

AUDITORIAS TÉRMICAS EN VIVIENDAS CONSTRUIDAS CON TIERRA

Juan Carlos Patrone y John Martin Evans

RESUMEN

En el marco de las investigaciones que se desarrollan en el Centro de Investigación Hábitat y Energía de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires, el estudio del desempeño térmico de construcciones con tierra se encuadra dentro de la temática sobre sustentabilidad y eficiencia energética en arquitectura, evaluando su rendimiento térmico, su limitado impacto ambiental y bajo costo, aportando conocimiento sobre su comportamiento para viviendas de interés social y normativas edilicias. Inicialmente, se realizaron registros térmicos en un prototipo de vivienda experimental construido en el Municipio de Florencio Varela, Gran Buenos Aires, comparándose los resultados con construcciones de materiales convencionales mediante simulaciones numéricas. Una experiencia similar se realizó con la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas, México, en un prototipo de vivienda construido en su campus. Actualmente, se están desarrollando experiencias similares en viviendas de adobe y BTC con el Instituto Provincial de la Vivienda, Provincia de Chubut, y la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Santa Fe. La investigación comprende un programa de capacitación y transferencia de conocimientos sobre arquitectura de tierra mediante cursos de grado, postgrado, Formación en Investigación y en ámbitos profesionales, destacando las características del material en el marco de la sustentabilidad del hábitat construido. Ello se complementa con asesoramiento a proyectos en la aplicación de conceptos y técnicas en la práctica profesional. El trabajo conjunto y complementario con otros grupos latinoamericanos de investigación permite verificar las potencialidades de la tierra como material apropiado en proyectos sustentables. La investigación muestra la importancia de la utilización racional y adecuada del material con la aplicación de estrategias bioambientales a fin de optimizar el acondicionamiento natural y la eficiencia energética en arquitectura, como aporte a la sustentabilidad del hábitat construido.

Palabras clave: Arquitectura de tierra, sustentabilidad, desempeño térmico.

INTRODUCCIÓN

La preocupación por lograr una arquitectura más sustentable, contribuyó a revalorizar la construcción con tierra cruda y la aptitud del material por sus características termo-hidrófugas, reciclabilidad y producción de bajo consumo energético, estudiadas y desarrolladas por diversos autores. En ello se destaca la capacidad térmica de adobes, tapiales y bloques de tierra comprimida (BTC) por producir retraso térmico y baja conductividad de adobes alivianados. Distintas combinaciones y conformaciones del material tierra permiten alcanzar adecuado confort en construcciones de tierra (Minke, 2001), y su uso apropiado contribuye a maximizar el confort térmico con reducido consumo energético (Evans, 2004).

La investigación se inicia a partir de la construcción realizada por J. C. Patrone de un prototipo experimental de vivienda de interés social situado en Florencio Varela, Provincia de Buenos Aires, Argentina, en clima templado cálido costero, se llevaron a cabo mediciones y evaluaciones térmicas orientadas a futuras certificaciones (Patrone, Evans 2005), conjuntamente con el Centro de Investigación de Hábitat y Energía de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires.

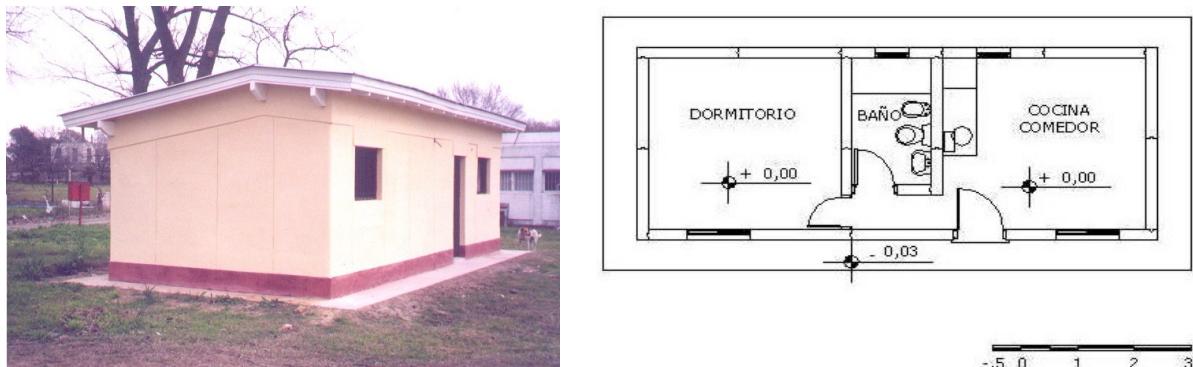


Figura 1. Vista y planta del prototipo en Florencio Varela, Gran Buenos Aires, Arq. Patrone.

El prototipo, de 36 m² de superficie, con su fachada principal orientada al NE, Figura 1, construido sobre un solar propiedad del Municipio de Florencio Varela, en el Gran Buenos Aires, con mano de obra provista por el Plan Trabajar y financiación municipal (Patrone y Cabezón, 2004), es de muros portantes (tapial) de suelo cemento compactado (Merril, 1949) de 20 cm de espesor.

