

XXXIV Encuentro Arquisur.
XIX Congreso: "CIUDADES VULNERABLES. Proyecto o incertidumbre"

La Plata 16, 17 y 18 de septiembre.
Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de La Plata

EJE: Investigación

Área 2 – TECNOLOGÍA

**MONITOREO ESTIVAL DE CONDICIONES AMBIENTALES EN ARCHIVO DE
PROTOCOLOS DEL COLEGIO ESCRIBANOS DE BUENOS AIRES**

María de la Paz Diulio,

Mauro G. García Santa Cruz,

Matías Hernández,

Analía F. Gómez,

Jorge D. Czajkowski

Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad Nacional de La Plata. Calle 47 Nro 162. 1900 La Plata. Tel (0221)4236587 int 255.

layhs@fau.unlp.edu.ar

Resumen: En el marco de los proyecto de investigación de la UNLP U143 Plan de contingencia ambiental para bibliotecas, archivos y museos ante el cambio climático y U141 "Certificación de edificios sustentables para la adaptación y mitigación del cambio climático" se realizaron mediciones del comportamiento ambiental en los archivos de protocolos del Colegio de Escribanos de la Provincia de Buenos Aires. Pevio a nuevas ampliaciones el cuerpo técnico del Colegio solicitó un programa de monitoreo ambiental con el fin de evaluar el comportamiento higrotérmico de la solución de climatización pasiva adoptada. Esto con el fin de introducir modificaciones de diseño de sistemas pasivos que permitan mantener un rango de clima interior que evite el deterioro los protocolos. Se realizó un análisis de la envolvente y un monitoreo medioambiental con estación meteorológica Davis, dataloggers Hobo y monitor medioambiental ELSEC. El edificio tiene muy baja transmitancia térmica y su contextura es liviana. Los valores de iluminancia en algunos sectores exceden el máximo recomendado. Se recomienda el filtrado de radiación exterior y la incorporación de masa al interior del edificio.

PALABRAS CLAVE: ARCHIVOS, CONSERVACIÓN PREVENTIVA, MONITOREO, TRANSMITANCIA TÉRMICA, ACUMULACIÓN TÉRMICA.

INTRODUCCIÓN

En el marco de un convenio de asesoramiento entre el Laboratorio de Arquitectura y Hábitat Sustentable (LAyHS) y el Colegio de Escribanos de la Provincia de Buenos Aires se realiza una evaluación del comportamiento de este nuevo edificio respecto a los parámetros de conservación de papel de los nuevos depósitos construidos *ad hoc* en Gonnet, partido de La Plata.

Estos nuevos depósitos vienen a reemplazar los existentes ubicados en subsuelos del edificio de la institución en el casco urbano, que ante los fenómenos climáticos extremos que se vienen sucediendo se optó por mudarlos a tierras altas y sobre-elevadas.

El LAyHS lleva a cabo actualmente el proyecto de investigación U143 denominado Plan de contingencia ambiental para bibliotecas, archivos y museos ante el cambio climático; y U141 Certificación de edificios sustentables para la adaptación y mitigación del cambio climático, financiados por la Universidad Nacional de La Plata entre 2014 y 2017. En este marco y con la experiencia recogida en 15 años de investigación en conservación en archivos y museos se realiza este asesoramiento sobre el comportamiento de un tipo de envolvente determinado.

Existen diferentes estrategias para retardar el degrado que sufren todos los materiales, principalmente orgánicos, con el paso del tiempo. A las medidas indirectas, es decir, que inciden en el entorno de los materiales se las denomina medidas de conservación preventiva. Entre ellas podemos indicar la correcta manipulación, la caja o contenedor y las condiciones medioambientales del ambiente donde se guardan.

Las condiciones higrotérmicas óptimas para la conservación preventiva del papel varían de acuerdo a los autores, según el valor del material, la antigüedad y del equipamiento de climatización disponible.

La temperatura, la humedad relativa y la iluminación son agentes que deben controlarse, los valores extremos como las oscilaciones en períodos breves de tiempo favorecen el degrado. El monitoreo ambiental es una medida que permite verificar si dichas variables están dentro de los rangos adecuados para la conservación o si deben tomarse medidas correctivas en los espacios de guarda.

