

Evaluación del comportamiento térmico de vivienda social mediante termografía. Condición de verano.

Jorge Daniel Czajkowski

Doctor en Ingeniería; Profesor en Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata; Investigador del CONICET; Director del Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable - UNLP / CIC.

czajko@ing.unlp.edu.ar jdczajko@gmail.com

David Basualdo

Doctorando en Arquitectura; Becario doctoral CONICET; Docente en Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata; Integrante en Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable - UNLP / CIC.

davidbasualdo1@gmail.com

Augusto Coronel

Maestrando en Arquitectura y Hábitat Sustentable; Integrante en Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable - UNLP / CIC.

coro.arg@hotmail.com

Analía F. Gómez

Profesora en Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Nacional de La Plata; Investigadora del CONICET; Integrante Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable - UNLP / CIC.

anygomez@gmail.com

Línea temática: Tecnologias e sustentabilidade na produção da cidade sul-americana contemporânea

Introducción

El LAyHS ha trabajado en la certificación térmica y energética de edificios en la última década con edificios construidos con materiales homologados y contemplados en tablas de Normas Nacionales. Una encomienda por convenio con una Cámara empresarial, donde se utilizan nuevos materiales y tecnología constructiva, llevó a innovar en los procedimientos de monitoreo y evaluación térmica.

Se presentan resultados de la campaña de verano donde se combina el modo usual de evaluación térmica con termografía infrarroja a fin de generar información que permita conocer el comportamiento de nuevos materiales de construcción.

Es aplicado a un prototipo de vivienda social donde una cámara empresaria busca confrontar con su competencia de tecnología liviana y a su vez cumplir con legislación de la Provincia de Buenos Aires sobre eficiencia energética de edificios.

Metodología:

El protocolo supone un monitoreo del comportamiento higrotérmico en verano e invierno. Mediante termografía infrarroja se busca verificar posibles puentes térmicos en la envolvente en una semana predominantemente cálida y de varios días claros. Junto a esto un monitoreo para verificar el nivel de confort alcanzado por la vivienda desocupada y cerrada junto a un período con ventilación cruzada. La segunda parte del trabajo se realizará en invierno a fin de comprobar el comportamiento en días sin climatización artificial y otros con climatización. Se realizarán monitoreos higrotérmicos y termográficos.

Luego se evaluará la transmitancia térmica y se determinará el cumplimiento de las Normas IRAM 11604, 11605, 11625 y 11630. Se determinará la demanda anual potencia de energía para mantenerse en confort.

El LAyHS posee una amplia gama de instrumentales de medición para diversos parámetros físicos y energéticos que permiten evaluar y diagnosticar el comportamiento energético de un edificio. En este caso para el período de verano se utilizaron los siguientes:

- a. Estación meteorológica Davis modelo Vantage Pro2 localizada en la localidad de Gonnet (Villa Castells). Se verificaron los datos con la Estación meteorológica de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP, localizada en “El Bosque” de similar característica a la del LAyHS.
- b. Estación meteorológica portátil HOBO de dos parámetros en la vivienda.
- c. 4 Microadquisidores de datos HOBO para interiores.
- d. 1 Cámara termográfica marca Testo, Modelo 875.
- e. 1 Cámara termográfica Flir One Pro.

Los adquisidores de datos y la estación meteorológica portátil se mantuvieron en el sitio durante un periodo de 10 días. Se produjo una semana muy cálida seguida de unos días frescos. Período de medición: 19/2/2019 hasta 28/2/2019. La termografía se realizó en un día con temperaturas cercanas a la temperatura de diseño para La Plata de 35°C. El monitoreo fue de recorrido una sola tarde.