La unidad consta de un dormitorio, baño y cocina comedor, con pisos y contra-pisos de suelo cemento y cal. Como aislamiento térmico se usó una alternativa no convencional en el techo del dormitorio, compuesta de una masa de pasto seco entre dos capas de barro de 7,50 cm de espesor total, siendo la capa aislante del techo de 4 cm de espesor de poliestireno expandido en el resto de la vivienda. El techo es de tiranería de madera sobre la que apoya un entablado de madera machihembrado, aislamiento hidrófugo, el aislamiento térmico antes descripto y chapa galvanizada.

En Tampico, México, con clima subtropical húmedo, se construyó una vivienda de 78.43m² en dos plantas, con BTC (Roux Gutiérrez, Espuna Mujica, García Izaguirre y Aranda Jiménez, 2007) en el Campus de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. La vivienda tiene muros portantes de 28 cm de espesor y de cerramiento de 14 cm, revocados en ambas caras con mortero a la cal e impermeabilizante exterior. En planta baja se encuentra el acceso, sala, cocina, escalera y cuarto de baterías y, en planta alta, dos dormitorios y un baño. La losa de entrepiso y el techo son de tiranería de madera y entablado con aislamiento hidrófugo el techo, los pisos son de baldosas cerámicas, en planta baja colocadas con mortero sobre contrapiso de concreto simple y en el entrepiso adheridas con pegamento (García Izaguirre, Roux Gutiérrez, Espuna Mujica y Arvizu Sanchez, 2007), Figuras 2 y 3.

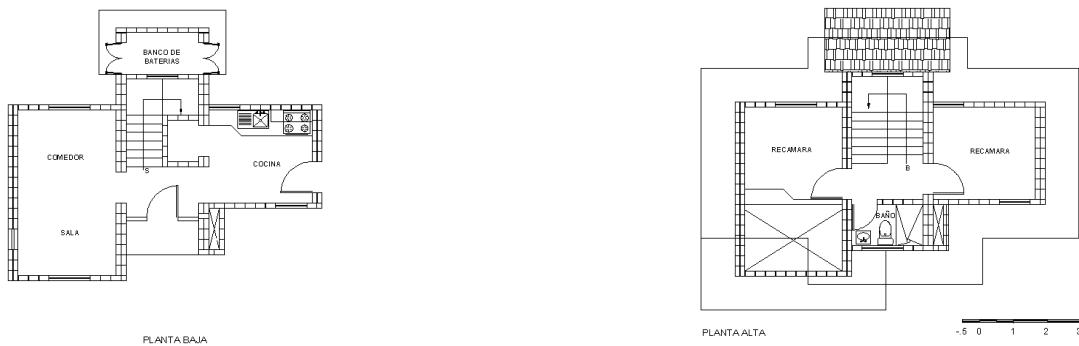


Figura 2. Vivienda experimental, UAT, Tampico.



Figura 3. Vivienda en el Campus Universitario de la UAT, Tampico, México.

Durante 2007 se obtuvieron registros en dos viviendas en el Barrio Puente Marques, Moreno, Prov. de Buenos Aires, en el marco de la investigación realizada por el CIHE y el GEA, Grupo de Energía y Ambiente, Facultad de Ingeniería, ambos centros de la Universidad de Buenos Aires, con apoyo del Plan Viviendas por + Energía de EDENOR, compañía distribuidora de electricidad del Gran Buenos Aires (Patrone, Compagnoni, Donzelli, 2007). Construida una de ellas con un sistema industrializado de muros y techos de paneles de poliestireno expandido revocados con concreto armado y pisos de alisado de cemento sobre contrapiso de cascotes, proyecto del Arq. Carlos Levinton, Figura 4.

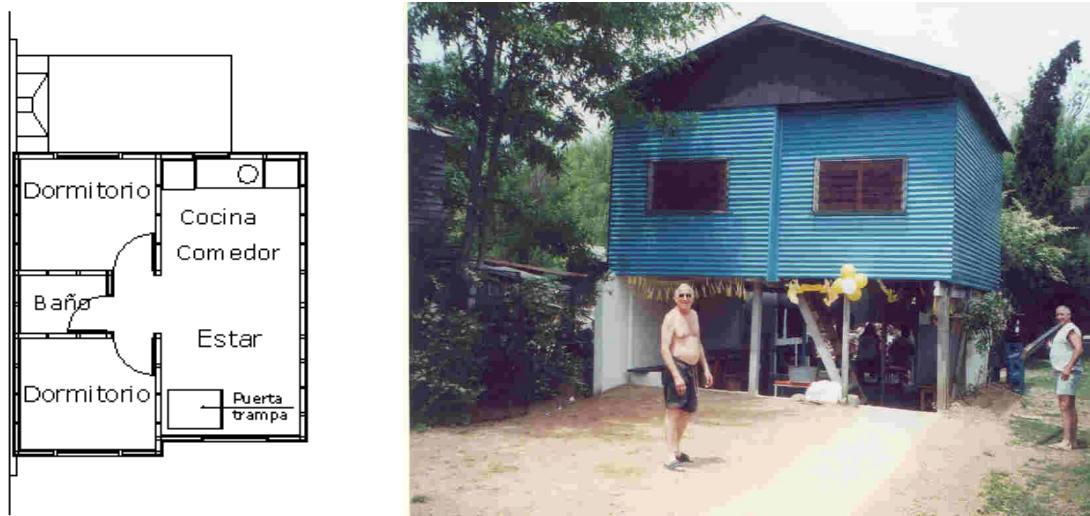


Figura 4. Vivienda nueva, Arq. Levinton, Gran Buenos Aires.



