

ANÁLISIS DEL CONFORT HIGROTÉRMICO DE VIVIENDA TIPO DUPLEX EN CLIMA TEMPLADO HUMEDO

Vagge, Carolina Soledad¹; Czajkowski, Jorge² y Filippín, Celina³

(1) Arquitecta Becaria Doctoral CONICET; carolinavagge@yahoo.com.ar

(2) Prof. UNLP e Inv. Adj. CONICET (Director); jdczajko@gmail.com

(4) Inv. Indep. CONICET (Co-Director); cfilippin@cpenet.com.ar

Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, LAyHS - Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable. Calle 47

Nº 162 - C.P. 1900 - La Plata - Argentina - Tel / fax: 54 (0221) 423-6587 (int 255)

RESUMEN:

En el presente trabajo se analiza el comportamiento higrotérmico durante el período invernal y estival de una vivienda unifamiliar ubicada en Tolosa, en los suburbios de la ciudad de La Plata, Buenos Aires. En el trabajo se muestran resultados de mediciones de confort higrotérmico realizadas con microadquisidores de datos Hobo en diversos ambientes de los casos medidos y su evaluación con el modelo bioclimático Givoni. Se implementó la metodología de monitoreo y auditoría de la FAU-UNLP (Czajkowski et al, 2003). La vivienda unifamiliar platense no reúne las condiciones de habitabilidad higrotérmicas en invierno y verano. A partir de lo evaluado se busca aportar mejoras a nivel edilicio para que alcancen un nivel de confort higrotérmico adecuado.

Palabras claves: vivienda tipo duplex, clima templado humedo, confort termico.

ABSTRACT:

This paper analyzes the Hygrothermal behavior of a house located in Tolosa, in the suburbs of the city of La Plata, Buenos Aires, during winter and summer. In the work there are results of thermal confort measurements made with Hobo micro data in different rooms of the house and are evaluated with the Givoni's bioclimatic model. Methodology was implemented for monitoring and audit of the FAU-UNLP (Czajkowski et al, 2003). The house does not assemble the conditions of higrothermal habitability in winter and summer. On basis of these results is exposed to propose alternatives of improvements to achieve an adequate level of higothermal confort.

Keywords: duplex house, humid temperate climate, thermal confort.

1.INTRODUCCION

Este trabajo se encuadra en una beca doctoral tipo I CONICET, cuyo tema de trabajo refiere a un "Modelo alternativo de planeamiento estratégico energético-ambiental de áreas metropolitanas basado en diferenciales de tejido urbano. Hacia una eficiencia energética del hábitat con centro en la demanda y no en la oferta". Para poder comprender como se comporta energéticamente el tejido urbano es necesario estudiar y analizar los elementos que lo conforman, en este caso sera una vivienda tipo duplex, unidad representativa del tejido urbano de La Plata. Los objetivos del tema en estudio apuntan al desarrollo de un modelo de eficiencia energética a escala urbana, basado en diferenciales de tejido urbano a modo de tipos edilicios con pesos y atributos, para la predicción de la demanda de energía a partir de proponer inversiones con innovación tecnológica y diversificación energética.

Forma parte también del proyecto de investigación PICT 2006-956: "Eficiencia energética edilicia en áreas metropolitanas. Evaluación mediante auditorías y propuestas de estándares". Financiado por la Agencia Nacional de promoción científica y tecnológica. El grupo de trabajo integra investigadores de la región metropolitana bonaerense, Cuyo y la zona pampeana seca, contenidos por la UNLP. El objetivo general del

proyecto apunta a revisar, sistematizar y experimentar formas edilicias y tecnologías alternativas, con costos iniciales cercanos a cero, en algunos sectores críticos del área metropolitana a la que pertenece cada subgrupo que integra este proyecto en el ciclo de vida de los edificios; para algunos sectores críticos de los hábitats metropolitanos. Las unidades de análisis son edificios clasificados por tipo y función basados en trabajos previos que en este proyecto serán revisados bajo un criterio común, proponiendo escenarios de aplicación de programas de eficiencia energética y cuantificación de impactos.

La vivienda se encuentra en Tolosa, fuera del casco urbano de la ciudad de La Plata (lat: -34.9; long: 57,56; alt: 21 mts) a orillas del Río de la Plata sobre la margen occidental. El clima esta clasificado según normas argentinas como templado cálido húmedo, sub-zona IIIb. La vivienda se encuentra orientada según eje NE-SO.

