

EVALUACIÓN DEL MICROCLIMA INTERIOR DEL MUSEO CASA URIBURU

Camila Gea Salim, Marcos Hongn, Silvana Flores Larsen, Silvina González

Laboratorio de Edificios Bioclimáticos. Instituto de Investigaciones en Energía no Convencional. Facultad de Cs. Exactas. Universidad Nacional de Salta. Av. Bolivia 5150, Salta, CP 4400.

<https://leb.inenco.unsa.edu.ar> E mail inenco@unsa.edu.ar

RESUMEN: Para la rehabilitación energética de edificios históricos y su conservación se necesita de la aplicación de una metodología para la evaluación del microclima interior. En este trabajo se realizó un monitoreo de temperatura y humedad para un periodo de 15 días corridos de verano y de invierno en las salas del Museo Casa Pte. José E. Uriburu ubicado en la ciudad de Salta (Argentina). Se aplicaron índices de desempeño y de amplitud higrotérmica (índices de conservación preventiva) para determinar la calidad de aire interior del edificio. Los registros arrojan resultados esperables desde el punto de vista de la inercia higrotérmica pero con valores de humedad excesivos en la planta baja. Se identificaron locales de mayor riesgo para la conservación de los objetos expuestos y patologías constructivas en la planta baja del edificio.

Palabras clave: microclima histórico, índices de conservación, edificios históricos

INTRODUCCIÓN

Un gran número de edificios históricos son utilizados como museos, en los cuales se resguarda y expone parte del patrimonio cultural. Por tanto, los espacios interiores deben brindar condiciones ambientales adecuadas a estas funciones, que implican tanto la preservación de los elementos expuestos como un cierto nivel de confort para los usuarios del edificio. Cualquier alternativa de mejora, rehabilitación o modificación de estos edificios, tanto desde el punto de vista de la energía como de preservación arquitectónica o de conservación del acervo que albergan, se verá condicionada por restricciones de distinto tipo, puesto que las intervenciones no deben ser invasivas ni dañar el patrimonio arquitectónico y/o cultural expuesto en su interior. Por otra parte, desde el punto de vista de la rehabilitación energética, una visión holística debe asegurar la correcta conservación del patrimonio expuesto y, de ser posible, conseguir un ambiente interior confortable para sus visitantes y usuarios. Esto puede llevar a situaciones conflictivas o contradictorias, puesto que no siempre ambos objetivos son conciliables. La prioridad será siempre preservar el patrimonio. Debido a esta complejidad intrínseca, los estudios realizados sobre los edificios históricos son abordados desde múltiples disciplinas que incluyen humanidades y ciencias, tanto naturales, sociales y formales relativas al acceso al patrimonio cultural, su interpretación, conservación y administración. Todos estos estudios se enmarcan dentro del término “ciencia del patrimonio” (Bonora, *et. al.*, 2019), siendo una de sus ramas la “conservación preventiva”, que estudia la combinación de acciones dirigidas a reducir el riesgo de degradación de los objetos expuestos y a identificar condiciones ambientales óptimas para exponer al objeto de la manera más segura posible

La evaluación del ambiente interior de los edificios históricos utilizados como museos, por medio de un riguroso monitoreo higrotérmico, es fundamental tanto para su rehabilitación energética como para el abordaje de su conservación y la de los objetos que allí se albergan. Las colecciones alojadas en edificios existentes tienen una historia climática específica producto de las estrategias de control climático incorporadas a lo largo del tiempo y deben tenerse en cuenta al revisar el ambiente interior (ASHRAE 24, 2019).

El edificio es entendido entonces como un moderador entre el exterior y el interior, con la capacidad de mitigar las fluctuaciones exteriores de temperatura y humedad relativa (Lucero-Gómez, *et al.*, 2020). En el interior, estas fluctuaciones están fuertemente influenciadas no sólo por las condiciones exteriores y las características constructivas intrínsecas del edificio sino también por el calor y humedad (a veces excesivos) aportados por los visitantes y por la falta de control y medidas apropiadas (Ferdyn-Grygierek, J., 2016). Autores italianos determinaron que el microclima interior en edificios históricos puede ser causante de daños al edificio y a los objetos dependiendo de los niveles de ciertos parámetros físicos y químicos, como la temperatura del aire, humedad relativa, contenido de CO₂ etc. (Bonora *et al.*, 2019, Camuffo, 1998).

A nivel mundial existen avances importantes en el tema, particularmente en Europa. Se introdujo en los últimos años el concepto de microclima interior histórico que relaciona los cambios en el microclima interior con los cambios del edificio, su uso y las condiciones climáticas a las que se vio sometido a lo largo de la historia (Bonora *et al.*, 2019). La literatura científica sobre microclima interior, en general, describe experiencias en edificios específicos. Algunos ejemplos son el monitoreo higrotérmico de la Biblioteca Malatestiana de Cesena (Pretelli y Fabbri, 2018); la definición de “riesgo del microclima patrimonial” (HMR- Heritage Microclimate Risk) aplicado sobre el caso de estudio de Villa Barbaro Maser (Bonora *et al.*, 2019) que define el riesgo relacionado a todo el ambiente interior y no solo a los artefactos; el monitoreo ambiental integral del Palazzo Grimani en Venecia en donde se evaluaron la temperatura del aire, humedad relativa, superficies de muros, techos, y pisos usando sensores infrarrojos y de contacto, transferencia de vapor entre paredes y aire (Camuffo *et al.*, 2011), entre otros.