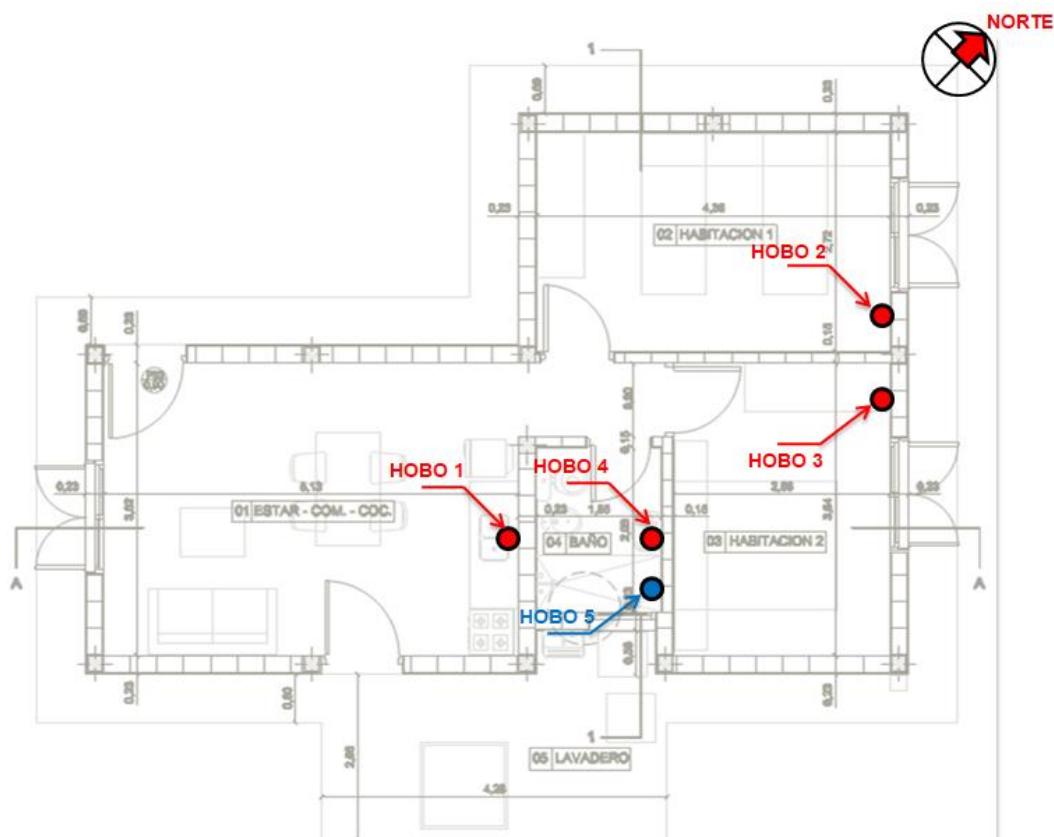


Figura 1: Ubicación en planta de los Data Loggers en la vivienda. Fuente: Propia.

HOBO	Ubicación		Monitoreo					
	Nº	Ambiente	Altura (m)	Inicio		Fin		Intervalo de Registro
1	01	ESTAR-COM.-COCINA	1,70	19/02/2019	01:00Hs	28/02/2019	15:00HS	30 minutos
2	02	HABITACIÓN 1	1,10	19/02/2019	01:00HS	28/02/2019	15:00HS	
3	03	HABITACIÓN 2	1,10	19/02/2019	01:00HS	28/02/2019	15:00HS	
4	04	BAÑO	1,70	19/02/2019	01:00HS	28/02/2019	15:00HS	
5	00	EXTERIOR	4,50	19/02/2019	01:00HS	28/02/2019	15:00HS	

Tabla 1: Condiciones del monitoreo higrotérmico. Fuente: Propia.

Nº	AMBIENTE	TIEMPO MONITOREADO	PORCENTAJE DE TIEMPO EN CONFORT (18,5 a 27°C y 20 a 80%HR)
00	EXTERIOR	10 días - 253Hs	30%
01	ESTAR-COMEDOR-COCINA		54%
02	HABITACIÓN 1		55%
03	HABITACIÓN 2		57%
04	BAÑO		49%

Tabla 3: Porcentaje del tiempo monitoreado en confort higrotérmico. Fuente: Propia.