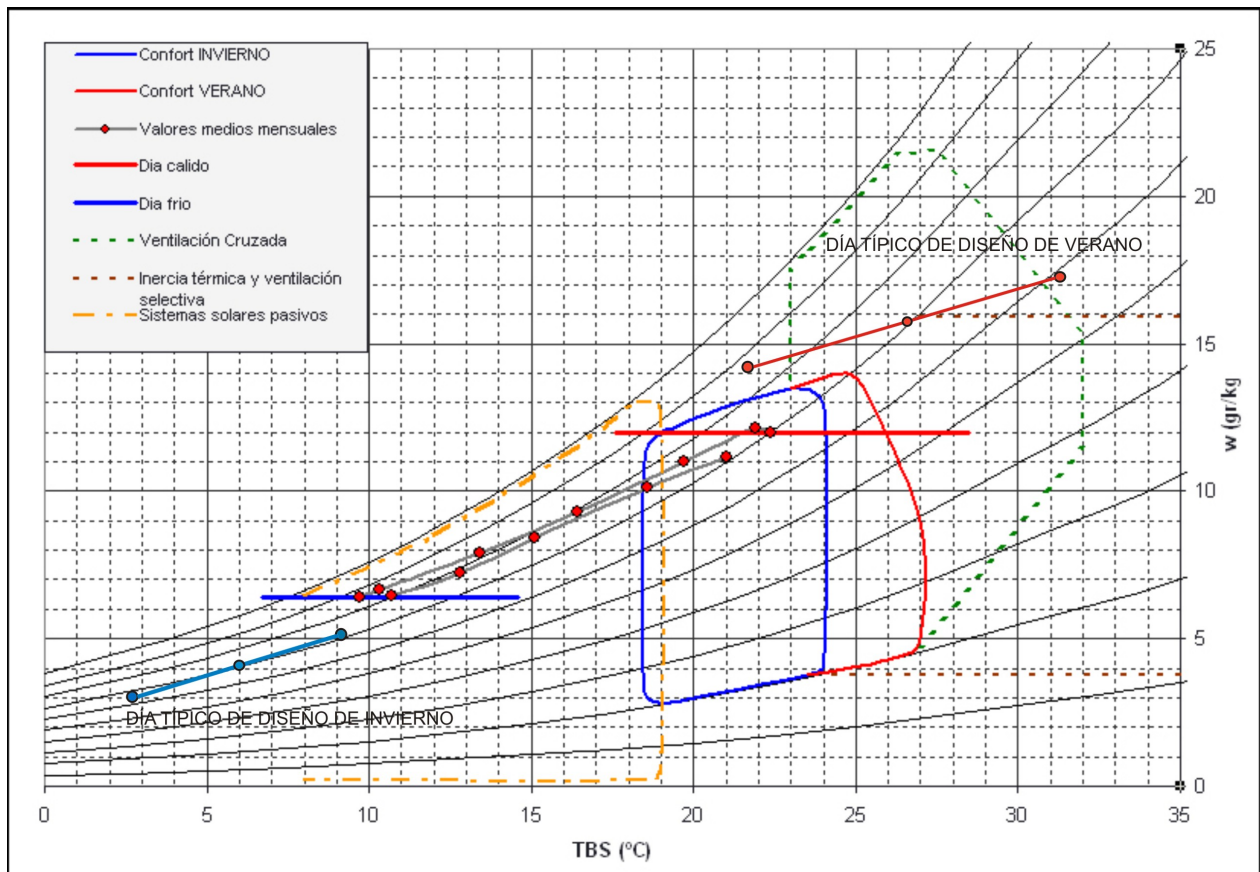


Figura 1: Características bioclimáticas de La Plata, Buenos Aires, Argentina a partir de datos medios de temperatura y humedad e indicando los días típicamente cálidos y fríos sobre el modelo de B. Givoni. Construido con el programa Psiconf 1.0 (Czajkowski 2006). Se muestran los días de diseño típicamente fríos y cálidos según norma IRAM 11603/0.

Del análisis de los datos climáticos, surge que posee veranos suaves ($t_{máxmed} = 28.5^{\circ}\text{C}$) e inviernos poco rigurosos ($t_{mínmed} = 6.7^{\circ}\text{C}$) con alta humedad ambiente ($HR = 71$ Y 86%) y vientos predominantes desde el NE a SE. La temperatura de diseño máxima para verano es 34.5°C y la mínima de invierno 2.4°C . El 17 % de los días de un año estadístico las temperaturas medias se encuentran por debajo del nivel de confort esto implica garantizar el acceso al sol en los ambientes principales y prever un buen aislamiento térmico. Solamente durante el 16 % de las temperaturas máximas superan el confort aunque con temperaturas medias dentro del confort. Según el climograma de Givoni en la figura 1, deberá tenerse en cuenta el sombreado adecuado, ventilación nocturna, mínima ventilación diurna, inercia térmica y aislamiento térmico en techos principalmente.



Figura 2: Fachada noroeste de la vivienda (Foto 07-2008).

La vivienda fue diseñada y construida por un arquitecto local en el año 1996. La familia que habita actualmente la vivienda, integrada por un matrimonio y sus dos hijas, la ocupó en el año 1998. Tiene 140 m² cubiertos, se encuentra emplazada en un terreno 10 x 20 m. Es tipo duplex, compacta, dispuesta en dos niveles: en la planta baja se encuentran el estar, comedor, estudio, baño y cocina, y en la planta superior 3 dormitorios, 2 baños y una biblioteca.