En América, es menor el número de casos de estudio del desempeño higrotérmico en edificios históricos. En Texas (EE. UU.), un estudio de la calidad ambiental interior se centró particularmente en el confort térmico de una iglesia de piedra donde se llevó a cabo una combinación de monitoreo de microclima y encuestas durante la temporada de clima cálido y húmedo (Martínez- Molina, *et al.*, 2021). En Paraguay, se evaluó el desempeño térmico de una vivienda en el Centro histórico de Asunción, también de clima cálido húmedo, a partir de simulación computacional utilizando el software Energy Plus y se realizó propuestas pasivas de rehabilitación energética para mejorar el confort térmico y la temperatura operativa interior (Silvero, *et al.*, 2018). En Argentina, se desarrolló una metodología para determinar la factibilidad o no de exposición de ciertos objetos (Museo Nacional de la Independencia, Tucumán) para una condición ambiental dada (Zamora, *et al.*, 2020), para lo cual se utilizó el software LabVIEW y se realizó una clasificación de los materiales de acuerdo a su nivel de sensibilidad. En La Plata, se efectuó un monitoreo higrotérmico de 11 bibliotecas y archivos y se evaluó la influencia de la envolvente de los edificios en la conservación preventiva de libros y documentos (Diulio *et al.*, 2019), encontrándose que existe una relación entre parámetros constructivos del edificio y los índices de conservación preventiva. En Salta, se estudiaron las condiciones higrotérmicas de salas y oficinas del Museo Histórico del Norte para un periodo de invierno (Gea Salim, *et al.*, 2019) y otro de verano (Gea Salim, *et al.*, 2020). El comportamiento térmico evidenció la capacidad de la envolvente de disminuir la amplitud térmica exterior típica de un edificio de gran masividad. Desde el punto de vista del confort térmico, en invierno, las salas de exposición estuvieron fuera de los niveles de neutralidad. Como se observa, en Argentina no existe información sistematizada del comportamiento térmico de los edificios históricos y museos, sus niveles típicos de temperatura y humedad en invierno y verano, o la evolución de estas variables a lo largo de los años.

El presente trabajo busca realizar un aporte en este sentido, mediante una evaluación inicial del microclima interior del Museo Pte. José E. Uriburu, una vivienda de adobe de mediados del siglo XVIII en el centro de la ciudad de Salta, que hoy alberga un museo y una biblioteca. El objetivo de la investigación es analizar el microclima del edificio desde el punto de vista de la conservación, para lo cual se utilizaron indicadores específicos de conservación preventiva. Para calcular dichos indicadores se realizaron mediciones in-situ de temperatura y humedad relativa de los espacios interiores, en un periodo de 15 días de invierno y 15 días de verano (2020-2021). Se analizaron los resultados mediante el cálculo de índices de desempeño y de amplitud higrotérmica y del contenido de humedad de los ambientes. Los resultados conforman una base de datos para la toma de decisiones relacionadas a la

preservación de los objetos, para la simulación computacional del comportamiento térmico del edificio y para futuras propuestas de rehabilitación energéticas pertinentes a un edificio patrimonial, que tengan en cuenta tanto aspectos específicos de la conservación de objetos como de cuestiones energéticas relacionadas con el confort térmico de los visitantes y la disminución del consumo de energía para acondicionar los ambientes.

DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

La ciudad de Salta cuenta con 14 museos dedicados a la historia, arte, arqueología y ciencia; de los cuales 9 son edificaciones históricas (Sitio oficial de Turismo, Gobierno de Salta). Los edificios fueron construidos antes del siglo XIX y se caracterizan por tener muros portantes de grandes espesores con aberturas pequeñas y cubiertas de tejas coloniales. Tienen un microclima interior típico de poca amplitud térmica con respecto a un edificio tradicional y son los moderadores entre los objetos que conservan o exponen y el clima exterior.

La Casa Uruburu, ubicada en calle Caseros 417 a una cuadra de la plaza principal de la ciudad de Salta (Fig. 1), fue construida a mediados del siglo XVIII por Félix Arias Rengel y fue comprada en 1810 por Don José de Uruburu. Perteneció a su familia hasta su donación en el año 1947. La casa se convirtió en Museo en el año 1955 y declarada Monumento Histórico Nacional. El museo expone en sus salas elementos de la sociedad salteña de fines del período colonial. Además, funciona la biblioteca Monseñor Ángel Vergara (Fig. 2), donde se destacan algunos libros de historia salteña, de arquitectura, libros religiosos, mapas antiguos y documentos históricos de valor para la provincia. Es un edificio de configuración a patio, en dos niveles. En la planta baja hay 5 salas de exposición, la biblioteca, baños y depósito. La planta alta tiene 2 salas de exposición de mayores dimensiones. El edificio está constituido por muros de adobe con un espesor que varía entre 0,40 y 0,80 m. Los muros de mayor espesor son los de la biblioteca y los de las salas de planta baja que soporta el peso del nivel superior. Los entresijos tienen estructura de madera y solado cerámico y los techos son de estructura de madera (par y nudillo), cielorraso de cañas y cubierta de tejas. Lamentablemente, no existen planos relevados de este edificio ni información sobre los materiales utilizados en su construcción. Por ello, se realizó un relevamiento del mismo y se confeccionó un croquis de las plantas alta y baja del edificio (Fig. 3).

El museo abre de martes a viernes de 9:00 a 14:30, y sábados y domingos de 14:00 a 19:00. Durante las horas de apertura al público, las salas se encuentran ventiladas con todas las puertas permanentemente abiertas. Para el periodo de invierno 2020, debido a la pandemia Covid-19, el museo permaneció cerrado al público; sólo una vez a la semana se abrieron las salas para limpieza y ventilación. Hacia el final de año el museo volvió a su funcionamiento normal, abierto al público todos los días excepto los lunes.



Figura 1: (a) fachada Museo Pte. Jose E. Uruburu. (b) vista a la calle desde el balcón.



(a)



(b)

Figura 2. (a) Fotografía de la biblioteca tomada desde el primer patio. (b) Fotografía tomada desde el interior de la biblioteca.

