el fin de adecuarlo a los requerimientos del clima.

Para completar el estudio higrotérmico de la viviendas se realizara el monitoreo completo durante el periodo estival a efectos de tener una mayor visión de su comportamiento bioclimático.

## REFERENCIAS

- Casado, C. (2001). Auditoría energética en edificios. El consumo energético del sector residencial de San Miguel de Tucumán. El usuario y su vinculación con el consumo. 1ª edición pp. 1-7. San Miguel de Tucumán.
- Diaz, 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. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 9, 05.79-05.84.
- Filippín C., Bescochea, A. y Gorozurreta, J.(2001) Comportamiento Higrotérmico y Energético de la Escuela Bioclimática de Catriló en La Provincia de La Pampa. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 5.05.07-05.12.
- Filippín C.,Marek, L. (2004). Monitoreo Higrotérmico, Energético y Socio Ambiental de una Escuela Solar en La Provincia de La Pampa. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 8, N° 1, 05.109-05.114.
- 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. Vol. 5, 05.01-05.06.
- IPCC (2007). Fourth Assessment Report, Working Group III. Chapter 6: Residential and commercial buildings.
- Liu Junjie, Zhang Tengfei, Zhai Zhiqiang (2010). Considering building energy from environmental perspective Energy and Buildings 42.

Normas IRAM 11603 (1996). Clasificación Bioambiental de Argentina

Ratti C., Raydan D., Steemers K. (2003). Building form and environment performance: archetypes, analysis and an arid climate. *Energy and Buildings* 35, 49-59.

Ratti C., Raydan D., Steemers K. (2005). Energy consumption and urban texture. *Energy and Buildings* 37, 762-776

Tanimoto, J., Hagishima, A., Sagara, H. (2008). A methodology for peak energy requirement considering actual variation of occupants' behavior schedules. *Building and Environment* 43 610-619.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores desean agradecer al Grupo de Energías Renovables de la Universidad de Catamarca (GERCa) por el préstamo del instrumental utilizado para realizar las mediciones del presente trabajo.

**ABSTRACT:** This the paper presents the results of hygrothermal monitoring the type of social house unit, located in the city of La Rioja - Argentina, monitored from May 26 until August 1, 2011. The house is located west of the capital city, on a zone for being for residential use. It has features two levels, totaling a floor area of 50 m<sup>2</sup>. The objective is to understand the hygrothermal behavior in relation to comfort parameters, analyze the potential problems of discomfort, to be taken as reference in future research projects on the hygrothermal conditions in social housing in the province. The results show that with rigorous outdoor temperature conditions, the responses of its enveloping design is insufficient to achieve thermal comfort ranges established, requiring a greater demand for upgrading power supply

**Keywords:** hygrothermal monitoring, single-family home, comfort