Su tecnología constructiva es convencional con estructura de H° A° (bases y vigas de fundación, columnas y vigas) entrepiso de viguetas pretensadas, con ladrillo cerámico hueco y capa de compresión. Cielorraso suspendido de placa de roca de yeso en estructura de hierro galvanizado. La cubierta es de chapa con entablonado de machimbre a la vista de pino, aislamiento térmico e hidrófugo, materializado con cartón alquitranado y EPS de 20 mm y chapa galvanizada ondulada N° 25 ($K= 1.8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). Los muros exteriores son de ladrillo hueco de 18x18x33 ($K= 1.8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). Revoque externo con azotado hidrófugo y jaharro enlucido a la cal. Revoque interior: grueso y fino a la cal. Las carpinterías son de aluminio con vidrio simple de 4 mm y persianas de aluminio ($K= 5,8 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$). Los pisos son cerámicos sobre contrapiso de 10 cm de espesor sobre terreno natural.

Como sistema de calefacción cuenta con dos estufas de tiro balanceado de 2500 kcal/h cada una en la planta baja. No cuenta con sistema de refrigeración.

2.OBJETIVOS

El objetivo del trabajo es analizar las condiciones de confort higrotérmico de la unidad de análisis con el fin de determinar estrategias de mejoramiento ambiental aplicables al tipo estudiado. En este caso el "tipo duplex".

3.MÉTODOS

Se realizó una auditoría detallada que incluyó una encuesta socio-energética (tablas 1 y 3) y una campaña de medición de invierno entre el 12-06-2008 y el 20-06-2008, y una campaña de verano durante el período 18-02-2009 al 27-02-2009. Para realizar las auditorías se utilizaron micro-adquisidores de datos HOBO U10 (temperatura y humedad), un micro-adquisidor de datos HOBO U12 (temperatura, humedad e iluminación), una estación meteorológica HOBO Pro V2 (temperatura y humedad), un termómetro infrarrojo Lutron TM-949 y un termómetro /anemómetro Lutron LM 8000.

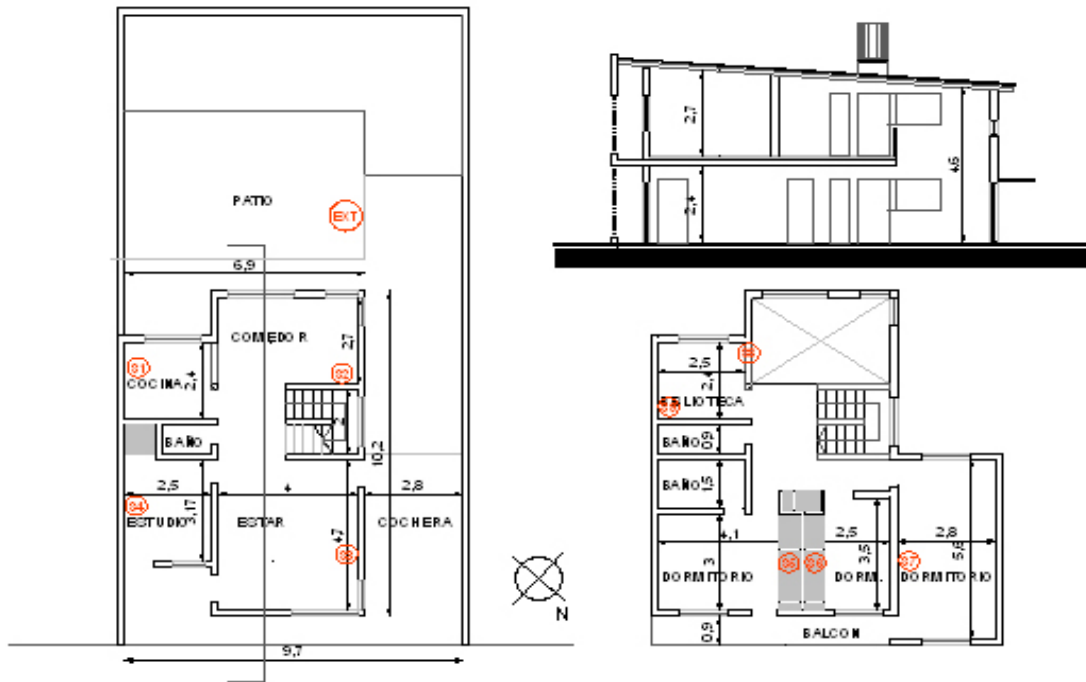


Figura 3: Planta de la vivienda indicando la ubicación de los microadquisidores de dato Hobo en los distintos ambientes y el exterior. Izquierda:planta baja (estar, cocina, comedor, estudio y toilette) . Derecha: planta alta (dormitorios, baños y biblioteca)

- a Se utilizaron 6 Hobos para registrar las condiciones higrotérmicas en ambientes diurnos: estar , comedor , estudio y biblioteca, y dormitorios en invierno y 4 en verano en estar, comedor, doble altura y dormitorio. (Figura 3)
- b Se instaló una estación meteorológica en el patio de la vivienda. (Figura 4). En ambos períodos de medición se incluyó un fin de semana para medir durante días laborales y no laborales. El intervalo de toma de datos se fijó en 15 minutos en los hobos ubicados en los distintos ambientes y exterior.

En ambas campañas de medición se utilizó el siguiente instrumental de procesamiento de la información : el “Excel”, el “HOBOWarePro” y el “BoxCarPro”, para los datos generados por los hobos. Luego se graficaron mediante el programa Psiconf 1.0 para visualizarlos en el modelo bioclimático de B. Givoni.