Del análisis de los datos climáticos, surge que posee veranos suaves ($t_{\text{máx med}}= 28,5^{\circ}\text{C}$) e inviernos poco rigurosos ($t_{\text{mín med}}= 6,7^{\circ}\text{C}$) con alta humedad ambiente (HR= 71 y 86%) y vientos predominantes desde el NE a SE. La temperatura de diseño máxima para el verano es $35,5^{\circ}\text{C}$ (percentil 99% IRAM 11603) y temperatura de diseño mínima de invierno $-2,4^{\circ}\text{C}$ (percentil 1% IRAM 11603). El 71% de los días de un año estadístico las temperaturas medias se encuentran por debajo del nivel de confort. Esto implica garantizar el acceso al sol en los ambientes principales y prever un adecuado nivel de aislamiento térmico. Solamente durante el 16% de los días del año las temperaturas máximas superan el confort aunque con temperaturas medias dentro del confort. Según el climograma de Givoni (1969) deberá preverse sombreado adecuado, posibilidad de ventilación nocturna y mínima ventilación diurna, inercia térmica y aislamiento térmico, principalmente en techos.

El edificio se localiza en el predio de calle 508 entre 25 y 27 y vías del ex-FFCC provincial a los fondos. El clima de la región está clasificado según Normas IRAM 11603 como templado cálido húmedo, zona IIIb.

El sector del edificio destinado a archivos consiste en cuatro naves de 1878 m^2 y no cuenta con equipamiento de climatización.



Figura 1: Predio del Colegio de Escribanos en Gonnet.

METODOLOGÍA

El edificio está compuesto por cuatro naves contiguas conectadas por un corredor lateral. La envolvente es liviana: panel sándwich en cubierta y ladrillo de hormigón celular Retak en muros exteriores. Las aberturas fueron colocadas a una altura superior a la de las estanterías con el objetivo aparente de evitar la incidencia de sol directo sobre los lomos de los Protocolos. Son de marco de aluminio con vidrio simple

Se utilizan las normas IRAM 11601 (2002) y 11605 (1996) para caracterizar la transmitancia térmica de la envolvente y así compararla con los parámetros de referencia según temperatura de diseño de invierno. También se calcula la masa de la envolvente para determinar la potencial acumulación de energía.

Siguiendo los protocolos de medición internacionales (UNI, 1997) (UNI, 1999) se diseña una campaña de medición medioambiental en cuatro períodos de un año para conocer los resultados bajo diferentes condiciones de clima exterior. Durante 1 mes en el período central de cada estación se repite el procedimiento que se explica a continuación.

Se colocan dataloggers (DL) Onset Hobo que registran y almacenan temperatura (T), humedad relativa (HR) e iluminación. De acuerdo con la variabilidad del clima de cada localidad se determina la frecuencia del registro. En este caso se mide y almacena cada 30 minutos. Pasados 30 días los DL se retiran para su descarga y procesamiento en computadora.

El instrumental utilizado fue Hobo U10-003 temp/rh; Hobo U12-012 Temp/RH/light/ext; Hobo U23-001 temp/RH con una precisión de $\pm 2,5\%$ y $\pm 0,35^\circ\text{C}$.

Además del monitoreo continuo se midió en puntos significativos la T, HR, iluminancia y radiación ultravioleta para cuantificar el daño acumulativo generado por el exceso de iluminación. Con este fin se utilizó el ELSEC Environmental Monitor.



Figura 2: Depósitos organizados en 4 naves. Se indica la posición de los DL y los puntos singulares.

Para reconocer las particularidades de cada sector se utilizó la siguiente estrategia:

En las naves I y III, una en el extremo del conjunto y otra en el centro, se colocaron 4 sensores: 1 en la cara este a una altura de 2 metros respecto del nivel de piso, otro en la cara oeste a una altura similar, y los dos restantes en el centro de las estanterías, a 0,60m y a 2,20 m. del piso respectivamente.