Figura 5. Vivienda de autoconstrucción con bloques de hormigón, Gran Buenos Aires.

La otra vivienda, un prototipo perteneciente a un plan municipal de autoconstrucción iniciado en el año 1980 y completado posteriormente por los ocupantes, construida con muros de bloques de hormigón revocados en ambas caras, pisos de alisado cementicio sobre contrapiso de cascotes y techo de losa cerámica, con carpeta de compresión y cielorraso aplicado a la cal, Figura 5. Los relevamientos térmicos de estas viviendas fueron utilizados en comparaciones con construcciones de tierra



Planta

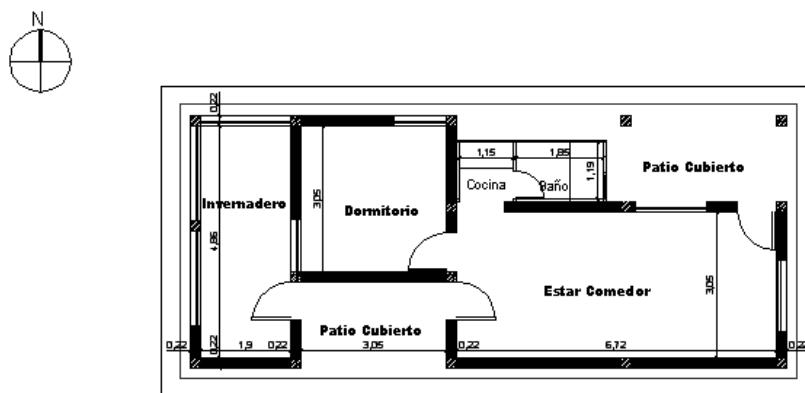
Figura 6. Vivienda ribereña en Quilmes, costa atlántica, Gran Buenos Aires. Planta y vista.

Complementariamente, se estudió otra vivienda en el balneario de Quilmes, Prov. de Buenos Aires. Habitada hoy permanentemente por una familia, fue relevada con anterioridad en 2008 con registros térmicos. Construida con madera y chapa galvanizada sin aislamiento, y elevada sobre pilotes, presenta las siguientes características constructivas: piso de tablones de madera de una pulgada de espesor, paredes exteriores de chapa galvanizada con cámara de aire de tres pulgadas, revestimiento interior de cartón prensado de 5 mm de espesor, y techo también de chapa sobre tirantería de madera, con entretecho y cielorraso de cartón prensado (Patrone, 2005), Figura 6.

En la localidad de Gobernador Costa, Provincia de Chubut, en plena estepa patagónica, se realizaron mediciones en invierno en dos prototipos de vivienda iguales de 58 m² de un dormitorio, estar, cocina, baño e invernáculo construidos, uno con muros de bloques de suelo cemento inter-trabados de 22 cm de espesor revocados a la cal en ambas caras con azotado hidrófugo al exterior, piso de lajas y cerámico sobre contrapiso de 12 cm y techo de chapa galvanizada sobre tirantería de madera, aislamiento hidrófugo, cámara de aire, losetas de polietileno expandido encastradas en viguetas de Hº Aº y cielorraso de madera machihembrada, teniendo la otra vivienda las mismas especificaciones salvo la mampostería que es de ladrillo cerámico hueco de 12 cm de espesor, Figuras 7 y 8.



Figura 7. Vivienda en El Molle, Gobernador Costa, Chubut, Patagonia Argentina.



Planta

Figura 8. Vivienda en El Molle, Chubut, Argentina.

En la Ciudad de Santa Fé se están monitoreando tres viviendas: una de muros de adobe con revoques de tierra y techo vivo sobre machihembrado de madera y pisos de alisado de cemento, otra de BTC con entrepiso de entablonedado de madera, piso alisado de cemento y techo de paja, y una ampliación en adobe y techo vivo de una vivienda de construcción tradicional, además de una vivienda en Paraná, de construcción tradicional de mampostería de ladrillos cerámicos con ampliación de muros de BTC y techo de quincho de paja.



Figura 9. Viviendas de BTC y de adobe en Santa Fé, Argentina.



Figura 10. Vivienda construida en adobe y material tradicional. Santa Fé, Argentina.



Figura 11. Vivienda construida en BTC y material tradicional. Paraná, Argentina.

Además de realizar monitoreos sobre viviendas de construcción tradicional y construcción liviana, se monitoreó una vivienda de quincha en Colombia y analizó su desempeño térmico.

El objetivo de este trabajo es comparar viviendas construidas con muros de tierra con otras construidas con distintos materiales, a fin de establecer una metodología de evaluación del desempeño térmico a través de simulaciones y mediciones térmicas a fin de comprobar la efectividad de estrategias bioambientales de diseño que posibiliten mejorar el confort en viviendas de interés social con soluciones económicas y de baja complejidad tecnológica.