Figura 4 ejemplo de ubicación de microadquisidor de datos HOBOWarePro en uno de los dormitorios. A la derecha ubicación de la estación meteorológica en el patio de la vivienda.

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Comportamiento en invierno

Lunes a viernes (cant. personas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Estar						4 Personas						4 Personas														
Comedor						4 Personas						2 Personas				4 Personas										
Dormitorio A	2 Personas																				2 Personas					
Dormitorio B	1 Persona																									
Dormitorio C	1 Persona																									
¿Permanece la casa vacía una parte del día?						si, por la mañana						Hs. Lunes a Viernes						2 horas por día								
Sábado y domingo (cant. personas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Estar								4 Personas																		
Comedor												3 Personas								4 Personas						
Dormitorio A	2 Personas																					2 Personas				
Dormitorio B																										
Dormitorio C	1 Persona																									
¿Permanece la casa vacía una parte del día?						No						Hs. Fin de semana						-								

Tabla 1: Factor de ocupación de la vivienda durante el invierno. Datos obtenidos de la encuesta socio-energética.

En la figura 5 puede observarse la variación semanal de la temperatura en el exterior respecto a los locales interiores. El exterior varió entre una máxima de 21°C, el primer día con una mínima de 3°C el día 5, con una media semanal de 12°C. Respecto a los locales interiores, y a pesar de poseer sistema de calefacción a gas natural, prácticamente todos los locales se mantuvieron en una media de 17°C. O sea fuera del confort mínimo de invierno. La variación entre ambientes se debe a orientación de los locales, acceso al sol y calidad térmica de la envolvente.

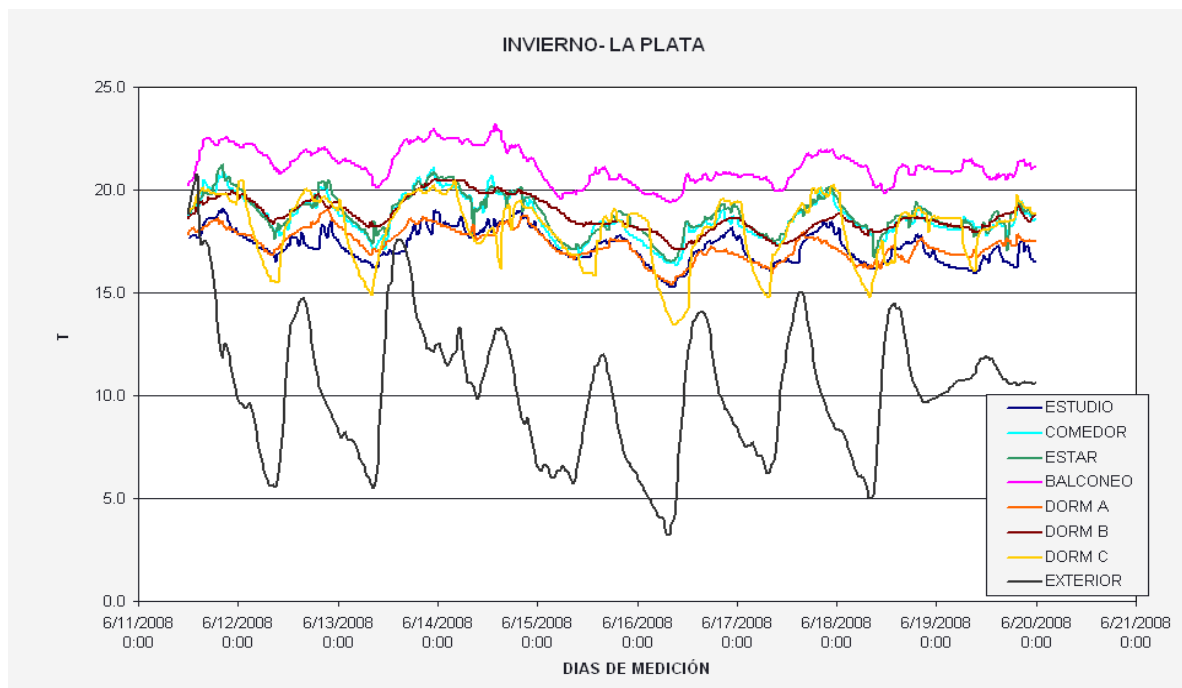


Figura 5: Gráfico de temperaturas medidas durante el invierno en los ambientes interiores y el exterior de la vivienda durante el período 12 al 20-06-2008.

