

VIVIENDA BIOCLIMÁTICA SUB-URBANA EN UN CLIMA TEMPLADO FRÍO.

Beascochea A.¹, Filippin C.²

¹Universidad Nacional de La Pampa, Gil 353, Santa Rosa, La Pampa (6300) 54-2954-451609-aliciaebg@yahoo.com.ar;

² CONICET, Av. Spinetto 785, Santa Rosa, La Pampa (6300) 54-2954-434222- cfilippin@cpenet.com.ar

RESUMEN: Se describe el diseño y la tecnología de una vivienda bioclimática en la provincia de La Pampa. Las pautas de diseño fueron: calentamiento, refrescamiento e iluminación natural. El 72 % del área está solarizada (ganancia solar directa al Norte: 17.5% respecto al área útil). La resistencia térmica de la envolvente es de 1.60 y 3.65 m²°C/W para la pared y el techo, respectivamente. El objetivo del trabajo es analizar el comportamiento térmico a través del monitoreo realizado con sensores tipo HOBO. Los resultados muestran un buen comportamiento térmico entre el 19 de abril y el 24 de mayo (desocupada). En estas condiciones la temperatura media interior fue de 21°C (temperatura media exterior =15.9°C, irradiancia máxima entre 400 y 500 W/m²). Los resultados para el invierno fueron satisfactorios, se mantuvieron las condiciones de confort con un consumo diario de gas natural de alrededor de 0.07m³/m² (67% de ahorro respecto a una construcción tradicional). El sobre-costo de la obra por solarización y conservación fue del 6.4% al 2007.

Palabras clave: Vivienda unifamiliar - Diseño bioclimático – Solarización – Conservación

INTRODUCCIÓN

La energía utilizada en edificios representa una importante proporción del total a nivel regional, nacional y local. Se estima que entre el 35 y 40% de todos los recursos energéticos primarios usados en Argentina se destinan al acondicionamiento del hábitat construido. El 53% de la demanda en edificios corresponde al sector residencial; el 58% de la energía consumida en edificios residenciales está definido por el uso de la calefacción en la viviendas (Evans, 2005). Guadagni (2008), expresa entre otros conceptos, 'que la Argentina podrá reducir en el futuro sus emisiones (5.7 t de carbono/capita, Bar, 2008) ya que, influirá, en esta mejora ambiental, la pérdida del autoabastecimiento de gas, nafta, gasoil y fuel oil. El escenario energético que se avecina impulsará iniciativas para reducir en nuestro país las emisiones de CO₂: a- modernización del transporte público y de la red ferroviaria para cargas y movimiento masivo de pasajeros, b-procesos industriales menos intensivos en combustibles, c- aumento en la eficiencia energética de los vehículos y los artefactos y d- nuevos códigos de edificación que minimicen el consumo energético'. Dice Czajkoswski et al. (2007) en un artículo: 'debemos adaptarnos a usar racionalmente la energía o a ser muy eficientes y consumir lo menos posible. Esto implica cambios en los hábitos de los usuarios, pero si habitamos un edificio muy ineficiente es muy poco lo que se puede ahorrar. El Diseño Ambientalmente Conciente busca aprovechar los recursos naturales intentando reducir al mínimo las consecuencias negativas para el medio ambiente realzando en el edificio la eficacia y moderación en el uso de materiales de construcción, la energía y el espacio construido'. La eficiencia energética es un tema crítico para una alta performance de un edificio. El consumo de energía no sólo representa un alto porcentaje en la operación y mantenimiento de un edificio sino que tiene un efecto en el confort térmico y visual de los ocupantes (Santamouris, 2005). Un adecuado diseño requiere un balance entre la performance térmica de la envolvente del edificio, la selección apropiada de la técnica de calentamiento, enfriamiento e iluminación y una calidad aceptable del clima interior en términos de confort térmico y calidad de aire (Allard, 2002).

En este marco es importante realizar una adecuada divulgación de las ventajas del diseño ambientalmente conciente a todos los sectores de la población y maximizar las actividades de transferencia de tecnología para construir y evaluar edificios de bajo consumo de energía. El presente trabajo muestra el diseño arquitectónico- térmico, la tecnología de una vivienda bioclimática ubicada en la zona peri-urbana de la localidad de Toay, (provincia de La Pampa) y los resultados del monitoreo térmico que se inició el 20 de abril de 2008.

LOCALIZACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La localidad de Toay pertenece a la zona bioambiental VI_a (Templado frío) según la Norma IRAM 11.603. Está a 36°57' y 66°27' de latitud sur y longitud, respectivamente (altura sobre el nivel del mar: 189m). La Tabla 1 muestra algunos datos climáticos. El terreno, a medio rumbo, de 2500m² se ubica en una zona muy abierta en la periferia de la ciudad.