METODOLOGÍA

Se realizaron mediciones con registradores automáticos de temperatura mini data-loggers modelo HOBO y, dado que los registros térmicos fueron efectuados en días, meses y años distintos, se adopta la técnica de simulaciones calibradas para comparar el comportamiento térmico de los módulos construidos. Con los registros de 5 días corridos se promediaron en un día en cada caso, para equipararlos con simulaciones numéricas realizadas con el Programa Quick, a fin de evaluar su comportamiento térmico. La Norma IRAM 11.605 (1996) indica la transmitancia térmica máxima admisible para invierno y verano, con tres niveles de calidad.

Tabla 1. Valores de K máximo admisible (W/m²K) Nivel C, para muros y techos en verano e invierno, Norma IRAM 11.605 (1996).

Condiciones	Techos	Muros
Invierno (Norma IRAM 11.605, Tabla 1)	1,00	1,85
Verano (Norma IRAM 11.605, Tabla 2)	0,76	2,00
Valor crítico (Valor menor de las dos estaciones)	0,76	1,85

La Secretaría de Vivienda, Argentina, exige el cumplimiento del Nivel C para vivienda de interés social. La Tabla 1 indica los valores de K, transmitancia térmica, máxima admisible para cumplir con nivel C en Buenos Aires, ubicada en la Zona Bioambiental IIIb. La última fila de la tabla indica los valores críticos, considerando el valor menor de las dos estaciones.

Dado que las mediciones registradas se realizaron en distintos períodos no coincidentes entre sí y distinta ocupación de las viviendas de los diferentes casos estudiados, se adoptan simulaciones calibradas para comparar el comportamiento térmico de los módulos construidos, considerando períodos de 5 días corridos, que luego se promediaron en un solo día en cada caso, para realizar las simulaciones sobre esos promedios.

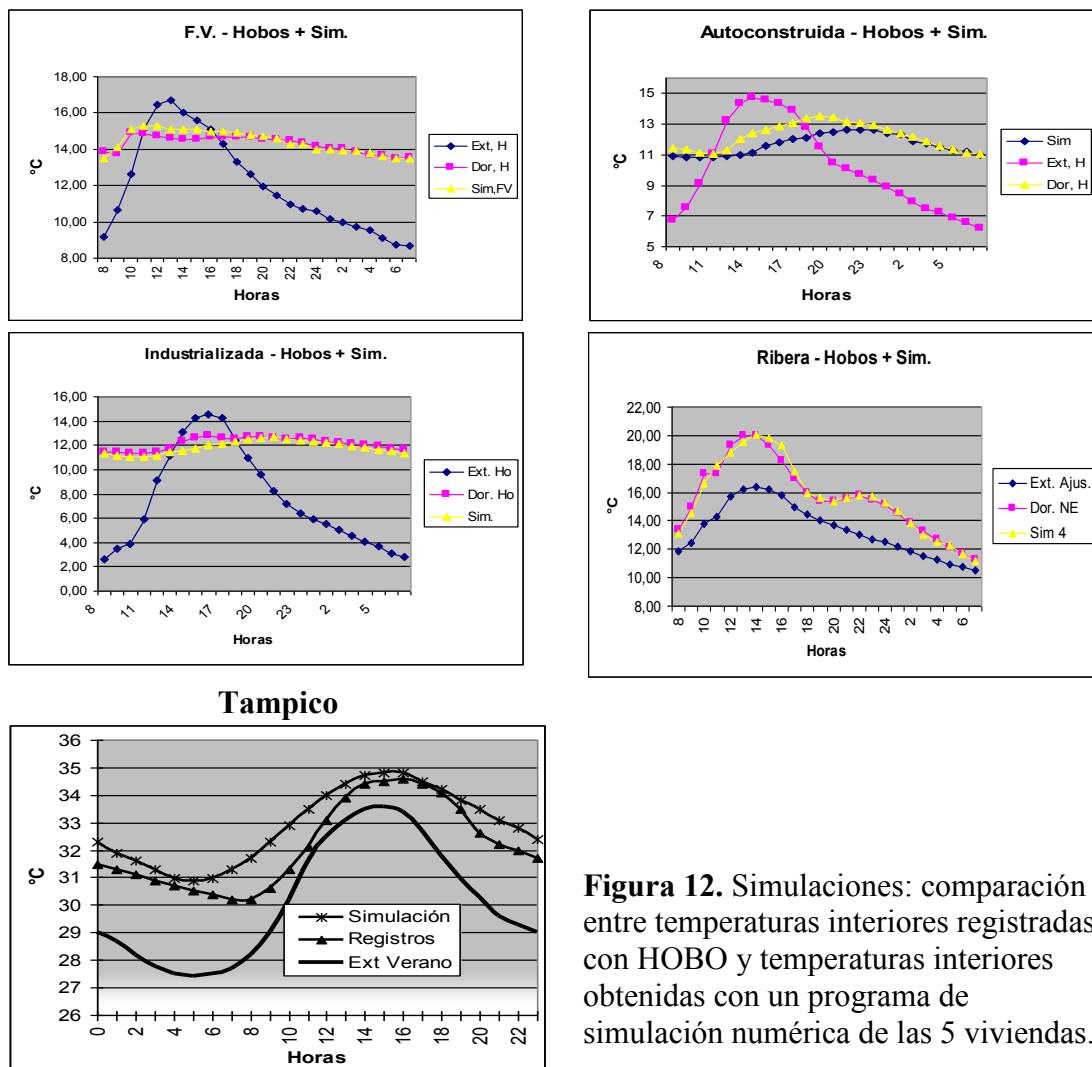


Figura 12. Simulaciones: comparación entre temperaturas interiores registradas con HOBO y temperaturas interiores obtenidas con un programa de simulación numérica de las 5 viviendas.