En la nave IV se colocaron dos sensores en los entremos y un central en estantería a una altura de 1,50m.

En el hall de acceso, fuera de las naves se colocó un sensor a una altura de 1,70m, y por último un sensor exterior registró la situación higrotérmica exterior.

Para la evaluación de la cantidad de iluminación se utilizó el ELSEC, un instrumento de alta precisión que mide temperatura y humedad relativa instantánea, iluminancia (lux) y proporción de radiación UV en luz visible ($\mu\text{W/Lm}$).

En la figura 2 se muestran los puntos en los que se controló la iluminación en las naves, el día 13 de febrero de 2015 entre las 11 y las 12 horas. La iluminación de las naves es combinada entre natural y artificial.

Los resultados del monitoreo son contrastados con el rango de admisibilidad propuesto por Bell y Faye (1980) que dan como óptima una T entre 15° y 20°C y HR entre 55 y 65%; y como rango de admisibilidad 15° y 22°C y 45 a 65%. También delimitan el rango de daño por enmohecimiento y por desecación.

RESULTADOS

Los cálculos de las figuras 3, 4 y 5 muestran que la envolvente es ciertamente liviana: la masa de muros y cubierta es de 153 y 774 Kg/m² respectivamente. El suelo ha sido sobre

elevado con relleno de tosca, lo que aumenta su masa a 3330 Kg/m²; y la transmitancia térmica es baja, en Nivel A de la Norma IRAM 11605.

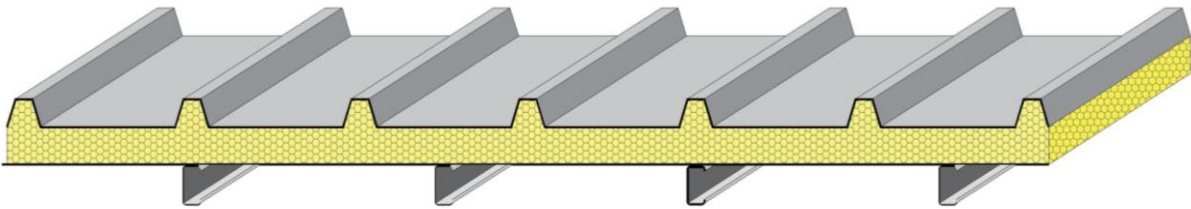
CUBIERTA	ESPESOR E (m)	COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD λ (w/mK)	RESISTENCIA TÉRMICA R (m ² K/W) = E/ λ	DENSIDAD APARENTE (Kg/m ³)	DENSIDAD APARENTE (Kg/m ²)	COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA K (w/m ² K)
RESISTENCIA SUPERFICIAL INTERNA	-	-	0,120	-	-	
CHAPA DE ZINC	0,0005	20	0,000	8500	4	
ESPUMA DE POLIURETANO	0,09	0,024	3,750	8501	765	
CHAPA DE ZINC	0,0005	20	0,000	8502	4	
RESISTENCIA SUPERFICIAL EXTERNA	-	-	0,040	-	-	
TOTAL			3,910		773,6	
COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA (1/R)						0,256
						
COEF. K MÁXIMO ADMISIBLE PARA LA LOCALIDAD (IRAM 11605)	NIVEL A		→ 0,296			
LA PLATA - PCIA BUENOS AIRES	NIVEL B		0,758			
TEMP DISEÑO -2,4°C	NIVEL C		1			

Figura 3: Detalle y propiedades físicas de la cubierta

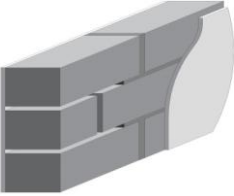
MURO	ESPESOR E (m)	COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD D λ (w/mK)	RESISTENCIA TÉRMICA R (m ² K/W) = E/ λ	DENSIDAD APARENTE (Kg/m ³)	DENSIDAD APARENTE (Kg/m ²)	COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA K (w/m ² K)
RESISTENCIA SUPERFICIAL INTERNA	-	-	0,120	-	-	
REVOQUE FINO A LA CAL RETAK	0,015	0,64	0,023	1200	18	
LADRILLO H° CELULAR RETAK	0,2	0,12	1,667	465	93	
REVOQUE CEMENTICIO	0,015	1,3	0,012	2100	32	
REVESTIMIENTO PLÁSTICO	0,005	1,1	0,005	2000	10	
RESISTENCIA SUPERFICIAL EXTERNA	-	-	0,040	-	-	
TOTAL			1,866		153	
COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA (1/R)						0,536
						