¹ Proyecto y dirección técnica

² Pre-diseño térmico – Simulación - Monitoreo

Valores anuales	Temperatura media máxima		23.4°C
	Temperatura media	°C	8.1°C
	Temperatura media mínima		15.5°C
	Humedad relativa	%	68
	Radiación solar media anual sobre superficie horizontal	MJ/m ²	16.3
Julio	Temperatura mínima media		1.5
	Temperatura media		7.6
	Temperatura máxima media	°C	13.5
	Amplitud térmica		12.0
	Temperatura mínima absoluta		-5.9
	Velocidad media del viento	Km/h	10
	Radiación solar media sobre superficie horizontal	MJ/m ²	8.1
Enero	Temperatura máxima media		31.
	Temperatura media		23.8
	Temperatura mínima media	°C	15
	Amplitud térmica		16.9
	Temperatura máxima absoluta		36.4
	Velocidad media del viento	Km/h	14
	Radiación solar media sobre superficie horizontal	MJ/m ²	24.0
	Grados-día de calefacción (Tb = 18°C)		1545
Grados-día de enfriamiento (Tbase = 23°C)		449	

Tabla 1: Variables climáticas (Latitud: 36°57'; longitud: 64°27' y altura sobre el nivel del mar: 189 m) Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

DISEÑO Y TECNOLOGIA

Breve descripción- Organización funcional

Año de proyecto: 2006

Año de construcción 1ª Etapa: 2007-2008

Superficie 1ª Etapa. 123.8 m²

Superficie Total proyectada: 248.30 m²

Costo de la 1ª Etapa: \$1523/m² (al año 2007)

Necesidades del comitente:

-Poseer un proyecto completo, que se pudiera ejecutar por etapas. La primera (habitada desde julio, y sin concluir detalles a la fecha), debía satisfacer las necesidades familiares básicas con dos dormitorios y dos baños, ya que uno de ellos es de uso exclusivo del dormitorio principal. Uno de los locales previstos para dormitorio se usaría como estar en la primer etapa.

-Se debería garantizar el confort con un menor consumo de energía convencional

-También era requisito que la construcción no excediera los costos medios para las viviendas con tecnología tradicional. Por este motivo no se ejecutó la aislación térmica del muro Oeste, que se supone pasará a formar parte del interior de la vivienda, y sobre el que se montó, de manera provisoria, un techo que sirve de cochera y que protege en parte a esta pared de la radiación solar de verano en las horas críticas posteriores al ½ día.

-Se postergaría por razones económicas, la construcción de aislaciones térmicas bajo vereda perimetral, a efectos de dar continuidad a la aislación de muros bajo nivel de piso exterior, y la ejecución del sector externo de conductos enterrados de refrescamiento.

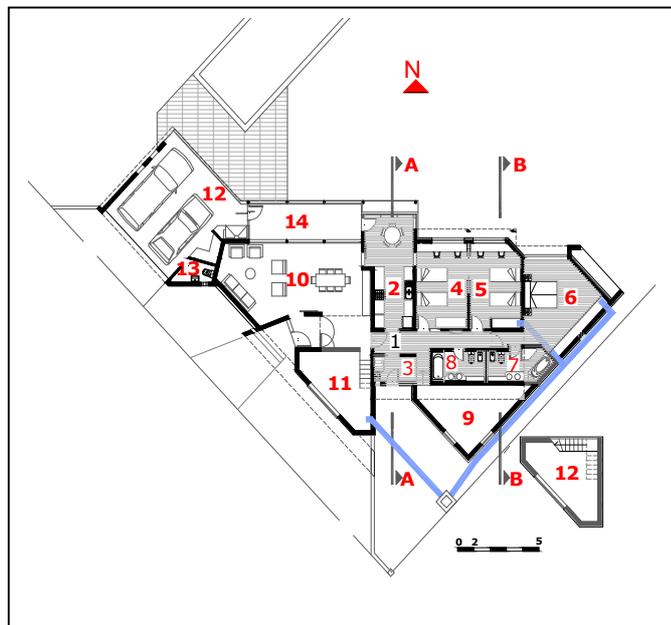


Figura 1: Planta. Referencias: Superficie rayada: construida a 2008. 1: acceso; 2:cocina-comedor;3: lavadero; 4: estar; 5- 6: dormitorios; 7-8: baños. En azul: refrescamiento natural a través de intercambiadores de calor aire-tierra.

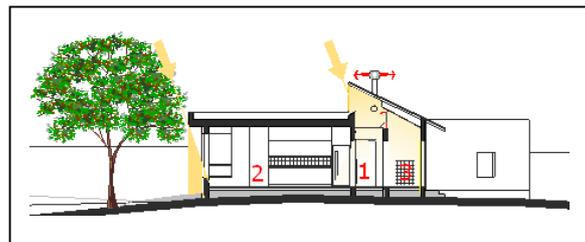
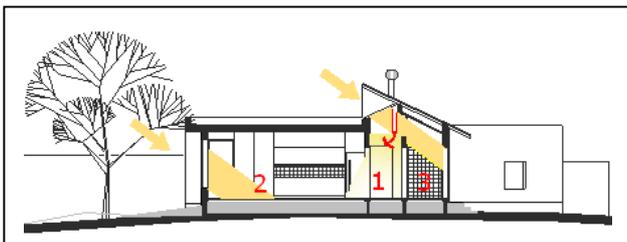


Figura 2 : Sección transversal(A-A) en el invierno y en el verano

Según estos lineamientos, las áreas funcionales se organizan según se detalla en la Figura 1. En la primer etapa, el ‘Estar’ funciona en el dormitorio Oeste del proyecto completo. Con el fin de minimizar la estratificación térmica Norte-Sur se incorpora una ventana alta al Norte, sobre el pasillo. Ventanas que se abren en la fachada Norte-Sur permitirían la ventilación cruzada. En la planta se observan los intercambiadores de calor aire- tierra (conductos enterrados) para favorecer el refrescamiento pasivo. El corte muestra un aspirador eólico y un soplante en el ático (para disipar y aprovechar el calor en el verano y en el invierno, respectivamente) (Figura 2).