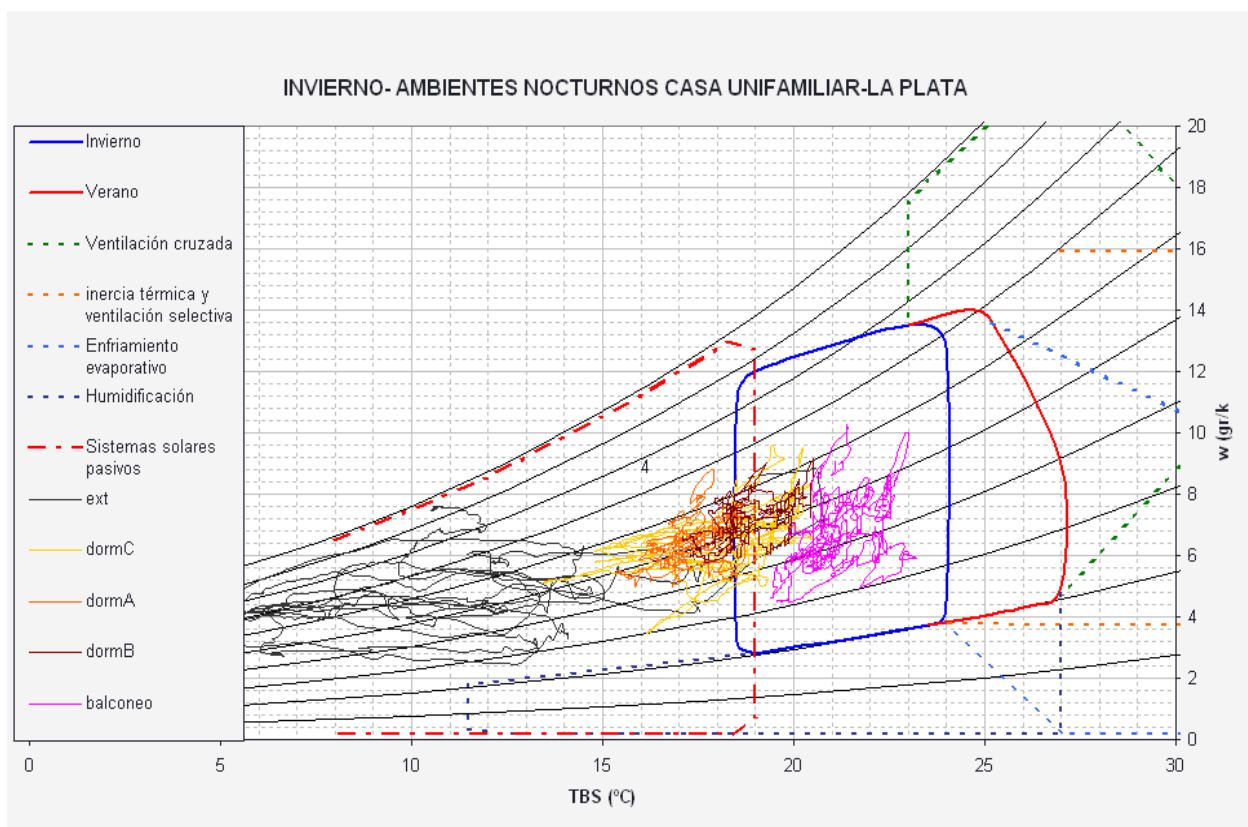


Figura 6: Comportamiento higrotérmico durante el invierno en ambientes nocturnos de la vivienda. Psiconf 1.0 mediciones 12 al 20-06-2008.

Las figuras 6 y 7 representan la medición en un climograma de Givoni donde se separaron los locales de uso diurno y nocturno. En ambas figuras puede notarse que en todos los locales solo aproximadamente la mitad del tiempo estos se encuentran en confort.

En el caso del balconeo se evidencia que es la zona que se encuentra en su totalidad en confort con temperaturas entre los 19°C y los 23 °C.