Los datos de radiación se registraron en la estación de medición de radiación de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires. Se estimaron los datos de ventilación, considerando un deficiente grado de estanqueidad del modulo al momento de realizar las mediciones. Los gráficos de la Figura 12 permiten establecer las siguientes características de los 5 casos:

- En la **casa de Florencio Varela** se registró una amplitud térmica exterior de 8,0° C y de 1,1° C en el interior, con 16,7° C de temperatura máxima exterior y 14,8° C de máxima interior, 1,9 grados menor a la máxima exterior. Con 8,9° C de temperatura mínima exterior y 13,7° C en la interior, se muestra el efecto favorable de la amortiguación y la capacidad de almacenar calor durante el día.

- La **vivienda industrializada** tiene también muy buen comportamiento térmico. La amplitud térmica exterior fue de 11,89° C, mientras la interior fue solamente 1,51° C. La temperatura máxima exterior fue de 14,54°C, ubicándose la máxima interior a 1,74°C por debajo de la máxima exterior. La temperatura mínima exterior fue de 2,66°C, mientras la interior fue de 11.3°C. Ello indica que el sistema tiene buen aislamiento e inercia térmica, con un aumento de la temperatura interior cuando el exterior desciende, confirmando el efecto térmico favorable en el interior casa.
- La **vivienda autoconstruida** registra una amplitud térmica exterior de 8,16°C y una interior de 2,47°C. La temperatura máxima exterior es 14,75°C, ubicándose la máxima interior a 1,25°C por debajo de la máxima exterior. La temperatura mínima exterior fue de 6,69° C, mientras la interior fue de 11.03°C. Si bien el comportamiento no es desfavorable, se observa el incremento de la temperatura interior producto de la calefacción que distorsiona el retraso térmico.
- La **vivienda de la ribera** registra una amplitud térmica exterior de 5,89°C y un amplitud térmica interior de 8,78°C, temperatura máxima exterior 16,39° C, ubicándose la máxima interior a 3,59°C por arriba de la máxima exterior, la mínima exterior fue de 10,5°C, mientras la interior fue de 11.2°C, muestra la deficiencia térmica de la vivienda, donde la amplitud térmica interior es 2,89°C mayor que la exterior y las mínima interior es solo 0.7°C superior a la exterior.
- La **vivienda de Tampico** registra 6,20 °C de amplitud térmica exterior e interior de 4,60 °C, ubicándose la máxima interior a 1,09 °C por arriba de la máxima exterior. La temperatura mínima exterior fue de 27,4 °C, mientras la interior fue de 30,0 °C, mostrando la deficiencia térmica de la vivienda. Si bien la amplitud térmica interior es 2,20 °C menor que la exterior, tanto la mínima como la máxima interior son superiores a la mínima y máxima exterior. Las paredes de tierra estabilizada compactada o tapial tienen una densidad estimada de 1900 kg/m³, una conductividad de 0,9 W/mK y un espesor de 20 cm. Según un estudio de sus características térmicas (Evans, 2004) y las indicaciones de la Norma IRAM 11.601 (1996), la transmitancia térmica estimada de esta construcción es 1,90 W/m²K, valor que no cumple con la Norma 11.605 (1996).

Tabla 2. Las alternativas convencionales adoptadas para las comparaciones.

Construcción	Espesor mm	Capas constructivas	K W/m2K
Tapial	200	Tierra estabilizada compactada.	1,9 (No cumple)
Bloque	200	Bloque cerámico hueco de 180 mm con 4 cámaras y revoque ambos lados.	1,6 (Cumple)
Ladrillo	300	Ladrillo macizo de 270 mm y revoque ambos lados.	1,8 (Cumple)
Liviana	100	Placa cementicia exterior, cámara de aire, lana de vidrio de 25 mm, barrera de vapor y placa de yeso interior.	0,8 (Cumple)
BTC	310 - 170	Bloque de tierra compactada de 280 mm y revoque a ambos lados	1,9 (No cumple)
Bloque H°	310 - 170	Bloque de hormigón de 280 mm y revoque a ambos lados	

La Tabla 2 indica las distintas alternativas constructivas de los módulos construidos y los valores de transmitancia térmica de las mismas y su cumplimiento con el Nivel C para Buenos Aires, según la Norma IRAM 11.605 (1996)

Se compararon las simulaciones obtenidas de los módulos con el promedio de las temperaturas máximas y mínimas exteriores registradas en cada módulo incorporándolas como temperaturas máxima y mínima exterior en la planilla Excel e-día-1, lo cual permite estimar la variación horaria de temperaturas exteriores (Evans 2000), Figura 13.