COEF. K MÁXIMO ADMISIBLE PARA LA LOCALIDAD (IRAM 11605)	NIVEL A		→ 0,342			
LA PLATA - PCIA BUENOS AIRES	NIVEL B		0,934			
TEMP DISEÑO -2,4°C	NIVEL C		1,638			

Figura 4: Detalle y propiedades físicas de la mampostería exterior.

SUELO	ESPESOR E (m)	COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD λ (w/mK)	RESISTENCIA TÉRMICA (m ² K/W) = E/ λ	DENSIDAD APARENTE (Kg/m ³)	DENSIDAD APARENTE (Kg/m ²)	COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA K (w/m ² K)
RESISTENCIA SUPERFICIAL INTERNA	-	-	0,120	-	-	
CARPETA CEMENTO ALISADO	0,025	1,3	0,019	2100	53	
CARPETA HIDRÓFUGA	0,005	1,3	0,004	2100	11	
CONTRAPISO H° DE CASCOTE	0,12	0,93	0,129	1900	228	
SUELO SELECCIONADO	1,6	2,8	0,571	1900	3040	
TOTAL			0,844		3331	
COEFICIENTE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA (1/R)						1,185

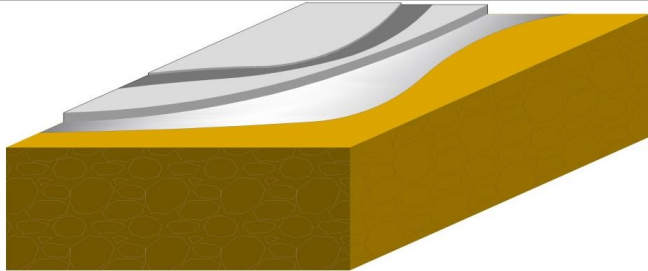


Figura 5: Detalle y propiedades físicas del suelo.

La medición en puntos significativos muestra T, HR, T de punto de rocío, iluminancia y radiación ultravioleta incidente en los puntos determinados en la figura 2.

NAVE 1			PUNTOS DE MEDICIÓN									
Variable	Unidad	Papel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HR	%	45-65%	64	62,7	62,8	64,6	64,19	63,7	61,9	61,4	61,7	62,7
Punto de rocío	°C	-	19,1	19,1	19,1	19,8	27,1	19,5	19,2	19	19,3	19,5
Temperatura	°C	15/22°C	26,5	26,8	26,8	26,9	28	27	27	27,1	27	27,3
Iluminancia	Lux	≤50 lux	120	170	112	185	98	7	9,8	35	26	22,8
Radiación UV	μW/Lm	≤ 75	17	28,8	30	135	2,7	0	0	34	52	37,5

Tabla 1: valores obtenidos en Nave I

NAVE 3			PUNTOS DE MEDICIÓN								
Variable	Unidad	Papel	1	2	3	4	5	6	7	8	9
HR	%	45-65%	63,3	61,8	61,3	60	59,7	61	62	63,4	62,6
Punto de rocío	°C	-	20	19,6	19,5	19,2	19,1	19,4	17,7	20,1	19,8
Temperatura	°C	15°C-22°C	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,6	27,7	27,7	27,6
Iluminancia	Lux	≤50 lux	110	190	55	9,6	7	11	23	32	16,6
Radiación UV	μW/Lm	≤ 75	29	28	23	0	0	0	54	29	39

Tabla 2: valores obtenidos en Nave III

A continuación se grafican los resultados obtenidos por los sensores de temperatura y humedad relativa a lo largo del período de medición.