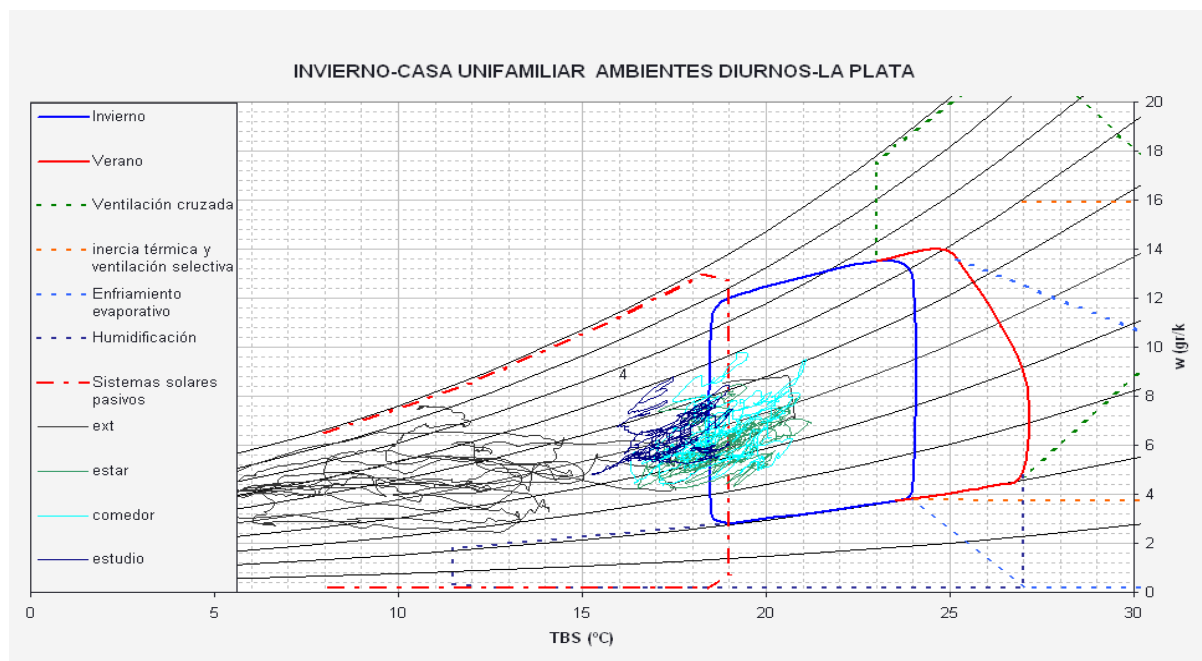


Figura 7: Comportamiento higrotérmico en invierno en ambientes diurnos de la vivienda. Psiconf 1.0 mediciones 12 al 20-06-2008.

En los ambientes diurnos de la vivienda como muestra la figura 6 se encuentran gran parte del tiempo fuera de confort, entre los 15°C y los 21°C y una HR de 30% a 70%. El estudio es el ambiente más desfavorable, sus paredes están orientada al SE (este muro no recibe la incidencia del sol) y al NE.

	12-Jun	13-Jun	14-Jun	15-Jun	16-Jun	17-Jun	18-Jun	19-Jun	Tmed.
biblioteca	17,4	17,2	18,3	17,2	16,6	17,1	17,0	16,5	17,2 ± 1
dor a	17,9	17,8	18,1	17,2	16,4	16,9	16,8	17,2	17,3 ± 0,85
dor b	19,2	19,2	20,1	18,6	17,8	18,0	18,4	18,5	18,7 ± 0,75
dor c	18,5	18,2	18,7	17,7	16,9	18,1	17,5	18,3	18,0 ± 2,4
doble altura	21,7	21,6	22,3	20,4	20,2	21,0	20,9	21,0	21,1 ± 0,85
comedor	19,1	18,9	19,8	17,8	17,7	18,5	18,3	18,3	18,6 ± 1,2
living	19,2	19,1	19,8	18,1	18,0	18,7	18,5	18,5	18,7 ± 1,4
exterior	9,9	11,4	11,1	8,0	8,5	9,9	9,6	10,8	18,5 ± 4,1

Tabla 2: Temperaturas medias en los diversos locales medidos.

Cuando se observa el comportamiento higrotémico de los ambientes nocturnos, se puede ver que el dormitorio C alcanza temperaturas cercanas a los 13 °C, esto en parte se debe a sus características constructivas, su ubicación en la casa y tener uno de sus muros orientado al NE, otro al NO y otro al SO, el piso y la cubierta en contacto con el exterior, el dormitorio B (el dormitorio que se comporta mejor higrotérmicamente) se encuentra ubicado entre los dormitorios A y C, solo tiene un muro en contacto con el exterior. En contraposición el único lugar de la vivienda que se encuentra en su totalidad en confort es la zona del balcón.

Propuesta de mejoras para el invierno:

Para el período frío o se aumenta la potencia del sistema de calefacción, o se cambia por un sistema centralizado radiante (piso radiante con caldera) o se mejora la calidad térmica de la envolvente. En este caso mediante la incorporación de doble vidriado hermético en aberturas, y aislamiento térmico adicional en muros y techos. Con esto la potencia de calefacción debiera ser suficiente elevando la temperatura media y reduciendo las diferencias entre zonas diurna y nocturna.

4.2. Comportamiento en verano

Lunes a viernes (cant. personas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Estar										3	Personas					2	Personas						4	Personas
Comedor												3	personas							4	Personas			
Dormitorio A				2	personas										1	Persona							2	Personas
Dormitorio B				1	Persona																			
Dormitorio C				1	Persona																			
¿Permanece la casa vacía una parte del día?	No								Hs. Lunes a Viernes								-							
Sábado y domingo (cant. personas)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Estar										2	Personas					3	Personas						4	Personas
Comedor												3	personas							4	personas			
Dormitorio A				2	Personas										2	Personas							2	Personas
Dormitorio B																								
Dormitorio C				1	Persona																			
¿Permanece la casa vacía una parte del día?	No								Hs. Fin de semana								-							

Tabla 3: Factor de ocupación de la vivienda durante el verano. Datos obtenidos de la encuesta socio-energética.

La ventilación cruzada posee un doble efecto en el confort térmico, por un lado activa el intercambio convectivo, mejorando la eficiencia de la transpiración del cuerpo, produciendo una disminución de la temperatura, resultando ser un buen recurso en climas húmedos.