Tecnología

Se plantea una envolvente vertical tri-capa con masa interior, aislación térmica y protección mecánica de la misma. La pared interior es de ladrillo macizo (espesor = 0.18m), la aislación térmica de poliestireno expandido de 0.05m de espesor. Como protección mecánica externa de la aislación se usó el revestimiento Base Coat de Iggam ($R_{\text{pared}} = 1.60 \text{ m}^2\text{C/W}$) (Figura 3). La cubierta plana está compuesta por: a- estructura resistente (losa prefabricada) b- aislación térmica de poliestireno expandido de 5 cm de espesor c- hormigón alivianado con pendiente para el escurrimiento del agua d- carpeta e-membrana hidrófuga ($R_{\text{techo}} = 3.65 \text{ m}^2\text{C/W}$). El sector Sur de la vivienda tiene una cubierta de chapa sobre estructura de correas de acero galvanizado con una aislación térmica de lana de vidrio de 10cm de espesor. Como resultado de la pared de ladrillo macizo en el interior de la envolvente vertical y el uso también de paredes interiores macizas, el edificio es de alta inercia (400 kg/m^2 , Goulding et al., 1994). La carpintería es de PVC con ruptura de puente térmico. Las áreas transparentes son de DVH (doble vidriado hermético), y la ventana alta, sobre el pasillo, es de lámina de policarbonato alveolar de 4mm; ambas, determinan un área de ganancia solar directa del 17.5% respecto al área útil. Según esta organización funcional y la tecnología adoptada la Tabla 2 muestra algunos indicadores dimensionales y energéticos del proyecto. El valor de G (Coeficiente Volumétrico de Pérdidas) satisface los requerimientos de la Norma IRAM 11604 (2001). El valor de FAEP (relación entre envolvente y área útil) es algo superior al valor recomendado por Esteves et al. (1997) para ser considerada una forma eficiente energéticamente. El Factor de exposición (área expuesta/área envolvente) es 1 (Czajkoswski y Gomez, 1994)



Figura 3 : Terminación sobre aislación térmica en el muro sur

Perímetro (m)	Área útil (m ²) -1-	I _c (%)	Volumen (m ³)	Envolvente (m ²) -2-			FAEP (2/1)	Resistencia térmica (m ² C/W)			G (W/m ³ C)	
				Vertical		Cubierta		Pared	Cubierta			Ventana
				Opaca	Carpintería	plana			inclinada			
46	96.4	86	228	98.0	21.6	95.0	2.2	1.60	3.65	2.81	2.3	1.43

Tabla 2: Indicadores dimensionales y térmicos-energéticos. I_c = Índice de compacidad (Mascaró, 1983); FAEP = Relación entre envolvente y área útil (Esteves et al., 1997); G = Coeficiente volumétrico de pérdidas

Comportamiento térmico

La figura 4 muestra la simulación del comportamiento térmico invernal a través del modelo SIMEDIF bajo Windows (Flores Larsen y Lesino, 2001). La evaluación se realiza para un período frío comprendido entre el 21 de julio y el 3 de agosto de 2006 con temperaturas por debajo de 0°C y máximas que no superan los 10°C. El 21 y 22 de julio son días con cielo claro a los que siguen tres días con una irradiancia máxima de 300 W/m² (temperatura máxima = 7.5°C; temperatura mínima 5.6°C), y nuevamente una serie de días con cielo claro (irradiancia máxima de 600 W/m²) con una temperatura máxima diaria que oscila entre 7.8 y 11°C, y una mínima que alcanza un valor de -1.5°C. Bajo estas condiciones (sin ganancias internas y sin calor auxiliar) la temperatura interior llegaría a los 15°C y no bajaría de los 10°C. Al tratarse de una vivienda másica la amplitud térmica interior es de 5°C (amplitud térmica exterior = 12°C).

En un período periódico permanente de invierno (vivienda sin ganancias internas), para una temperatura media exterior de 7.6°C (media mínima = 1.5°C; media máxima = 13.5°C) y una irradiancia de 8.1 MJ/m² sobre superficie horizontal, el consumo diario de gas para calefaccionar sería de acuerdo a la Carga Térmica Unitaria, de 11.5, 13.0 y 19m³ para una temperatura interior de 18, 20 y 22°C, respectivamente.

En la misma región en estudio, una vivienda de construcción convencional ubicada en una zona peri-urbana de baja densidad de edificación (Factor de exposición = 1) consume 0.21m³/m²/día para mantener una temperatura media interior de 18°C (temperatura media exterior = 7.9°C). (Filippin, 2005). La vivienda bioclimática en estudio (Factor de exposición = 1) consumiría 0.09 m³/m²/día para mantener una temperatura interior promedio de 18°C (temperatura exterior = 7.6°C). En este maraco, el valor simulado de carga de calefacción fue considerado auspicioso..