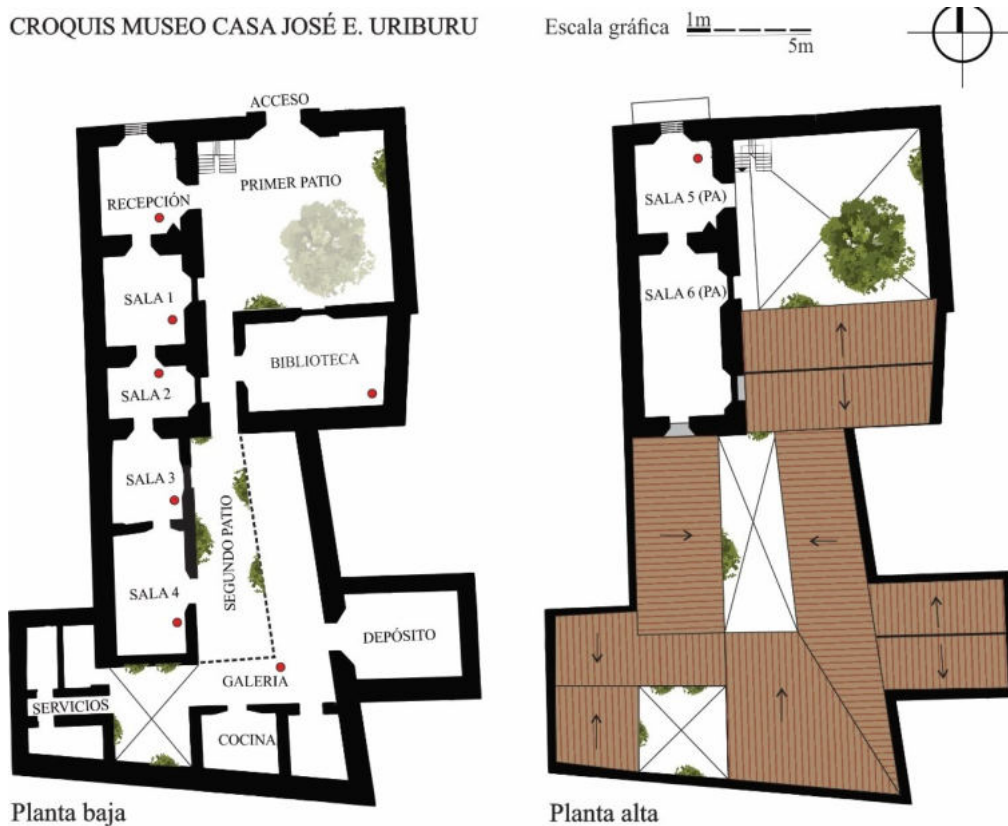


Figura 3: Croquis del Museo Planta Baja y Planta Alta. Los círculos rojos señalan la ubicación de los sensores de medición. Fuente: elaboración propia.

METODOLOGIA

Monitoreo higrotérmico

Se realizó una campaña de monitoreo continuo de temperatura y humedad durante 15 días de invierno (27 de julio al 11 de agosto de 2020) y 15 días consecutivos de verano (20 de diciembre de 2020 al 4 de enero de 2021). Para el monitoreo, se utilizaron adquirentes de datos HOBO (modelos U12-12) de temperatura (exactitud: $\pm 0.35^{\circ}\text{C}$, resolución: 0.03°C a 25°C) y humedad ($\pm 2.5\%$, 0.03%). Los sensores fueron calibrados en el rango de temperaturas a mapear, con calibración de antigüedad menor a 1 año y un error de calibración menor a $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. En la planta baja, se midieron las 5 salas de exposición que están ubicadas una a continuación de la otra partiendo desde la Recepción, sala 1, sala 2, 3 y 4 y la

biblioteca. En la planta alta se monitoreó únicamente la sala 5 PA (ver Fig. 3) y se los programó para registrar y almacenar datos con una frecuencia de 15 minutos. Por otro lado, la temperatura y humedad relativa exteriores se midieron en la galería techada del museo, mientras que la radiación solar se obtuvo de una estación meteorológica Davis Vantage Pro ubicada en el predio del INENCO (Universidad Nacional de Salta-CONICET), a una distancia aproximada de 10 km del centro de la ciudad.

Índices de conservación preventiva

En los últimos años (1965-2016) se desarrollaron diferentes campos de acción de la conservación preventiva como conservación de daños y gestión ambiental, arquitectura y diseño de exposiciones, simulaciones ambientales y energéticas, seguimiento, registro y control de los agentes ambientales y gestión y capacitación (Lucchi, E., 2018). Para este trabajo se utilizaron los índices de conservación preventiva, indicados en la Tabla 1, que se determinan a partir de los datos de temperatura y humedad obtenidos del monitoreo higrotérmico del edificio y en función de rangos predefinidos (UNI 10829). El índice de desempeño (Performance Index- PI) identifica el porcentaje de tiempo en donde el parámetro medido cae dentro de los rangos sugeridos por la normativa internacional. El índice de amplitud (Amplitude Index- AI) es el porcentaje de días donde la amplitud del parámetro medido es menor que la amplitud diaria máxima establecida (Corgnati, S. y Perino, M., 2006).

Para el cálculo de los índices PI se utilizó el rango sugerido por normativa (UNI 10829) de temperatura interna entre 16,5 y 23,5 ° C y 34 y 61 % de humedad relativa atendiendo a las la conservación de objetos expuestos en los museos. Los índices AI una amplitud diaria máxima de 2° C (Thomson, 1986) y de 10 % de humedad relativa (UNI 10829). La normativa consultada también especifica rangos particulares para cada tipo de material. Se utilizó el rango más amplio por la gran variedad de materiales y objetos expuestos en el museo (telas, documentos de papel, pinturas, muebles, platería, accesorios, etc.).

Tabla 1. Índices de conservación preventiva.

Índice de desempeño	$PI = M_{within}/M_{total}$
Índice de amplitud	$AI = D_{within}/D_{total}$
	<p>donde:</p> <p>M_{withi} = número de medidas dentro del rango climático interior</p> <p>M_{total} = número total de medidas</p> <p>D_{wit} = número de días donde la oscilación es menor que el máximo establecido</p> <p>D_{total} = es el total de días de medición</p>

Análisis del contenido de humedad

A partir de los datos de temperatura $t(^{\circ}C)$ y humedad relativa H_r (%) obtenidos del monitoreo higrotérmico se realizó el cálculo del contenido de humedad r (gr de agua/ kg de aire seco) en los ambientes interiores, a partir de las relaciones termodinámicas para el aire húmedo (Corvalán *et al.*, 1992):

$$r = 0,622 \frac{P_s}{P_a} H_r \quad (1)$$

en donde H_r es la humedad relativa (%), P_a es la presión atmosférica (Pa) y P_s es la presión de saturación (Pa) que se calcula a partir de:

$$\ln(P_s) = C_1 \cdot T^{-1} + C_2 + C_3 \cdot T + C_4 \cdot T^2 + C_5 \cdot T^3 + C_6 \cdot \ln(T) \quad (2)$$

en donde es la temperatura en K y los coeficientes C_i son los siguientes: $C_1 = -5800,2206$, $C_2 = +1,3914993$, $C_3 = -0,04860239$, $C_4 = +0,41764768 * 10^{-6}$, $C_5 = +0,14452093 * 10^{-7}$, $C_6 = +6,5459673$