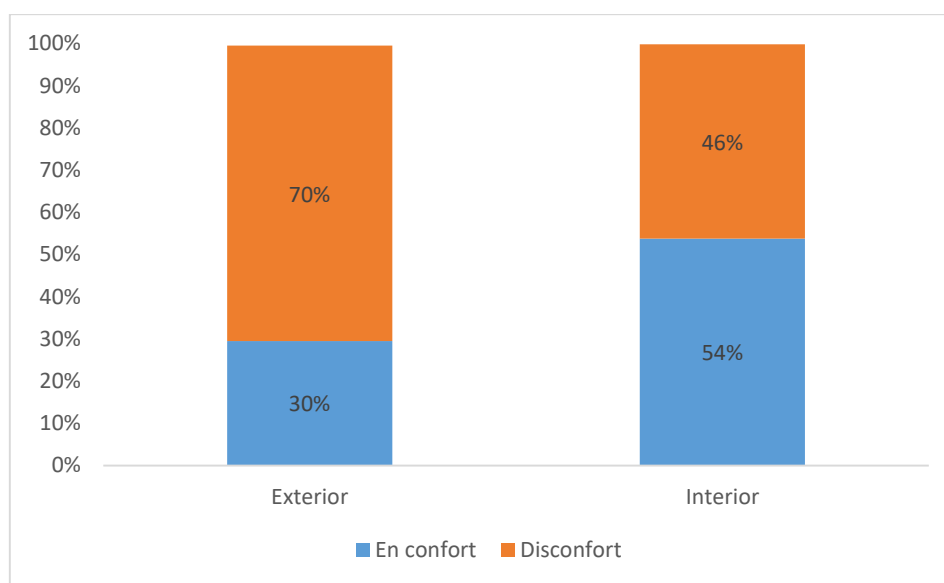


Figura 2: Porcentaje del tiempo monitoreado en confort higrotérmico. Fuente: Propia.

La figura 2 expresa que durante el período de medición mientras el aire exterior se mantuvo en condiciones de confort durante el 30% de las horas en el interior dicho confort aumento al 54% de las horas del período. Expresa que la vivienda posee potencialmente la capacidad de mejorar el comportamiento térmico en verano.

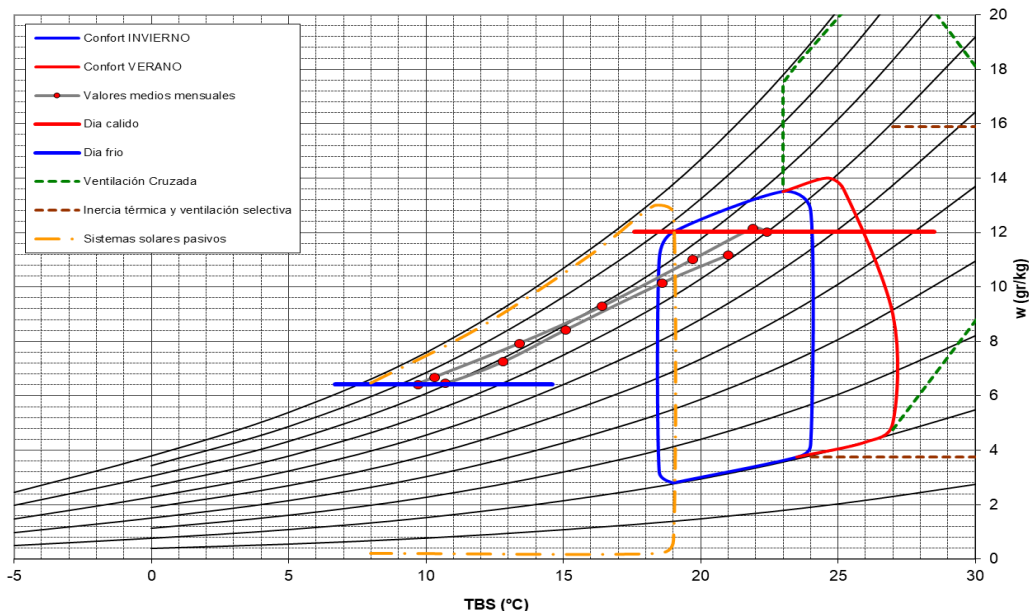


Figura 3: Ciclo anual y días típicos mensuales para la ciudad de La Plata, mediante PsiConf 1.0