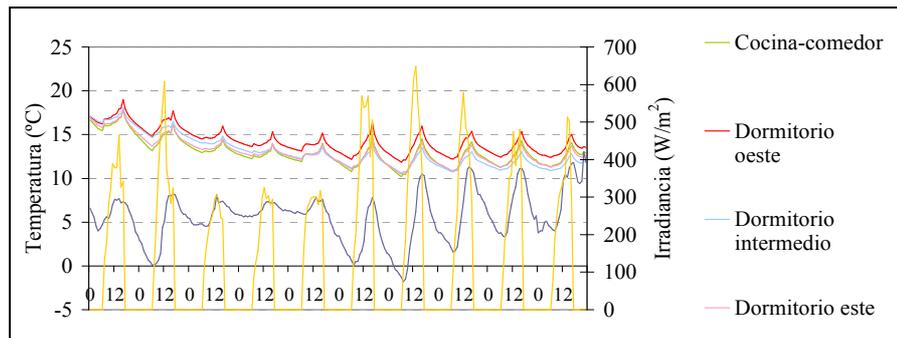


Figura 4: Simulación térmica de invierno.

Para el verano (con un adecuado sombreado de las áreas transparentes), la carga diaria de refrigeración sería de 18.5, 50.4 y 77.5 kWh para una temperatura interior de 24, 22 y 20°C, respectivamente (condiciones externas de simulación = 23, 15 y 31.9°C, de temperatura media, mínima y máxima, respectivamente; irradiancia sobre superficie horizontal = 24.0 MJ/m²). Los resultados de la simulación se consideraron adecuados en la etapa de pre-diseño. La Figura 5 muestra imágenes de la vivienda terminada.



Figura 5: Vista exterior e interiores

EVALUACION ECONOMICA

Si se compara el costo real de la vivienda en estudio (al 2007) con una vivienda de construcción tradicional en la región y de calidad similar, el sobre-costo por solarización y conservación fue del 6.4%, definido por el aumento de la superficie vidriada y la calidad de la carpintería con un parcial de 3.9% y las aislaciones de la cubierta con un parcial de 2.5%.

RESULTADOS DEL MONITOREO

El monitoreo térmico se inició el 20 de abril de 2008 con sensores tipo HOBO ubicados en cada área funcional. La temperatura y humedad relativa exterior se midió en el mismo lugar de la vivienda con un sensor HOBO 8. La radiación solar y la velocidad del viento corresponden a los valores obtenidos de una estación meteorológica HOBO ubicada en la planta urbana de la ciudad.

Condiciones Internas de Monitoreo:

a- DESOCUPADA

Desde el 20 de abril hasta el 22 de mayo la vivienda permaneció desocupada (sin ganancias internas y sin calor auxiliar) (Figura 6). Prevalcieron los días con cielo claro (irradiación máxima sobre superficie horizontal entre 400 y 500 W/m²). Si se divide la vivienda en tres zonas (Norte, Pasillo y Sur) se observa que entre el sector solarizado con ventanas bajas (Norte) y el sector con ventanas altas (Sur) la diferencia entre los valores medios de temperatura fue de 1.2°C. La temperatura media en el ático (espacio entre ventana alta sobre pasillo y cielorraso de vidrio) fue de 23.3°C. Los valores de temperatura máximos alcanzados se registraron en los primeros días del monitoreo (irradiación cercana a los 600 W/m² sobre superficie horizontal y una temperatura exterior máxima cercana a los 38°C). La temperatura media interior (excepto ático) fue de 21°C (temperatura media exterior = 15.9°C). Ver Tabla 3.

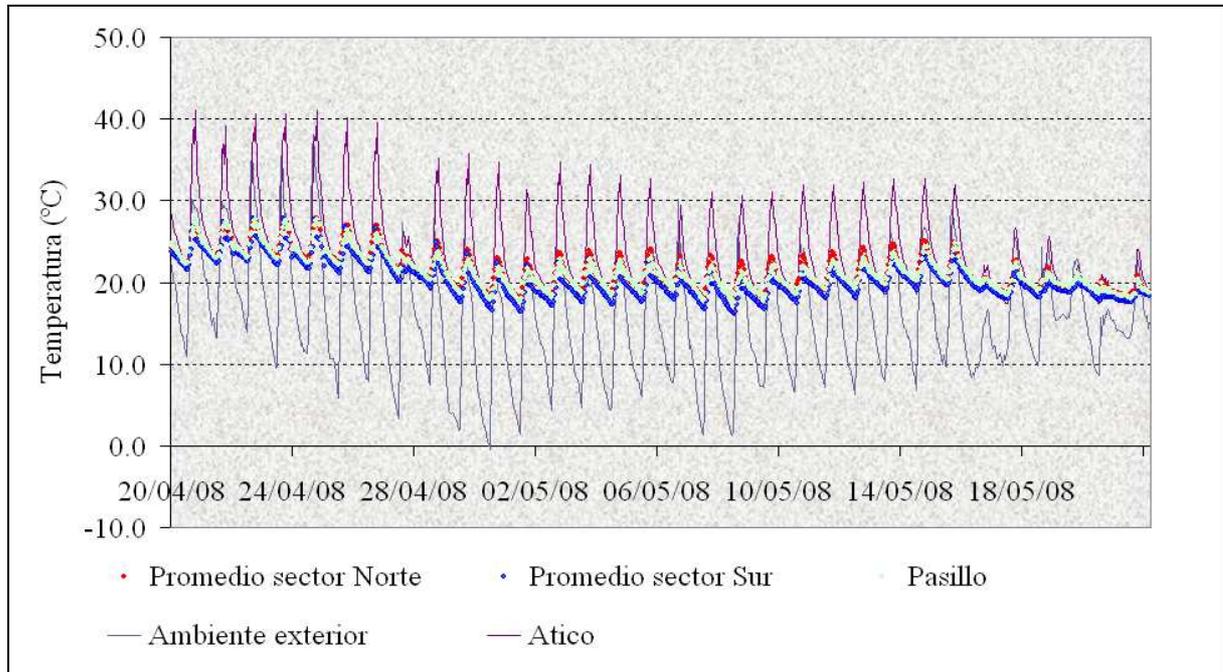


Figura 6: Evolución de la temperatura en las distintas áreas funcionales de la vivienda sin usuarios