RESULTADOS

Análisis higrotérmico

Invierno (27/07/20 al 11/08/20, en pandemia): las Figs. 4 y 5 muestran los resultados del monitoreo de temperatura y humedad relativa de tres ambientes seleccionados en la planta baja (Recepción, Sala 4 y Biblioteca) y uno de la planta alta (Sala 5). La temperatura exterior del periodo osciló entre 6,8 °C y 27,1 °C. La mayor parte de los días fueron despejados, como es usual en los inviernos secos de la ciudad de Salta. La humedad relativa osciló entre 22,6 y 64,5 %. En cuanto a los registros tomados en el interior del edificio, las temperaturas de las 5 salas de exposición ubicadas en el ala oeste oscilaron entre 10,9 °C y 18,9 °C y la humedad relativa ambiente entre 43,4 y el 78,8 %.

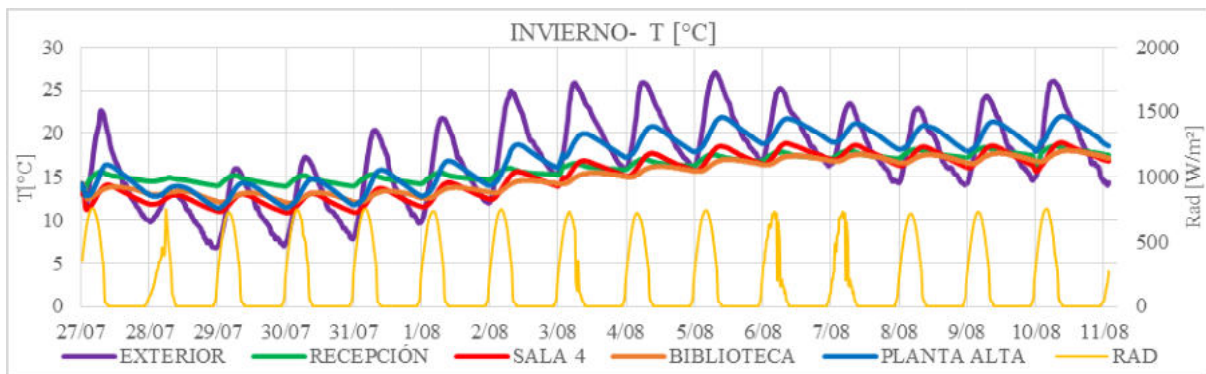


Figura 4: temperaturas monitoreadas durante período de invierno (27/7/20 al 11/8/20).

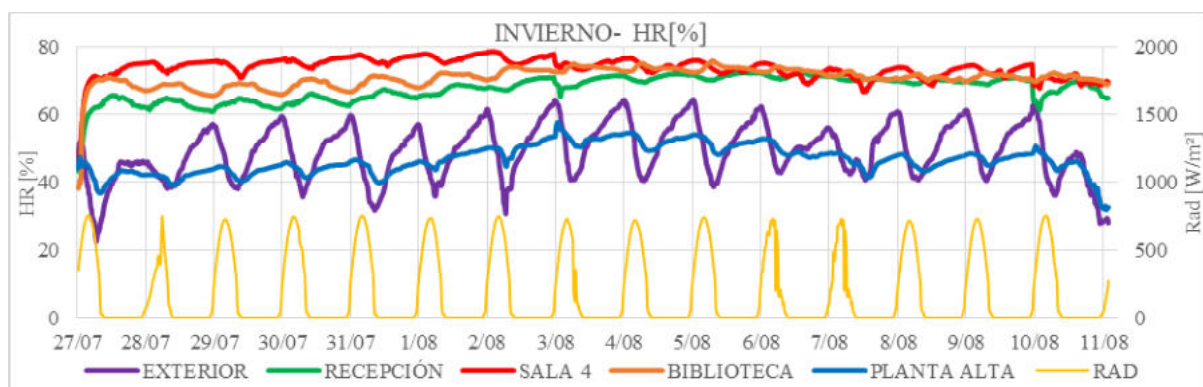


Figura 5: Grafico contenido de humedad calculado para el período de invierno (27/7/20 al 11/8/20).

Fuente: elaboración propia.

Es interesante observar la diferencia entre los espacios de la planta baja, más fríos y con mayor humedad relativa, y la planta alta (Sala 5 PA), que presentó la situación más favorable de este periodo. Se trata de una sala de grandes dimensiones y orientada al norte. Sus muros reciben más radiación solar que el resto de las salas por estar en un nivel superior. Además, tiene una ventana al norte que recibe radiación solar en invierno permitiendo elevar unos grados la temperatura del local (Fig. 2). Alcanzó las mayores temperaturas promedio (17,2 °C) y máxima (22,0 °C). Es la Sala que presentó los menores valores de humedad relativa: promedio de 46,9 %, máxima de 57,7 % y mínima de 32 %.

El local que presentó la situación más desfavorable fue la biblioteca, lo cual es crítico dado que en este espacio se conservan elementos de papel (libros, mapas antiguos, etc.) cuya preservación debe ser asegurada. Los registros muestran que, si bien la temperatura y la humedad fue similar a la de las otras salas oscilando entre los 12,0 y los 18,0 °C a lo largo de todo el período, los valores de humedad de la biblioteca están por encima de los valores de humedad exterior (Fig. 5) y exceden los niveles máximos de recomendados (UNI 10829) para la conservación de libros y documentos a lo largo de todo el periodo monitoreado. La humedad relativa osciló entre el 66,5 y 76,1 %.

Verano (20/12/20 al 4/01/21): la temperatura exterior osciló entre 20 °C y 33°C, con alternancia de días soleados y nublados (Figs. 6 y 7). En general, las salas de exposición tuvieron temperaturas medias y amplitudes térmicas mayores que la Recepción y la Biblioteca (ambas con menores ganancias solares). Las temperaturas en los espacios interiores se ubicaron entre 23,1 y 24,5°C (las mínimas) y entre 28,2 y 31,6 °C (las máximas).