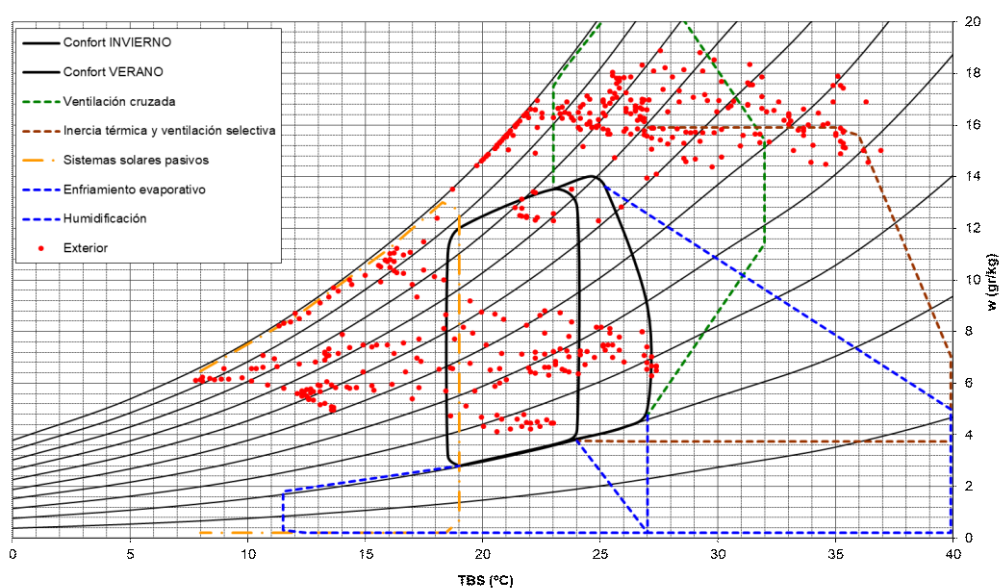


Figura 4: Diagrama psicrométrico exterior, mediante PsiConf 1.0 Fuente: Propia.

La figura 3 muestra sobre un diagrama psicrométrico el comportamiento higrotérmico anual de la ciudad de La Plata. En azul la zona de confort de invierno y en rojo la zona ampliada de confort de verano. Esto para temperaturas y HR medias mensuales mediante programa “PsiConf 1.0”. La Figura 4 muestra el comportamiento higrotérmico del exterior durante los 10 días de medición. Puede notarse en la zona verde que los días con temperaturas y humedad

altas pueden moderarse con ventilación cruzada, otros con una mezcla de ventilación cruzada e inercia térmica pero hay horas en la que se excede las posibilidades del diseño pasivo (superior derecha, cada punto es 30 minutos). También se ve que una parte del tiempo hay confort (puntos centro) pero también se está por debajo del confort en zona de calefacción pasiva (puntos izquierda).

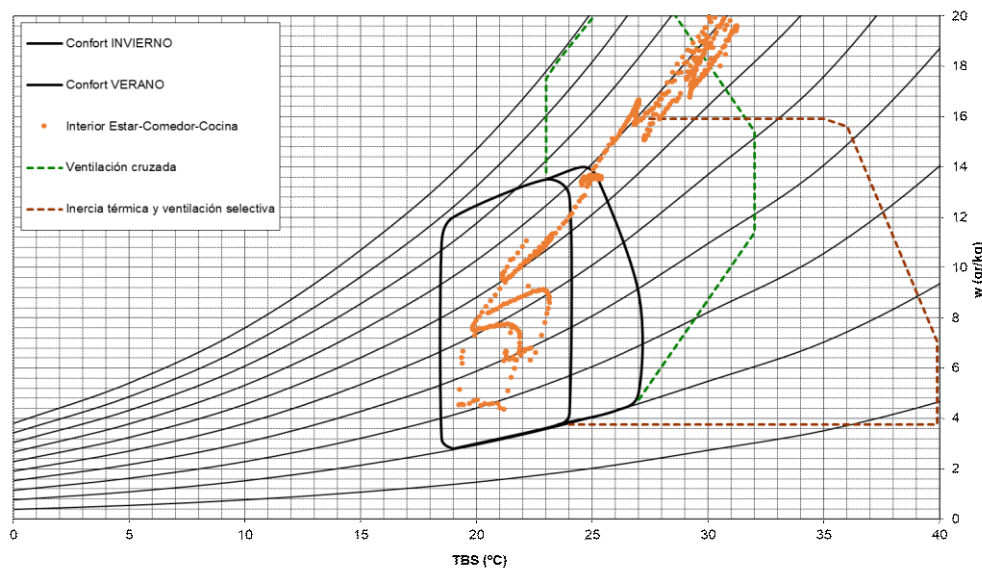


Figura 5: Diagrama psicrométrico estar-comedor-cocina, mediante PsiConf 1.0 Fuente: Propia.

Las figuras 5 y 6 muestran el comportamiento higrotérmico del estar-comedor-cocina donde hay una gran variación de temperaturas en el interior entre 19 y 31°C (12°C de amplitud térmica) y humedad relativa que varía entre 30 a 70%. Cabe aclarar que los postigos se mantuvieron cerrados con lo cual el aporte de calor solo es por transmisión del calor y en la zona superior derecha se ven muchas horas fuera de confort con ventilación cruzada. Lamentablemente no se ventilaron los días más cálidos y si los más frescos y solo de día. No pudo consensuarse una política de ventilación pasiva de tipo selectiva o nocturna debido a razones de seguridad. Con lo cual no puede concluirse el funcionamiento térmico de la vivienda en verano simulando ocupación. En la Figura 6 vemos 4 días cálidos siendo el primero con una máxima de 35.4°C y el segundo con 37°C para luego descender progresivamente hasta

el octavo día y reiniciar el ciclo. En el mismo gráfico se ven las variaciones de la temperatura interior.