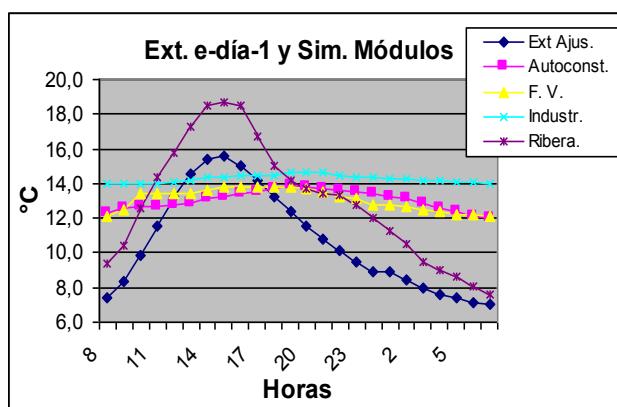
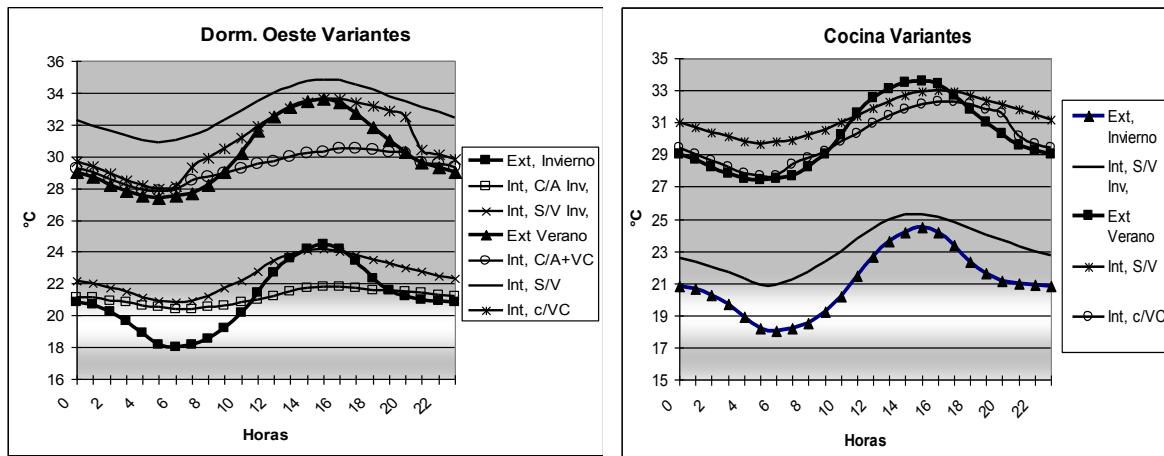


Figura 13. Simulación: Temperaturas exteriores obtenidas con planilla Excel e-día-1 con simulaciones resultantes de cada módulo.

La Figura 13 muestra el comportamiento que tendría cada modulo en un día típica, en el cual estos tuviesen las mismas condiciones térmicas exteriores. Se observa que el módulo con mejor comportamiento es el de la vivienda industrializada, con una amplitud térmica interior de 0.6°C y una máxima de 14.6°C , quedando a 1°C , por debajo de la máxima exterior. Vale aclarar que es la única vivienda que cumple con el Nivel C de la Norma IRAM 11.605 (1996) para Buenos Aires. Con buena aislación térmica, las mediciones térmicas en la casa habitada demuestra el aumento de la temperatura interior con las ganancias internas. Continúa en orden decreciente el módulo de Florencio Varela con una máxima de 13.8°C , una amplitud de 1.7°C y a 1.8°C bajo la máxima exterior. Considerando que la vivienda de tapial, la única posibilidad de incrementar la temperatura interior es la radiación solar. En este caso, las mediciones de la casa deshabitada refleja un muy buen comportamiento térmico.

Muy similar es el comportamiento del módulo de la vivienda autoconstruida con una amplitud térmica de 1.9°C , una temperatura máxima de 13.9°C , y a 1.7°C por debajo de la máxima exterior, también aquí influye el calentamiento de la casa producto de la calefacción. Por último con notoria diferencia se ubica el módulo de la ribera de Quilmes con una máxima de 18.7°C , una amplitud de 11.1°C y a 3.1°C por encima de la máxima exterior, si bien es la única que alcanza la zona de confort en un corto período de dos horas, es notoria la deficiencia térmica de esta vivienda de construcción liviana y careciente de aislamiento térmico. La vivienda de Tampico, ubicada en un clima subtropical húmedo y diferente zona geográfica (hemisferio norte), fue analizada independientemente por diferir las condiciones climáticas.