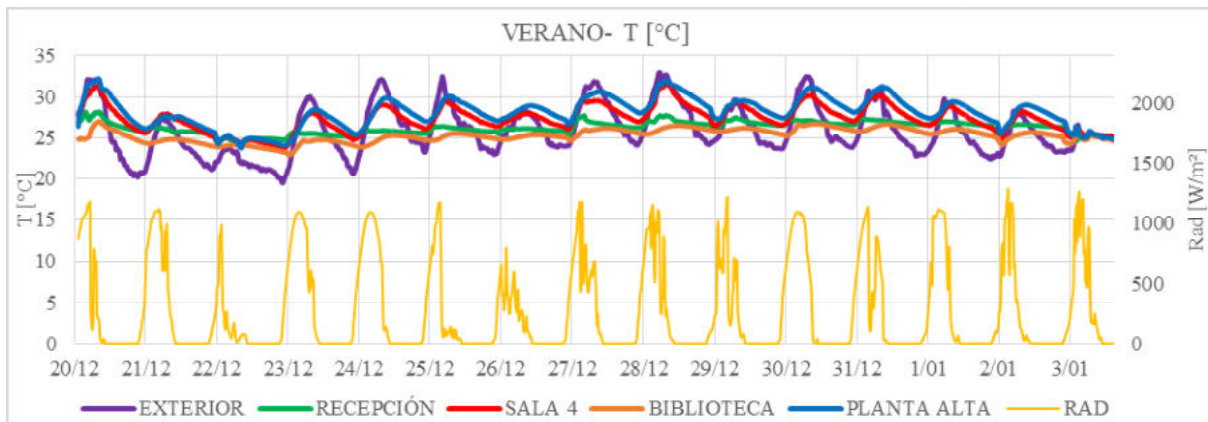


Figura 6: Grafico de Temperaturas monitoreadas durante periodo de verano (19/12/20 al 04/01/21). Fuente: elaboración propia.

De todos los locales monitoreados en el periodo de verano, la sala con menores temperaturas fue la biblioteca con un promedio de 25,3 °C, registrando una máxima de 27 y mínima de 22,9 °C. Esto se debe a que la biblioteca está sombreada la mayor parte del día por las construcciones restantes. Las salas 3 y 4 son las que presentaron las mayores temperaturas medias, debido a que tienen un muro oeste completamente asoleado.

Una situación similar ocurre en la planta alta, en donde la temperatura máxima fue la mayor registrada en todo el edificio (34,6 °C), debido a que tiene sus muros expuestos a la radiación solar y a que el techo no cuenta con aislación térmica. Es interesante observar que, con condiciones de temperatura exterior elevadas que alcanzaron los 33 °C, los ambientes interiores de planta baja no superaron los 31,6 °C, debido a la importante masa de acumulación de los muros de la vivienda, que disminuye la amplitud térmica exterior de casi 23 °C a valores de alrededor de 5 °C en el interior.

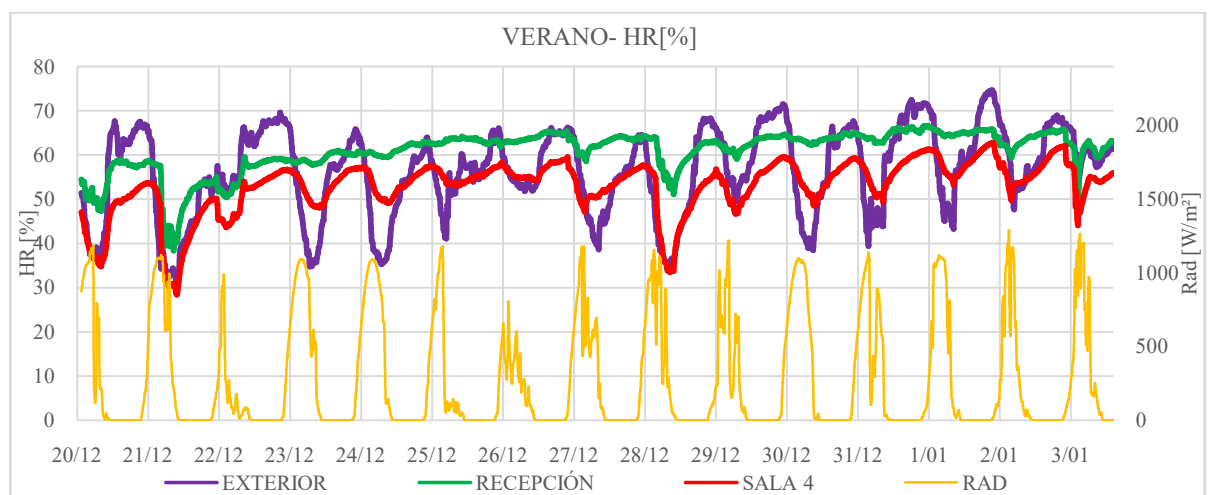


Figura 7: Grafico de contenido de humedad calculado para el periodo de verano (19/12/20 al 04/01/21). Fuente: elaboración propia.

En cuanto al monitoreo de humedad de verano los valores promedios están en el rango recomendado por la norma UNI10829 para la conservación de objetos de exposición. Con respecto a la humedad del ambiente exterior fue similar a la de las salas a pesar de que los mínimos y máximos fueron más extremos.

Índices de conservación

Invierno: El índice PI de los locales (Fig. 8) muestra que en la mayor parte del tiempo las condiciones de temperatura y humedad quedan fuera del rango sugerido por norma (UNI 10829) para la conservación de objetos. El índice AI para la temperatura muestra en todas las salas, a excepción de la sala 4 y 5 PA, la baja amplitud térmica interior (fuera del rango sugerido). La amplitud o variación diaria de la humedad es similar manteniéndose estable en todos los locales excepto en la planta alta. Este comportamiento de los parámetros refleja la masividad del edificio.