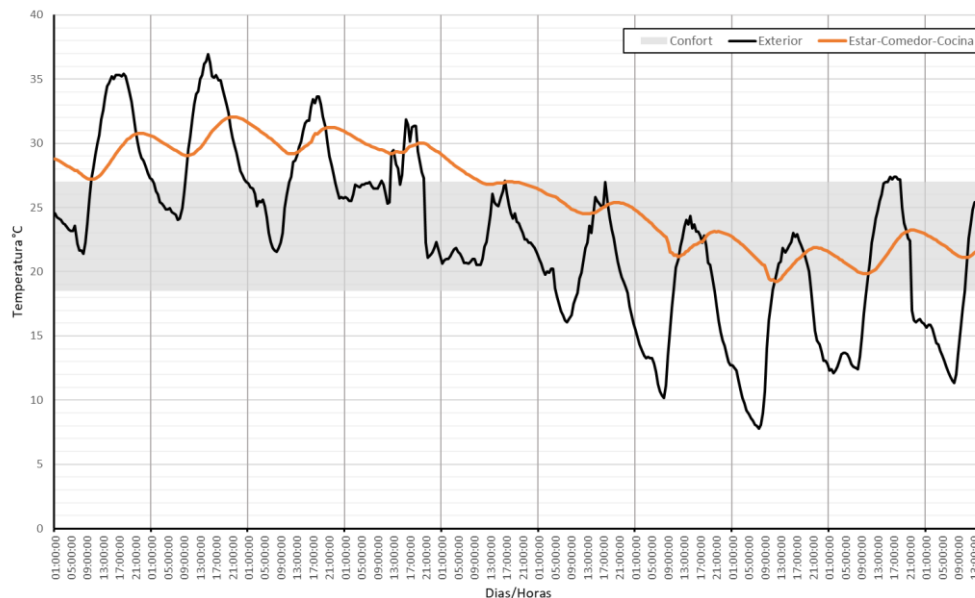


Figura 6: Temperaturas exterior y estar-comedor-cocina Fuente: Propia.

Dado que no hubo ventilación natural la variación es expresión de la inercia térmica combinado con la transmitancia térmica moderada de muros y baja del techo.

Se acordó con el comitente la posibilidad de ventilar durante el día para ver la respuesta bioclimática de la vivienda con la estrategia de ventilación cruzada y sombreado. Lamentablemente esto no se pudo realizar los días calientes y si los frescos con lo cual el estudio no es concluyente. La Figura 7 muestra el comportamiento de los 4 ambientes durante tres días muy cálidos donde las temperaturas en el interior varían entre 28 a 33°C el día más cálido. Con una amplitud térmica de 5°C y una media interior de 30.5°C que es la que se verificó con la termografía en casi todos los muros. Algo menos en pisos y algo más en cielorraso. Las temperaturas interiores variaron en la media del exterior.

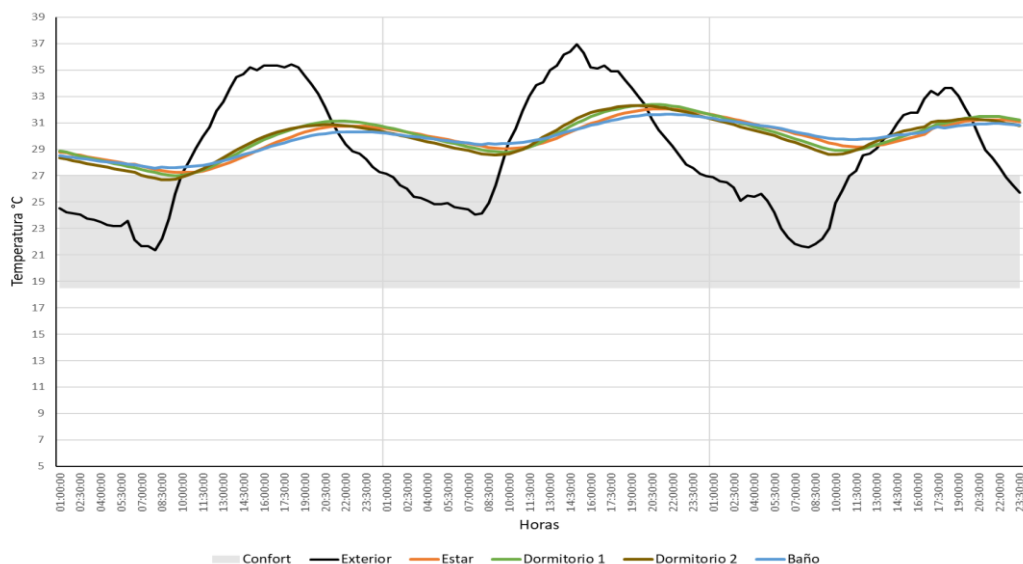


Figura 7: Ambientes sin ventilados. Fuente: Propia.