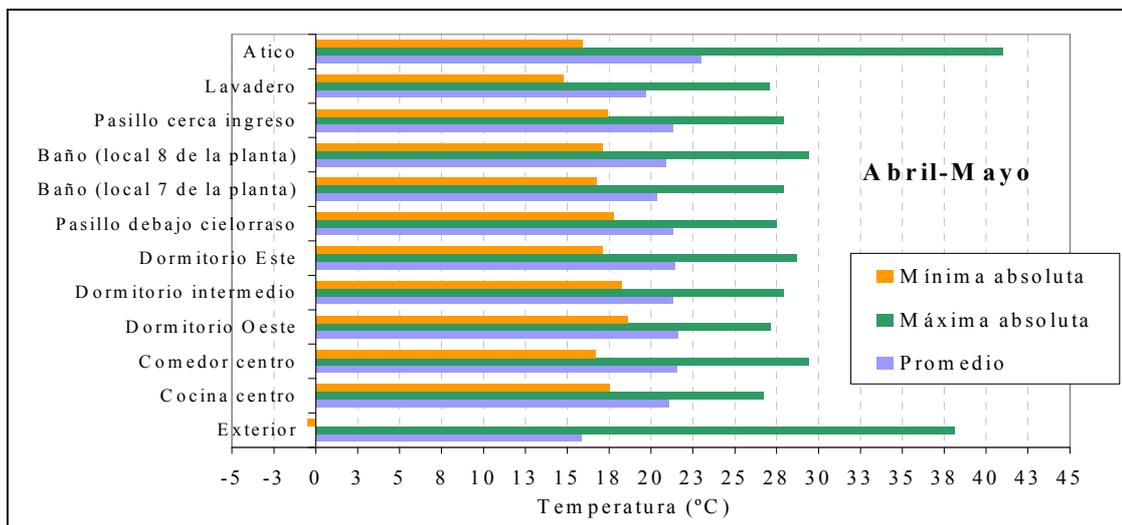


Figura 7 : Valores medios y máximos y mínimos absolutos por local.

Temperatura (°C)	Exterior	Sectores evaluados			
		Norte	Pasillo	Sur	Atico
Promedio	15.9	21.5	21.3	20.3	23.3
Máxima absoluta	38.1	27.9	27.7	27.9	41.0
Mínima absoluta	-0.5	17.7	17.6	16.2	16.0

Tabla 3 : Zonificación térmica entre el 20 de abril y el 22 de mayo de 2008.

En la Figura 7 se observa el valor de la temperatura promedio, la máxima y mínima absoluta de cada área funcional para el período analizado sin usuarios. Por ejemplo, para los tres dormitorios (dormitorio Oeste actualmente estar) la temperatura promedio fue semejante, pero se observa que el que se ubica en el Este, se calienta más (mayor área de ganancia directa en relación a la superficie útil), pero también muestra la menor temperatura mínima absoluta (mayor superficie de envolvente en contacto con el exterior). La temperatura promedio interior (21.0°C) estuvo 5.1°C por encima de la exterior (15.9°C). El lavadero (con máxima exposición de su envolvente con el exterior) alcanzó una temperatura promedio de 19.5°C, la temperatura mínima fue de 14.8°C. La temperatura máxima del comedor estuvo 2.7°C por encima de la de la cocina (sensor hacia el fondo del local).

De toda la serie se estudia el período comprendido entre el 20 y el 26 de abril (secuencia de días con cielo claro e irradiancia sobre superficie horizontal máxima de 500 W/m² y tres días con una temperatura máxima de alrededor de 38°C. A estos días, con condiciones externas rigurosas, siguió un descenso de la temperatura (temperatura máxima 27°C), situación que permaneció durante el resto del mes y mayo. La temperatura del ático alcanzó los valores máximos, muy acoplada a la radiación solar. La temperatura máxima en el dormitorio Este, con más ganancia solar, está 2 °C por encima de la del dormitorio Oeste. Durante la madrugada la temperatura mínima del dormitorio Este, con mayor área de envolvente en contacto con el exterior, estuvo 2°C por debajo de la temperatura mínima del dormitorio Oeste. El comportamiento térmico del baño (con ventana alta hacia el Norte y con su envolvente exterior hacia el Sur) respondió más a la curva de la irradiancia en su valor máximo al mediodía solar y se empezó a enfriar casi dos horas antes que el resto de la vivienda. Este período muestra la inercia del edificio. A partir del día 24 de abril comenzó el descenso de la temperatura exterior con un valor máximo de 28°C y valores mínimos entre 0 y 7°C. Bajo estas condiciones la temperatura interior descendió, pero no más allá de los 17°C. Este descenso de la temperatura exterior no afectó el comportamiento térmico interior mientras se mantuvieron los días con cielo claro. (Figura 8)