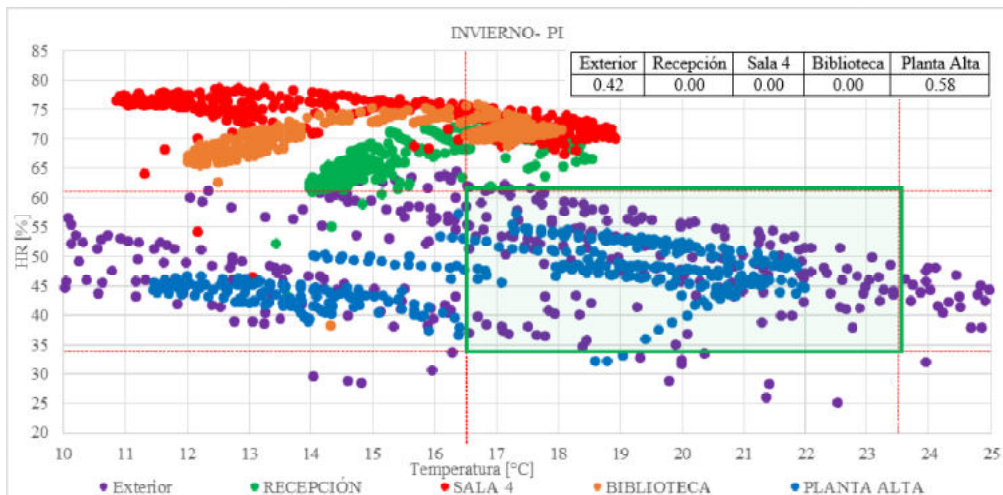


Figura 8: Resultados índices de desempeño del monitoreo de invierno. Fuente: elaboración propia

Ninguna sala del museo responde en su totalidad al rango sugerido por norma. La planta alta muestra el mejor desempeño en invierno ya que más de la mitad de sus valores se encuentran dentro de los límites de T y HR sugeridos e indicados con un recuadro rojo indicado en la figura 8.

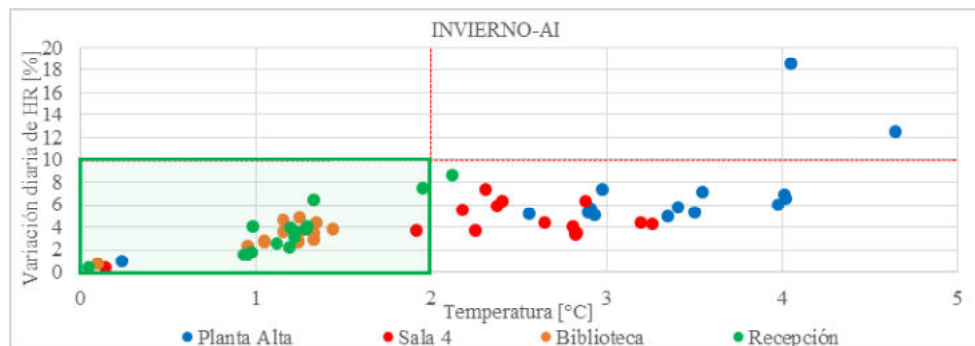


Figura 9: Resultados índices de amplitud higrotérmica en invierno*. Fuente: elaboración propia.

* Fueron graficadas únicamente las salas que fueron monitoreadas tanto la temperatura como la humedad relativa.

En la figura 9 se observa la amplitud diaria de temperatura y humedad relativa de invierno. El recuadro rojo indica los límites sugeridos por norma (10% HR y 2°C). Se puede observar que en la mayoría de las salas tienen una amplitud de humedad inferior al 10%. Son aceptables los valores de amplitud higrométrica.

Verano: Para el monitoreo de verano, el edificio volvió a su funcionamiento normal. Si bien la humedad osciló en el rango sugerido, los datos de temperatura están por encima del límite recomendado en la totalidad de las salas.

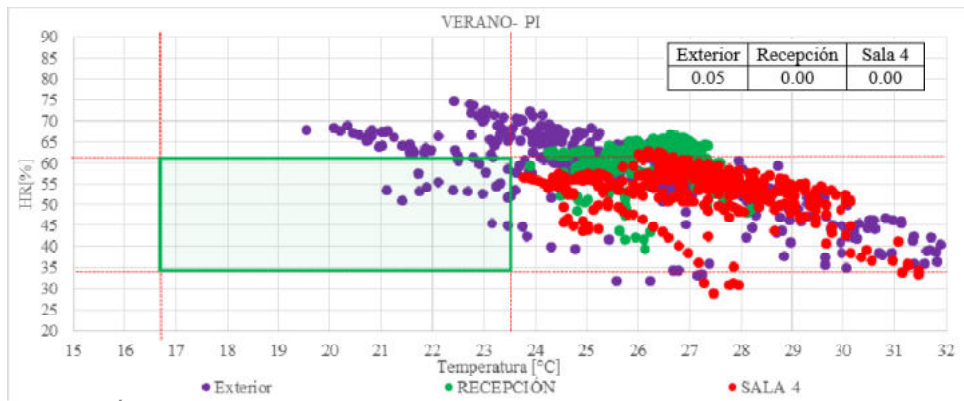


Figura 10: Índice de desempeño del monitoreo de verano. Fuente: elaboración propia.

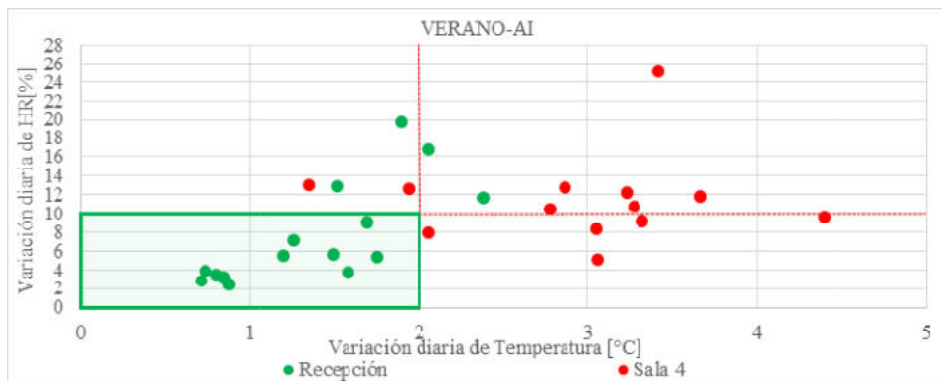


Figura 11: Índice de amplitud higrotérmica en invierno. Fuente: elaboración propia.