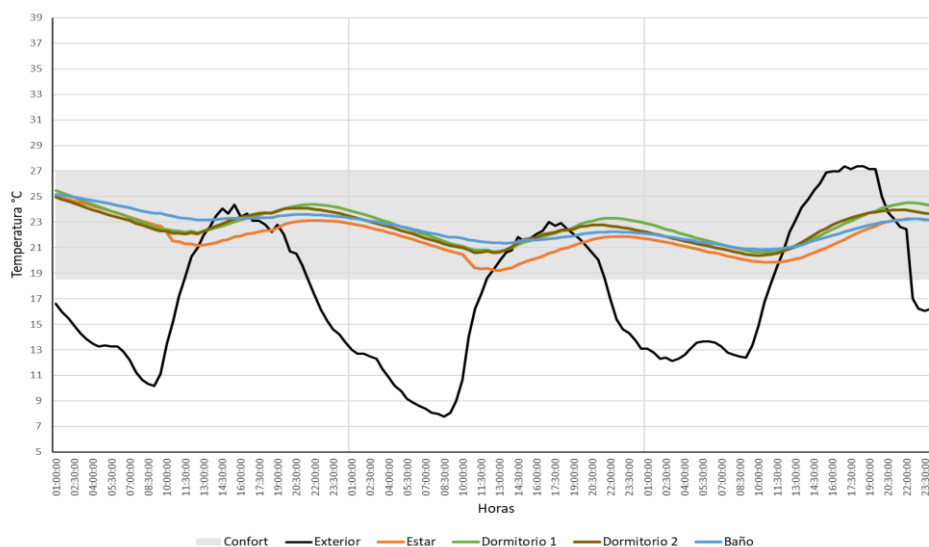
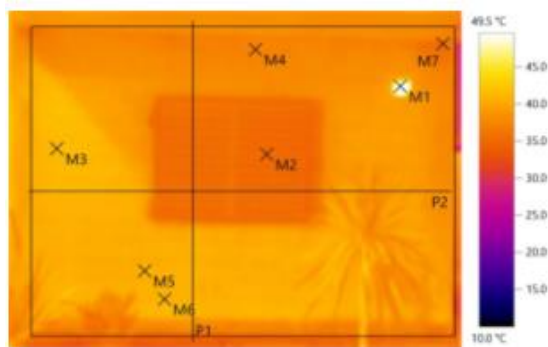


Figura 8: Ambientes ventilados. Fuente: Propia.

En la Figura 8 puede verse que los tres días en que se ventiló durante el día cuando las temperaturas exteriores variaron entre 8°C y 25°C el interior se mantuvo a una media de 23°C con una amplitud de poco más de dos grados. La temperatura del estar cocina es ligeramente

más bajo ya que se encuentra a sotavento con una ventana al sudoeste que claramente se ve que se abría cerca de las 10 de la mañana.

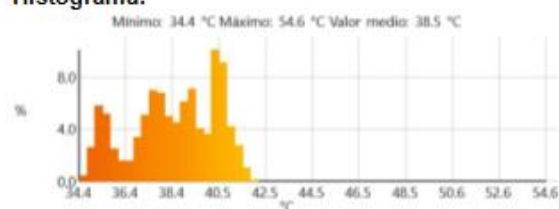


Datos de imagen:	Fecha:	31/8/2012	Grado de emisividad:	0.95
	Hora:	02:11:09	Temp. refl. [°C]:	20.0
	Archivo:	IR_01318 FACHADA SO.BMT		

Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	53.6	0.95	20.0	-
Punto de medición 2	35.4	0.95	20.0	-
Punto de medición 3	41.2	0.95	20.0	-
Punto de medición 4	37.1	0.95	20.0	-
Punto de medición 5	40.5	0.95	20.0	-
Punto de medición 6	40.6	0.95	20.0	-
Punto de medición 7	35.5	0.95	20.0	-