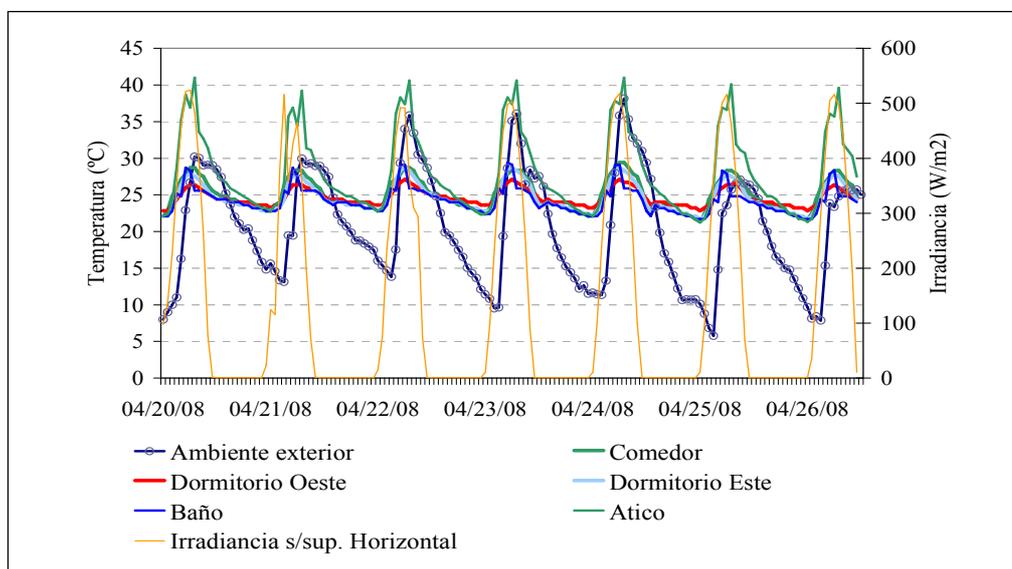


Figura 8 : Evolución de la temperatura entre el 20 y el 26 de abril

b- EN CONDICIONES REALES DE USO

En el período de monitoreo y según datos suministrados por los usuarios, la cocción de alimentos se realizó durante el atardecer. La vivienda permaneció desocupada durante la mañana y parte de la tarde, y se encendieron los calefactores: 3000 kcal/h (en dormitorio Este y conducto de ventilación por dormitorio intermedio) y 5000 kcal/h (en pasillo con conducto de ventilación por dormitorio Oeste). La Figura 9 muestra la evolución de la temperatura desde el 1 de Junio. Cada línea muestra el valor horario del promedio por área (Norte con ganancia solar directa y Sur con ganancia solar indirecta a través del ático sobre el pasillo). El área Norte mostró una temperatura promedio de 1.8°C por encima del sector Sur, área que además alcanzó el menor valor de temperatura (4.9°C por debajo que el área Norte). La temperatura promedio de la vivienda fue de 22.4°C (temperatura promedio exterior = 9.8°C). (Tabla 4). En la Figura 10 se observa la temperatura promedio, máxima y mínima de cada área funcional. De los tres dormitorios, el Este (con calefactor) si bien tiene la temperatura promedio más baja alcanzó la máxima absoluta más alta (casi 29°C) y también la temperatura mínima más alta (16°C). Según los datos que suministró el usuario el calefactor se encendió al máximo durante la noche. La temperatura promedio en el área de comer y cocción de alimentos se acercan, pero el valor máximo de temperatura alcanzado es superior donde está la cocina.

Temperatura (°C)	Exterior	Sectores evaluados			
		Norte	Pasillo	Sur	Atico
Promedio	9.8	22.5	23.9	20.7	22.0
Máxima absoluta	26.7	26.3	27.5	27.3	35.2
Mínima absoluta	-2.9	18.8	20.5	13.9	15.6

Tabla 4 : Zonificación térmica entre el 1 de junio y el 13 de julio de 2008.

De todo el período se toman 10 días (nublados) en los cuáles la temperatura exterior se mantuvo por debajo de los 15°C, con mínimas que llegaron a los 0°C (Figura 11). El análisis del comportamiento térmico se realiza teniendo en cuenta toda la información registrada por el usuario en cuanto al encendido de los calefactores. La evolución de la temperatura en el dormitorio Oeste (línea verde de la Figura) muestra que el calefactor de 5000 kcal que se ubica en el pasillo permaneció al máximo durante la tarde del 19 y 20 y durante la noche del día 21 y 23 (conducto de ventilación pasa por el dormitorio). Durante los días 26 y 27 durante todo el día estuvo al mínimo. El calefactor que se ubica en el dormitorio Este (línea azul) se mantiene al mínimo durante la noche (sólo permaneció al máximo la noche del día 20). Ambos calefactores se mantienen en piloto durante la mañana. Bajo estas condiciones la temperatura interior fluctúa entre 20 y 25°C, excepto el lavadero que se movió entre los 15 y 20°C (sector más expuesto al exterior, pero con el aporte de calor del calefón).