La vivienda de Tampico ubicada en un clima subtropical húmedo y zona geográfica distinta (hemisferio norte) fue analizada independientemente ya que diferían todas las condiciones climáticas. Los registros exteriores de Tampico fueron obtenidos del sitio de Internet 'Weather Underground' coincidentes con los días en que se tomaron los registros en la vivienda. Los datos de ventilación fueron estimados, considerando un deficiente grado de estanqueidad de las viviendas al momento de realizar las mediciones, habiéndose utilizado el programa Quick. Los registros térmicos muestran valores muy elevados, en consecuencia, las simulaciones priorizan el valor de las alternativas bioambientales. La Figura 14 presenta las simulaciones en el dormitorio Oeste y la cocina en invierno y verano con distintas variantes: invierno, con y sin aislación térmica, y verano con aislación, sin aislación y con aislación y ventilación cruzada. Se propuso una aislación compuesta por: cámara de aire de 50 mm de espesor, 50 mm de fibra de vidrio, barrera de vapor asfáltica y terciado fenólico de 5 mm de espesor, bajo la cubierta, aprovechando los espacios entre la tirantería del techo.



A. Vivienda en Tampico, dormitorio Oeste

B. Vivienda en Tampico, cocina

Figura 14. Comparación entre variantes bioclimáticas en el dormitorio Oeste y la cocina de la vivienda experimental en el campus de la UAT, Tampico, Méjico.

En general, las simulaciones indican buen comportamiento de la construcción con muros de BTC. La Figura 14 A demuestra que la curva de temperatura sufre gran distorsión en el dormitorio debido a la falta de aislación en el techo, pero se reduce la máxima en 1,2°C con ventilación cruzada nocturna y en 4,3°C con aislación en el techo y ventilación cruzada nocturna. El salto térmico se reduce respecto de la curva de temperaturas exteriores de 6,2°C a 2,7°C, registrando una máxima de 30,5°C, que supera apenas el nivel de confort con ventilación cruzada en verano, pero teniendo en cuenta que la simulación está tomando un promedio de las temperaturas en la habitación y no la sensación de refrescamiento que produce una brisa sobre la piel, encontrándose dentro de los niveles de confort. En invierno, si bien el exterior se encuentra dentro de la zona de confort, el salto térmico en el interior se reduce de 6,5°C a 1,4°C con aislación térmica en el techo, indicando muy buen comportamiento térmico de los muros construidos con BTC. En el gráfico de la Figura 14 B se observa que el salto térmico en la curva de la variante sin ventilación se reduce en verano de 6,2°C en el exterior a 3,2°C en el interior y, con la variante de ventilación cruzada, el salto térmico solo se reduce en 1,6°C y la máxima de 33,6°C a 32,3°C con una hora de retraso térmico, mientras la curva de temperaturas interiores se reduce de 6,5°C a 4,4°C.

En función de los resultados de las simulaciones, se optó posteriormente por un aislamiento en el dormitorio Oeste de dicha vivienda, con poliestireno expandido de un espesor de 7,5 cm, adosado bajo el entablulado del techo. Nuevos registros muestran claramente que las mediciones obtenidas corroboran las simulaciones realizadas con anterioridad, si bien hay diferencias, también las hay en la aislación propuesta y la realizada.

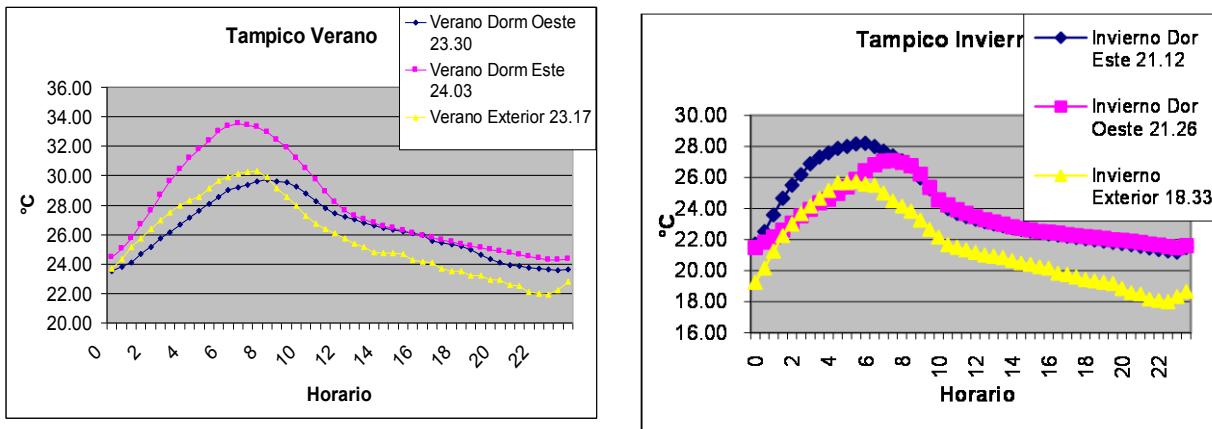
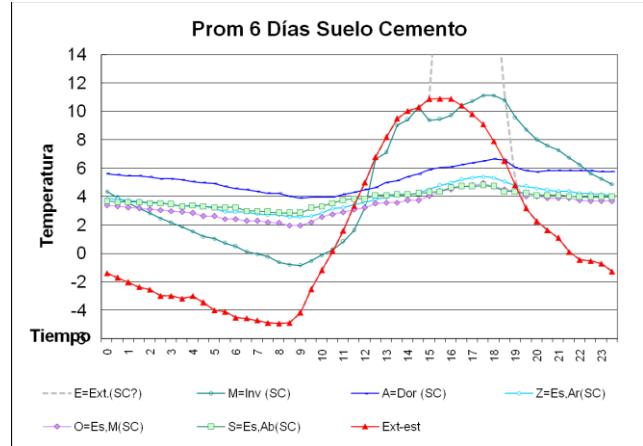


Figura 15. La vivienda de El Molle, Chubut, Argentina.