Histograma:



Línea de perfil:

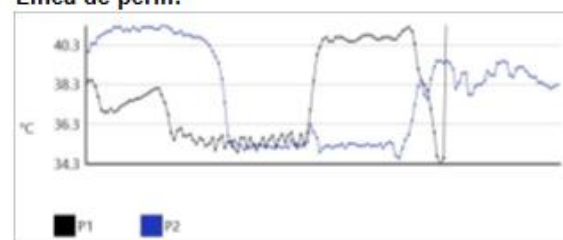
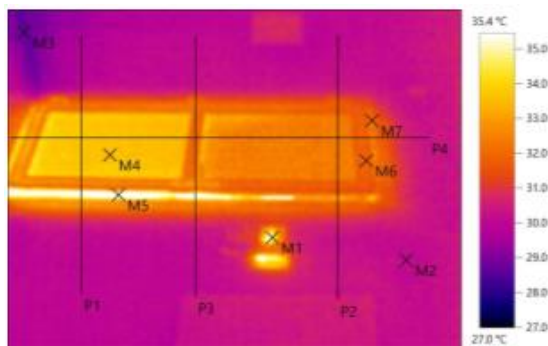


Figura 9: Termografía de fachada sudeste. Fuente: Propia.

La figura 9 muestra el comportamiento térmico de la fachada de la vivienda. En zona insolada combinada suelo-muro se alcanzan temperaturas de 41.2°C, mientras en los postigos de PVC de color claro solo de 35.4°C cercano a la temperatura ambiente exterior. Un rincón en sombra debajo del alero solo llega a 35.5°C.

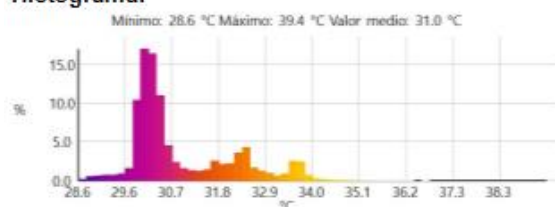


Datos de imagen:	Fecha:	31/8/2012	Grado de emisividad:	0.95
	Hora:	02:19:49	Temp. refl. [°C]:	20.0
	Archivo:	IR_01330 ANÁLISIS PUERTA ENTRADA.BMT		

Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	34.9	0.95	20.0	-
Punto de medición 2	30.3	0.95	20.0	-
Punto de medición 3	28.7	0.95	20.0	-
Punto de medición 4	33.5	0.95	20.0	-
Punto de medición 5	37.3	0.95	20.0	-
Punto de medición 6	31.9	0.95	20.0	-
Punto de medición 7	32.2	0.95	20.0	-

Histograma:



Línea de perfil:

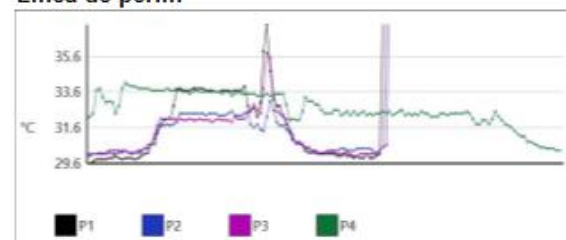
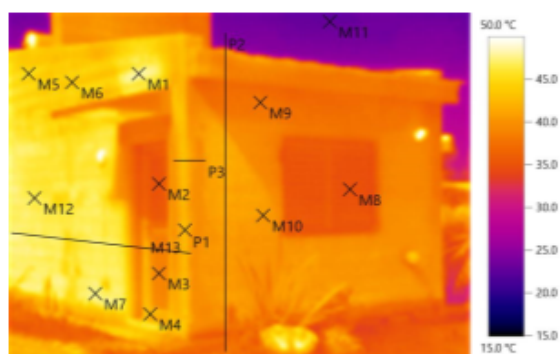


Figura 10: Termografía de puerta de entrada de PVC inyectado con PUR. Fuente: Propia.

La figura 10 muestra con claridad la cara interior de una puerta de PVC inyectada con PUR que en zona soleada por la orientación noroeste alcanza temperaturas de 33.5°C en la parte baja de la puerta. Los muros interiores se mantienen a una temperatura casi constante de 30.3°C en muros insolados en ese momento u horas antes. Hay una cierta homogeneidad entre temperaturas superficiales y temperatura ambiente interior.