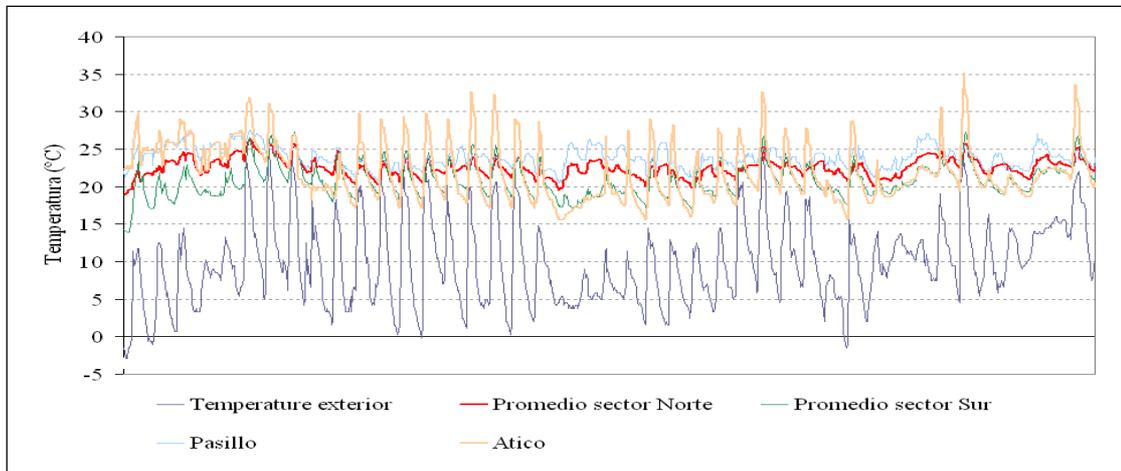


Figura 9: Evolución de la temperatura en las distintas áreas funcionales de la vivienda en condiciones reales de uso (Junio-Julio)

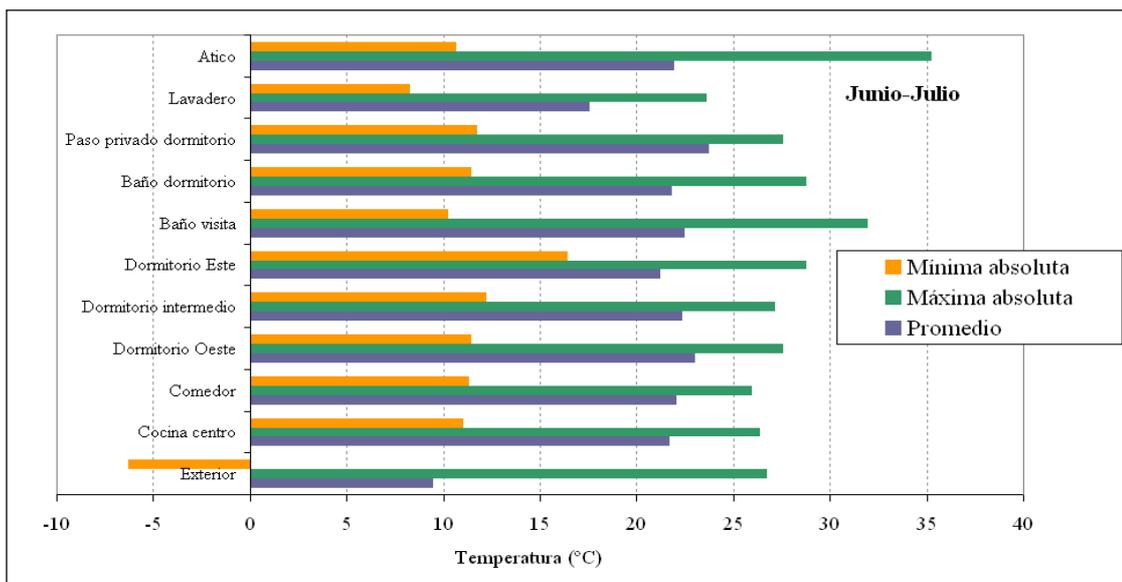


Figura 10: Valores medios y máximos y mínimos absolutos por local en condiciones reales de uso.

Para estas condiciones el consumo de gas natural para calefaccionar la vivienda durante el período de monitoreo fue de 0.07 m³/m² para $\Delta t = 12.1^\circ\text{C}$ (temperatura promedio interior = 21.9°C; temperatura promedio exterior = 9.8°C). Durante el pre-diseño la simulación térmica indicaba una carga de calefacción (sin ganancias internas) de 0.15 m³/m² para un $\Delta t = 14.4^\circ\text{C}$ (temperatura interior de 22°C; temperatura media exterior = 7.6°C). Si se compara el caso en estudio, con otras viviendas monitoreadas en la misma región, se observa que una vivienda bioclimática evaluada en 2003, consumió 0.05 m³/m² para un Δt similar; en el mismo año una vivienda convencional consumió, 0.21 m³/m². Los resultados del ahorro de energía en calefacción para construcciones bioclimáticas son auspiciosos.

De acuerdo a la temperatura y humedad relativa media, 22°C y 37%, respectivamente, del período en estudio (en condiciones reales de uso), se calcula el PMV (Valor medio predicho) y el PPD (Porcentaje de personas en disconfort) (ISO 7730). Los usuarios usaron en el período arropamiento ligero (0.5 clo). Para estas condiciones el PPD obtenido satisface la Norma. Si el usuario aumentara su arropamiento a 0.8 (arropamiento medio) la temperatura media podría alcanzar los 19°C sin variar el PPD y satisfacer igualmente la normativa. Un cambio de hábito en el arropamiento significaría disminuir la temperatura media en 3°C con un aumento del ahorro de energía.