La recepción tiene valores aceptables de AI en la mayoría de los días de este periodo (Fig. 12). Por el contrario, la sala 4 tiene todos sus días fuera de los valores máximos de amplitud higrotérmica recomendada.

Análisis del contenido de humedad en los espacios

El cálculo de humedad específica (Ec. 1) para invierno y verano se muestra en las Figs. 10 y 11. En invierno, se observa que el contenido de humedad en las salas de la planta baja (9,2 gr/kg aire seco en promedio) es sensiblemente mayor a la del exterior y de la planta alta (6,7 gr/kg aire seco en promedio). Debido a que el edificio permaneció cerrado durante el monitoreo de invierno, se descartan aportes de humedad por la permanencia de personas o equipos que produzcan vapor. Esto significa que existe una fuente de humedad no determinada. Una posibilidad es que la humedad provenga del suelo y que ascienda por capilaridad a través de pisos y muros, dado que el problema aparece solo en planta baja. En verano la situación es menos evidente, pero sigue existiendo un mayor contenido de humedad en la planta baja (Recepción) que en el exterior y la planta alta. Por otra parte, en verano el contenido promedio de humedad de la planta baja fue de 15 gr/kg aire seco en promedio y en el exterior de 13.5 gr/kg aire seco.

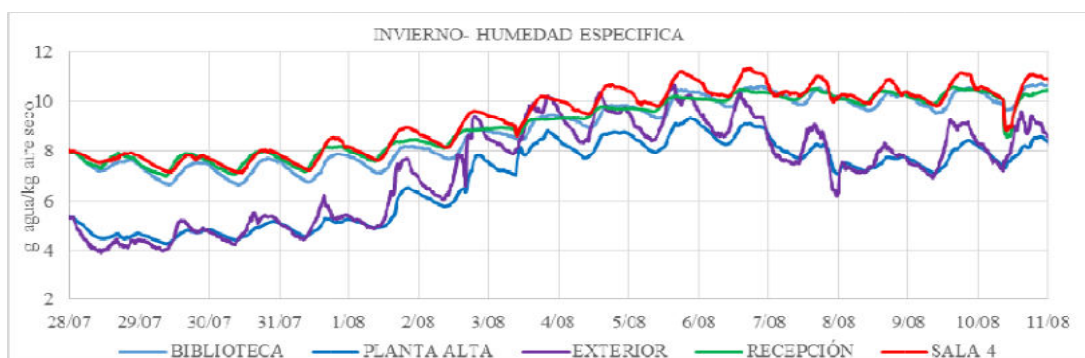


Figura 10: Contenido de humedad ambiente en invierno. Fuente: elaboración propia.



Figura 12: Contenido de humedad ambiente en verano. Fuente: elaboración propia.

El contenido de humedad para el periodo de verano es osciló entre los 7 y los 17 g agua/ kg aire seco (Fig. 12). En el interior de las salas está por encima de la humedad absoluta exterior la mayor parte del tiempo. También queda en evidencia alguna fuente interior de humedad pero con menos claridad que en el periodo de invierno por las condiciones de funcionamiento normal de este período, con mayor ventilación y con un flujo de personas moderado.

CONCLUSIONES

Un ambiente interior estable es fundamental para la conservación del patrimonio albergado en los museos. Cuando se trata de objetos susceptibles a oscilaciones térmicas, como los archivos y documentos históricos, los daños son irreversibles cuando no se toman las medidas necesarias para su conservación. El relevamiento higrotérmico realizado en el museo Pte. José E. Urriburu permitió concluir que, en ambos periodos, los ambientes son estables (con un promedio de $AI_{Temp}=1,6$ °C, $AI_{HR}=4,7\%$ en verano y $AI_{Temp}=2,2$ °C, $AI_{HR}=9,8$ % en invierno), con bajas amplitudes de temperatura y humedad debido a la gran masividad del edificio.

Sin embargo, si bien los ambientes son estables en cuanto a la amplitud higrotérmica diaria, el índice de desempeño no presenta valores adecuados. En particular, la humedad relativa promedio de la planta baja fue un 20% mayor que la de la planta alta, infiriéndose que existe una fuente de humedad que podría provenir del suelo y estar ascendiendo a través de los muros por capilaridad y ser transmitida a los ambientes. Para revertir esta patología constructiva se requiere de una evaluación de otra envergadura en todo el edificio y de los cuidados pertinentes a una intervención de un edificio patrimonial. Es decir, se puede concluir que no es suficiente con analizar sólo uno de los índices de conservación, lo que podría dar una idea desacertada del microclima interior del edificio, sino que deben analizarse ambos índices simultáneamente.

Por otra parte, en los últimos años ha tomado fuerza una nueva visión de las condiciones de conservación. Esta considera que, si bien un objeto podría no estar dentro de los rangos propuestos por la normativa, podría estar aclimatados a las condiciones ambientales y a lo largo de los años y presentar condiciones adecuadas de conservación. Por ejemplo, la normativa UNE 15757:2010 establece que la definición de rangos de temperatura y de humedad relativa óptimas para la conservación debe quedar sujeta a un análisis más complejo que debe tener en cuenta la variedad de materiales y complejidad de los objetos sometidos a microclimas específicos. En muchos casos, el deterioro es acumulativo y puede empeorar con el número y la intensidad de los peligros ambientales individuales. También es amplio el tipo de respuesta de los materiales ante las variaciones los parámetros. Entonces, se analiza el entorno climático histórico particular, se priorizan los objetos más vulnerables y/o valiosos y se toma la decisión en función de la inocuidad de las condiciones climáticas existentes (UNE 15757, 2010). Es el caso de pinturas y obras de arte expuestas en iglesias europeas durante varios siglos, en las que los ambientes interiores no están dentro de los rangos propuestos por normativa y sin embargo las obras se encuentran en buen estado de conservación. Para poder llegar a una conclusión de este tipo en el museo Urriburu, en donde el microclima interior del museo no se encuentra dentro de los rangos aceptados por normativa, sería necesario evaluar si los objetos allí expuestos se han visto perjudicados por este ambiente antes de sugerir propuestas para la mejora del ambiente interior. Para ello, se tomará contacto con el equipo encargado de la conservación del museo.