Los registros térmicos son muy bajos en la vivienda desocupada y sin calefacción. Con un salto térmico de $14,8^{\circ}\text{C}$ exterior, las curvas térmicas interiores son aplanas mostrando variaciones que oscilan entre $2,5^{\circ}\text{C}$ y $2,9^{\circ}\text{C}$. Se observa que los muros exteriores requieren mayor aislamiento térmico para lograr confort en la Zona Bioambiental V.



CONCLUSIONES

Los resultados de las mediciones y simulaciones indican que las construcciones con buen aislamiento y gran inercia térmica ofrecen las mejores condiciones de confort en la región del Gran Buenos Aires durante los meses de invierno. La construcción con tapial en la misma región, aun con una elevada transmitancia térmica, produce resultados favorables en invierno, pero no se considera recomendable la construcción con tapial en zonas bioambientales más frías: por ejemplo las Zonas IV, V y VI según la Norma IRAM 11603 (1998). Se considera que en las Zonas Bioclimáticas I, II y III, de igual o mayor temperatura, y sub-zonas con mayor amplitud térmica, los beneficios verificados en este estudio podrán ser similares o mejores.

Los resultados de las simulaciones en la vivienda de Tampico indican que las construcciones con BTC pueden tener buenas condiciones de confort si se complementan con aislaciones térmicas, aun siendo mínimas indispensables, para alcanzar los niveles de confort en verano.

La construcción en tierra, de larga historia, presenta actualmente gran potencial ante los problemas habitacionales de la región. El uso de la simulación numérica y la medición continua de su comportamiento térmico con instrumental preciso, pueden demostrar y verificar su aptitud bioambiental y desempeño energético. Las verificaciones practicadas ratifican una vez más la utilidad de la simultaneidad en el uso de herramientas de simulación para tomar decisiones de diseño que permitan optimizar el comportamiento ambiental y energético de los edificios, lograr mejor calidad de vida para los usuarios y ajustar los programas numéricos con la realidad mensurable. La metodología de trabajo, planteada en este estudio y resultante de trabajos anteriores, posibilitó verificar la importancia de la implementación de diferentes procedimientos de relevamiento y verificación del comportamiento edilicio para diagnosticar y proponer mejoras, de particular interés en programas de vivienda de interés social.

RECONOCIMIENTOS

A los Dres. Arqts. García Izaguirre, Roux Gutiérrez, Espuna Mujica y Arvizu Sanchez, por las mediciones del prototipo de la FADU-UAT, Tamaulipas; a los Arqts. Liliana de Benito y Edgardo Mele, miembros del Instituto Provincial de la Vivienda de Chubut; al Ing. Ariel González y equipo de investigación de la Universidad Tecnológica Nacional, Regional Santa Fé, y un especial agradecimiento al Arq. Tomás Vanrell, Secretario de Obras y Servicios Públicos, Municipalidad de Florencio Varela, por el aval brindado a la investigación.

Este trabajo se inscribe en el marco de los proyectos de investigación con sede en el CIHE-SI-FADU-UBA: 'Eficiencia energética en el hábitat construido', PAE N° 22559 / BID 1728 / OC-AR, Nodo UBA, dirigido por la Dra. Silvia de Schiller, y 'Contribución de la eficiencia energética y uso de energías renovables en la transformación de la matriz energética', UBACyT 20020100100598, de la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad de Buenos Aires, dirigido por el Dr. Evans, los que permitieron adquirir los equipos de medición.

REFERENCIAS

- Evans, J. M. (2000). *e-día-1 Variación horaria de temperaturas exteriores - planilla Excel*, CIHE-SI-FADU-UBA, Buenos Aires.
- Evans, J. M. (2004). *Construcción en tierra, aporte a la habitabilidad - I Seminario Taller, Construcción en Tierra. FADU-UBA*, Buenos Aires.
- García Izaguirre, Roux Gutiérrez, Espuna Mujica y Arvizu Sanchez, (2007). *Diseño modular una alternativa sustentable, SIIDS, FADU-UAT*, Tampico.
- IRAM (1996) *Norma IRAM 11.605. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*. Instituto Argentina de Normalización y Certificación, Buenos Aires.
- IRAM (1998). *Norma IRAM 11603, Acondicionamiento térmico de edificios. Clasificación bioambiental de la Republica Argentina*, Instituto Argentina de Normalización y Certificación, Buenos Aires.
- Patrone, J. C. (2005). *Gestión y Desarrollo en la Construcción de la Vivienda de Interés Social con empleo de suelo estabilizado*, Construcción con Tierra 1, FADU UBA. Buenos Aires.
- Patrone, J. C. y Evans, J. M. (2005). *Evaluación térmica de una vivienda de suelo cemento comparada con simulaciones digitales*, INCHIUSA-CRYCYT, Mendoza.