La ventilación cruzada tiende a anular los efectos de inercia térmica en relación a la velocidad del aire. Por lo tanto se debe tener en cuenta la orientación y dimensiones de las aberturas, para captar los vientos deseados en el momento necesario. (Czajkowski; Gómez, 2002)

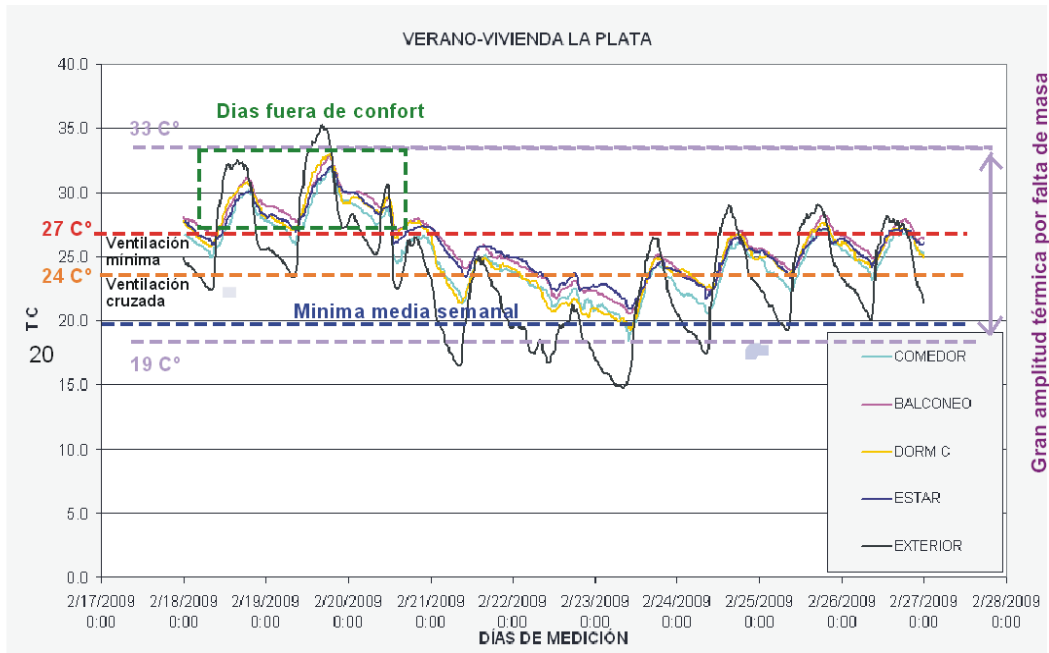


Figura 8: grafico de temperaturas medidas durante el verano en los ambientes interiores y el exterior de la vivienda durante el periodo 18 al 27-02-2009.

En la figura 8 se puede ver como en los días de mayor temperatura exterior la totalidad de los ambientes de la vivienda se encuentran fuera del confort con temperaturas máximas cercanas a los 33°C. También se observa una amplitud térmica interior cercana a los 5°C a lo largo de la semana cada día. Dado que la vivienda posee una masa ponderada de 141 kg/m², implica una baja inercia térmica para las características climáticas del sitio.

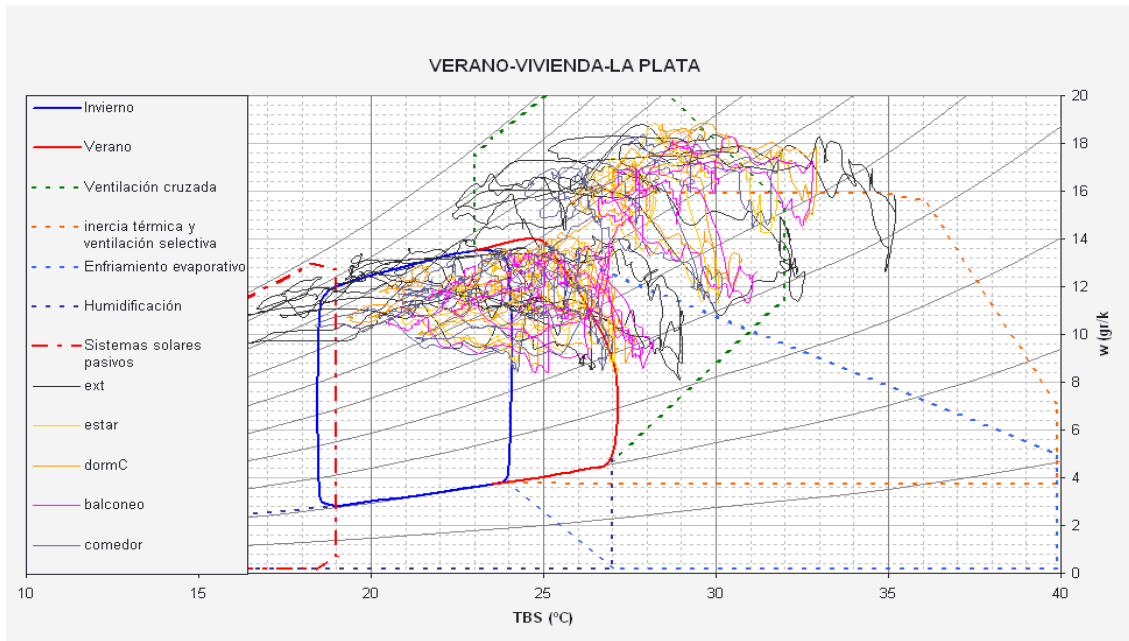


Figura 9: Comportamiento higrotermico de la vivienda en verano. Psicconf 1.0 medición 18 al 27-02-2009.