En el futuro, se pretende realizar simulación computacional para todo el edificio y en ambos periodos del año ajustando las variables de temperatura y humedad a partir de los datos medidos. Esto permitirá conocer cómo fue el ambiente interior en años anteriores, y cómo será en el futuro bajo condiciones de cambio climático. Por otra parte, se está realizando un monitoreo más extenso de la Casa Uriburu, con el objetivo de cubrir un periodo anual completo, para poder profundizar sobre los estudios relacionados a la conservación y a la rehabilitación energética de edificios históricos.

El problema de la climatización en edificios históricos ha sido ampliamente discutido en relación con la preservación del medio ambiente y hoy está en la agenda gracias al creciente interés por las cuestiones que plantea la aplicación de estrategias sostenibles y energéticamente eficientes al ámbito del patrimonio cultural. Las nuevas tendencias incluyen la incorporación de sensores innovadores para el control del microclima en museos, enfoque fácil de usar, interoperabilidad y recopilación de datos en tiempo real; herramientas simplificadas y de uso sencillo para la simulación y el monitoreo ambiental que puedan ser utilizadas por los conservadores y el personal del museo; tecnologías para la protección del patrimonio y el control climático pasivo (nano-materiales, revestimientos, materiales aislantes, etc.).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa-A N°2489).

Se agradece especialmente al Director del Museo Pte. José E. Uriburu: Arq. Mario Lazarovich, a la conservadora María Campero de Larrán, a Mirta Paz como encargada de la Biblioteca Monseñor Ángel Vergara y todo el personal del Museo por su excelente predisposición y colaboración en los monitoreos y relevamiento del edificio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bonora, A., Fabbri, K. y Pretelli, M. (2019) Environmental microclimate management and risk in the UNESCO world heritage site of Villa Barbaro Maser (Italy).

ASHRAE Guideline 24. (2019) Museums, galleries, archives and libraries.

Lucero-Gómez, P., Balliana, E., Izzo, f. Y Zendri, e. (2020). A new methodology to characterize indoor variations of temperature and relative humidity in historical museum buildings for conservation purposes.

Ferdyn-grygierek J. (2016) Monitoring of indoor air parameters in large museum exhibition halls with and without air-conditioning systems. *Building and environment*, vol 107, 2016, pp. 113–126, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.07.024>.

Camuffo, D. (1998). *Microclimate for cultural heritage*. Elsevier, Amsterdam.

Pretelli, M. y Fabbri, K. (2013) Management indoor microclimate effect on heritage buildings: the case study of Malatestiana Built heritage 2013 monitoring conservation

Camuffo D., Della Valle, A., Bertolin, C., Leorato, C. Y Bristot A. Humidity and environmental diagnosis in Palazzo Grimani, Venice. (2011) *Indoor environment and preservation – Climate control in museums and historic buildings* (pp.45-50) Chapter: Humidity and environmental diagnostics in Palazzo Grimani, Venice.

Martinez-Molina, A., Williamson, K.y Dupont, W. (2022). Thermal comfort assessment of stone historic religious buildings in a hot and humid climate during cooling season. *Energy and Buildings*, Vol 262.

Silvero F., Silva Rodrigues, M., Montelpare, S., Spacone, E. (2018) Reabilitação energética de um edifício patrimonial do centro histórico de Assunção. Conference: 6ª conferência sobre patologia e reabilitação de edifícios – patorreb 2018at: rio de janeiro, brazil. volume: <http://www.nppg.org.br/patorreb/files/artigos/80526.pdf>

Zamora, M., Odonell, M. y Ajmat, R. (2020). Development of a methodology for materials selection to control exhibition objects in house- museums. International journal of conservation science. <Http://ijcs.ro/>

Diulio, M., Mercader- Moyano, P. y Gómez, a., (2019) The influence of the envelope in the preventive conservation of books and paper records. Case study: libraries and archives in La Plata, Argentina. Energy & buildings.

Gea Salim, C., Hongn, M., González, S. y Flores Larsen, S. (2019). Evaluación térmica y de confort en salas del Cabildo de Salta en invierno. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol 23. ISSN 2314-1433.

Gea Salim, C., Hongn M., González S. y Flores Larsen, S. (2020) Comportamiento térmico del Cabildo de Salta en verano. Revista Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol 24. ISSN 2314-1433.

Lucchi, E. (2018). Review of preventive conservation in museum buildings. Journal of Cultural Heritage Vol 29, January–February 2018, pp 180-193.

UNI. (1999). “Beni di interesse storico e artistico. Condizioni ambientali di conservazione. Misurazione ed analisi”. Ente nazionale italiano di unificazione. (10829)

Corgnati, P. y Perino, M. (2006). A new approach for the IEQ (Indoor Environment Quality) assessment. Conference: 3rd International Building Physics Conference.

Thomson, G. (1986). The museum environment, Butterworths, London. ISBN: 9781483102719

Corvalan, R., Horn, M., Roman, R. y Saravia, I. (Eds.) 1992. Ingeniería del secado solar, CYTED.

Luciani A. (2013) Historical climates and conservation environments. Historical perspectives on climate control strategies within museums and heritage buildings. Politecnico di Milano. Dipartimento di architettura e studi urbani (dastu). Doctoral programme in preservation of architectural heritage.

Serra, F. y Coch, R. Arquitectura y energía natural. 1995

ISSO 7730: 2005, International standard ISO environment- analytical determination, ISO. 2005

ABSTRACT: For the energy retrofit of historic buildings and their conservation, it is necessary to apply a methodology in order to evaluate the interior microclimate quality. In this work, temperature and humidity monitoring was carried out for a period of 15 consecutive days of summer and winter in the rooms of the museum named “Casa Pte. José E. Uriburu” located in Salta (Argentina). Performance and hygrothermal amplitude index (preventive conservation index) were applied to determine the indoor air quality of the building. The records show expected results from the point of view of hygrothermal inertia, but with excessive humidity values on the ground floor. Places of greatest risk for the conservation of exhibits and construction pathologies were identified on the ground floor of the building.

KEYWORDS: historic microclimate, conservation index, historic buildings.