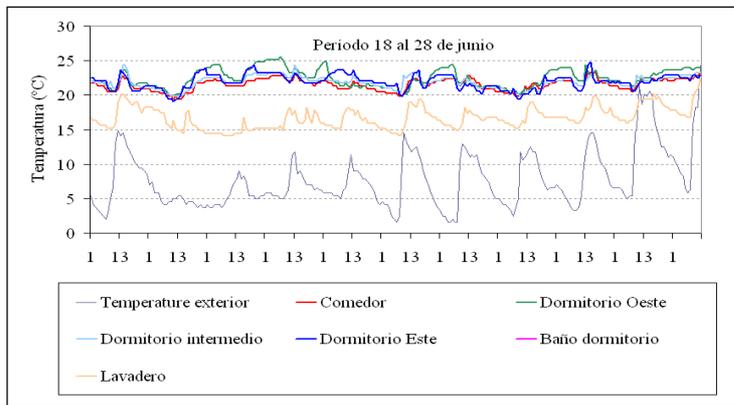


Figura 11: Evolución de la temperatura bajo condiciones de cielo cubierto

W/m²) no mostró sobrecalentamiento. El consumo diario de gas natural para mantener la condición de confort (temperatura promedio interior = 22.4°C; temperatura promedio exterior = 9.8°C) fue de 0.07m³/m²/día, valor inferior al que registra una vivienda convencional (0.21m³/m²/día, temperatura promedio interior = 18°C; temperatura promedio exterior = 8.3°C) y similar al valor obtenido en una casa bioclimática en la misma región (temperatura media interior = 20 °C; temperatura media exterior = 8.3°C). Es necesario destacar que el ahorro de energía en calefacción podría aumentar simplemente con un mayor arropamiento de los usuarios. Los resultados del monitoreo de invierno fueron satisfactorios y acordes con las expectativas del usuario. En próximos trabajos se evaluarán las condiciones térmicas de primavera y verano para poder hacer un análisis completo de la performance energética de la vivienda en condiciones reales de uso

REFERENCIAS

- Allard, F. (2002). Natural ventilation in buidings. A design handbook. James & James, UK
- Czajkoswski J., Gómez, A. Corredera, C. Diario Clarín, marzo 2007
- Czajkoswski J. y Gómez, A. (1994). Introducción al diseño bioclimático y la economía energética edilicia. Editorial de la UNLP, Argentina.
- Esteves A., Gelardi D., Oliva A. (1997). "The Shape in the Bioclimatic Architecture: The FAEP Factor"- Proceedings of II Conf. Teachers in Architecture, Florencia, Italia, cap. 3.12.
- Evans, M. (2005). Energía en el hábitat construido: panorama en Argentina. Los edificios bioclimáticos en los países de Ibero América. Programa CYTED 2005. 97-112.
- Flores Larsen S. y Lesino G. (2001). Modelo térmico del programa SIMEDIF de simulación de edificios. Energías Renovables y Medio Ambiente 9, PP.15-24.
- Filippin, C. and Beascochea, A. (2007), Performance assessment of low-energy buildings in central Argentina. Energy & Buildings 39, 546-557.
- Goulding, J., Owen Lewis, J. and Steemers, T. (1994). Energy in Architecture. The European Passive Solar Handbook . P. 301.
- Guadagni, A. (2008). La amenaza del cambio climático global. Diario LA NACION
- ISO 7730 (1994). International Standard. Moderate thermal environments – Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort.
- Mascaró, L. (1983). Variación de los costos de los edificios con las decisiones arquitectónicas pp. 137. Universidad Nacional de La Plata. Argentina
- Norma IRAM 11604 (2001). Aislamiento térmico de edificios. Verificación de sus condiciones higr- térmicas. Ahorro de energía en calefacción. Coeficiente global de pérdidas. Cálculo y valores límites.
- Santamouris, M. (2005). Energy performance of residencial buidngs. A practical guide for energy rating and efficiency. James&James/Earthscan, UK.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a los doctores Gallo y Sbrocco la excelente predisposición y su colaboración para alcanzar los resultados esperados.

BIOCLIMATIC SUB-URBAN BUILDING IN A MODERATE COLD CLIMATE

ABSTRACT: The design and the technology of a bioclimatic building located in the province of La Pampa are described in the present work. The general guidelines were: heating and natural cooling, daylighting and visual comfort. 72% of the useful area (50.2m²) receives direct solar gains from the north (14.5% of the useful area). The envelope thermal resistance is = 1.60 and 3.65 m²C/W for walls and roof respectively. The objective is to evaluate the thermal performance through the thermal monitoring. Monitoring results show a good thermal behaviour of the building between April 19 and May 24 (unoccupied). Under these conditions the mean indoor temperature was 21° C (mean outdoor temperature =15.9°C, maximum irradiance between 400 and 500 W/m²). Results for winter were satisfactory; comfort conditions were kept with a daily natural gas consumption of about 0.09m³/m²/day, (57% saving as compared with traditional buildings). The additional solarisation-conservation cost in 2007 was 6.4%.

Key words: Bioclimat design – Direct solar gain – Conservation

CONCLUSIONES

Los resultados de la simulación térmica de la vivienda fueron razonables, también el calor auxiliar estimado para las temperaturas medias que mostraron un ahorro superior al 50% respecto a una convencional. El extra - costo por solarización y conservación de la energía (definido exclusivamente por la carpintería y el vidrio doble y la aislación térmica en la cubierta) fue del 6.4%. El comportamiento térmico durante el otoño (muy peligroso en la región en estudio por la alternancia de períodos con elevada temperatura e irradiancia sobre superficie horizontal cercana a los 500