Datos de imagen:	Fecha:	31/8/2012	Grado de emisividad:	0.95
	Hora:	02:11:29	Temp. refl. [°C]:	20.0
	Archivo:	IR_01319_FACHADA ARISTA OESTE.BMT		

Marcas de imagen:

Objetos de medición	Temp. [°C]	Emis.	Temp. refl. [°C]	Comentarios
Punto de medición 1	47.8	0.95	20.0	-
Punto de medición 2	35.2	0.95	20.0	-
Punto de medición 3	38.9	0.95	20.0	-
Punto de medición 4	42.6	0.95	20.0	-
Punto de medición 5	45.0	0.95	20.0	-
Punto de medición 6	43.7	0.95	20.0	-
Punto de medición 7	47.4	0.95	20.0	-
Punto de medición 8	34.8	0.95	20.0	-
Punto de medición 9	37.9	0.95	20.0	-
Punto de medición 10	40.6	0.95	20.0	-
Punto de medición 11	23.0	0.95	20.0	-
Punto de medición 12	46.5	0.95	20.0	-
Punto de medición 13	42.4	0.95	20.0	-

Figura 11: Termografía de frente sudoeste. Fuente: Propia.

En la figura 11 puede notarse las altas temperaturas superficiales que se alcanzan en el exterior de la vivienda. Con valores que varían entre 35.2°C hasta 47.8°C en zona sobre alero de puerta donde se combina sol directo junto al reflejado por el alero.

Conclusión

La termografía es una herramienta útil para evaluar el comportamiento térmico de edificios en este caso particular en el período cálido. Permite mostrar con detalle los puentes térmicos causados por el diferente uso de materiales, aún cuando hay escasas diferencias de transmitancia térmica entre ellos.

En la termografía se verifica la adopción de carpinterías de ventana de PVC y DVH para cumplir con lo indicado en la Norma IRAM 11507-4 en la Categoría K5. No hay exigencias para puertas pero los resultados obtenidos durante el verano no son concluyentes.

En cuanto a puentes térmicos en aristas y otros refuerzos estructurales los puentes térmicos son imperceptibles en verano.

En planos centrales de muros se percibe una clara diferencia entre el centro de los ladrillos cerámicos que poseen un mejor nivel de aislamiento relativo que las juntas. Resta la verificación de invierno aunque se espera un resultado satisfactorio.

En cuanto a techos por nivel de aislamiento se estaría verificando el Nivel B. Tal como se ve en las termografías el cielorraso está varios grados por encima de los muros y solo muestra un aislamiento insuficiente. Es de esperar que en la monitorización de invierno no surjan inconvenientes significativos.

Referencias

Czajkowski, Jorge Daniel. Escenarios tecnológicos tendientes a una certificación de sustentabilidad progresiva para tipos edificios en el área metropolitana de Buenos Aires. 47 al fondo. La Plata. Vol 21. 2017. Pág 72-76.

Salveti, Maria Belen y Czajkowski, Jorge Daniel. Indicators of energy efficiency in buildings. Comparison with standards in force in Argentina. Open Journal of Energy Efficiency. Irvine CA. Vol. 2 Nro 4. 2013. Pág 163-170.

Silvana Flores Larsen y Marcos Hongn. Termografía infrarroja en la edificación: aplicaciones cualitativas. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 16, 2012.

Avdelidis N.P., Moropoulou A. Emissivity considerations in building thermography. Energy and Buildings 35, pp. 663–667. 2003

Balaras C., Argiriou A. Infrared thermography for building diagnostic. Energy and Buildings 34, pp. 171-183. 2002.

Barreira E., de Freitas, V.P. Evaluation of building materials using infrared thermography. Construction and Building. Materials 21, pp. 218–224. 2007.

Defer D., Shen J., Lassue S., Duthoit B. Non-destructive testing of a building wall by studying natural thermal signals. Energy and Buildings, Volume 34, pp. 63-69. 2002.

Grinzato E., Vavilov V., Kauppinen T. Quantitative infrared thermography in buildings. Energy and Buildings 29, pp. 1-9. 1998.

Martín S., Cañas I., González I. Thermographic survey of two rural buildings in Spain, Energy and Buildings 34, pp. 515–523. 2004.

Ordenes M., Lamberts R., Güths S. Estimation of thermophysical properties using natural signal analysis with heat and moisture transfer model. Energy and Buildings 41, pp. 1360-1367. 2009.

Sanglier G. (2003). Aplicación de la termografía al estudio de pérdidas energéticas en edificios. En: Teledetección y Desarrollo Regional, X Congreso de Teledetección, pp. 329–332. 2003.