En la figura 9 puede verse que la variación térmica interior prácticamente sigue la variación exterior. El clima interior se encuentra en una zona del climograma de Givoni donde se requiere de inercia térmica con ventilación nocturna en parte del día, ventilación cruzada en otras partes del día y en otros momentos se encuentra en confort. En todos los casos se requiere de una adecuada protección solar que como puede verse en la figura 3 no está totalmente satisfecha ya que la vivienda presenta una gran superficie vidriada de doble altura en el cuadrante SOa NO.

El análisis nos lleva a reflexionar sobre que medidas de mejoramiento de la envolvente son necesarias para que el caso analizado se mantenga en confort higrotérmico (Figura 10). Siempre basados en las mediciones y el uso del climograma de Givoni. Surgen así las siguientes pautas:

- a mayor aprovechamiento de la masa muraria mediante la incorporación de aislamiento térmico exterior.
- b reducir la carga térmica en el techo mediante aumento del nivel de aislamiento térmico o mediante una protección solar móvil.
- c introducir cambios en los aventanamientos para facilitar la implementación de ventilación selectiva que aproveche los vientos frescos nocturnos del cuadrante sur predominantes en la región.
- d facilitar la evacuación del aire sobrecalentado interior.
- e propiciar cambios de conducta de los habitantes en el modo de uso de la vivienda respecto a cuando asolear o no asolear y ventilar, cuando y como.
- f Otras soluciones económicas no invasivas para mejorar las condiciones de confort de la vivienda en verano pueden ser a partir de una correcta ventilación, permitiendo la ventilación cruzada durante la noche, evitando la entrada de vientos cálidos procedentes del NE y la creación de aberturas que permiten la circulación de aire desde SO.
- g La otra medida de mejoramiento posible es incorporar una sobre cubierta liviana, de un tejido resistente a 30 cm de la cubierta de chapa de la vivienda.

Estas son todas recomendaciones para el período cálido.

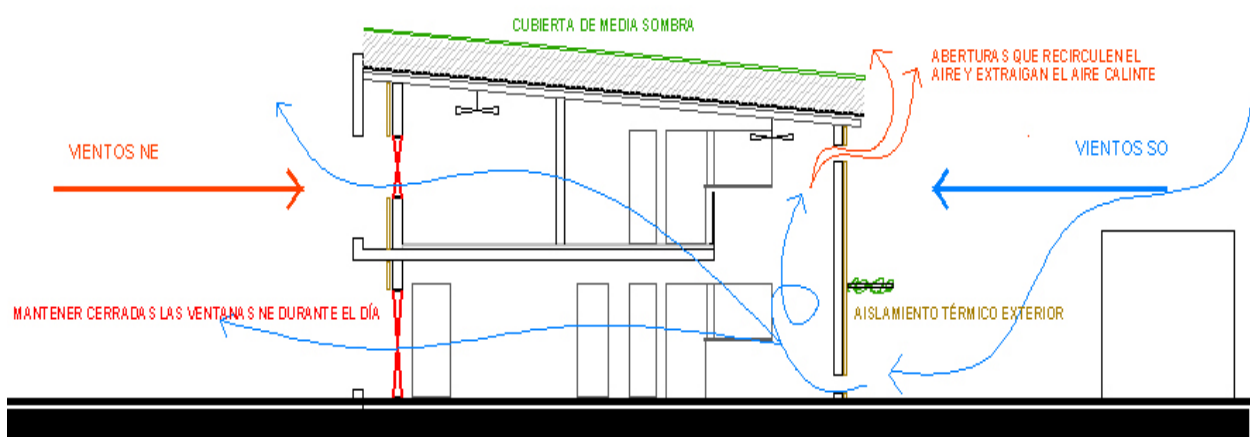


Figura 10: Esquema de propuestas de mejoramiento higrotérmico para verano: aberturas en la doble altura para recircular y sacar el aire caliente + aislamiento térmico + tejido tensado sobre la cubierta de chapa para sombrear y bajar la temperatura.

5.CONCLUSIONES:

El trabajo permite mostrar que el modo de construcción habitual en la región no es el más adecuado. No solo desde un enfoque bioclimático, ya que el proyecto no lo es, sino desde la eficiencia energética y el proyecto tecnológico que no responde adecuadamente a mantener condiciones adecuada de confort higrotérmico.

El análisis también muestra que las condiciones climáticas del sitio permitirían alcanzar un adecuado comportamiento térmico con algunas mejoras en el edificio. Estas mejoras debieran validarse con una simulación numérica para definir el nivel de aislamiento térmico adecuado desde un enfoque financiero y técnico-económico.

El método utilizado se muestra robusto para analizar el comportamiento higrotérmico de un edificio y la obtención de pautas de diseño para su mejoramiento.

6.REFERENCIAS:

CZAJKOWSKI JORGE; GÓMEZ ANALÍA (2002). Diseño Bioclimático y Economía Energética Edilicia. Editorial de la Universidad Nacional de La Plata. ISBN-978-987-05-4908-6

CZAJKOWSKI ET AL. (2007). Le Corbusier en La Plata. La casa y su desempeño ambiental. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente N°11. San Luis, Argentina. ISSN 0329-5184.

GIVONI, B. Hombre clima y arquitectura. Elsevier, Inglaterra, 1969.