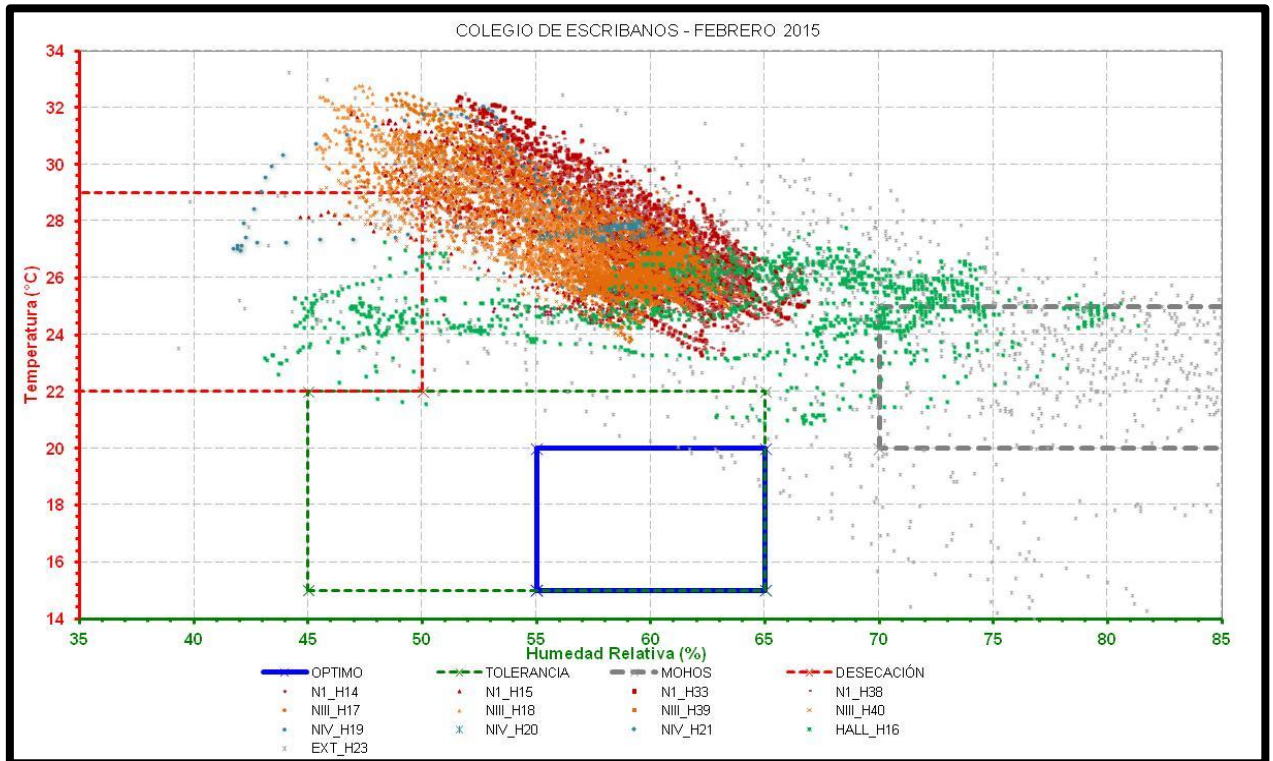


Figura 6: Diagrama psicrométrico del conjunto evaluado.

La figura 6 consiste en un climograma cuyos ejes "X" e "Y" corresponden a la HR y T respectivamente. Se delimitan las zonas de conservación óptimas, la franja de tolerancia, y las sectores en los que se corre riesgo de desecación y enmohecimiento (Bell & Faye, 1980). Cada punto de este climograma corresponde a un instante de medición. Los puntos rojos son los pertenecientes a la Nave I, los anaranjados a la Nave III, azules a la Nave IV y en verde el ubicado en la zona de hall de acceso. Dado que las mediciones se realizaron cada 30 minutos, contamos con 48 puntos diarios.

La figura 7 muestra un eje temporal en el que cada línea representa una variable evaluada. Las líneas de humedad relativa se grafican con línea de trazos mientras que las líneas de temperatura se grafican con línea llena. Un mismo color representa a un mismo sensor.

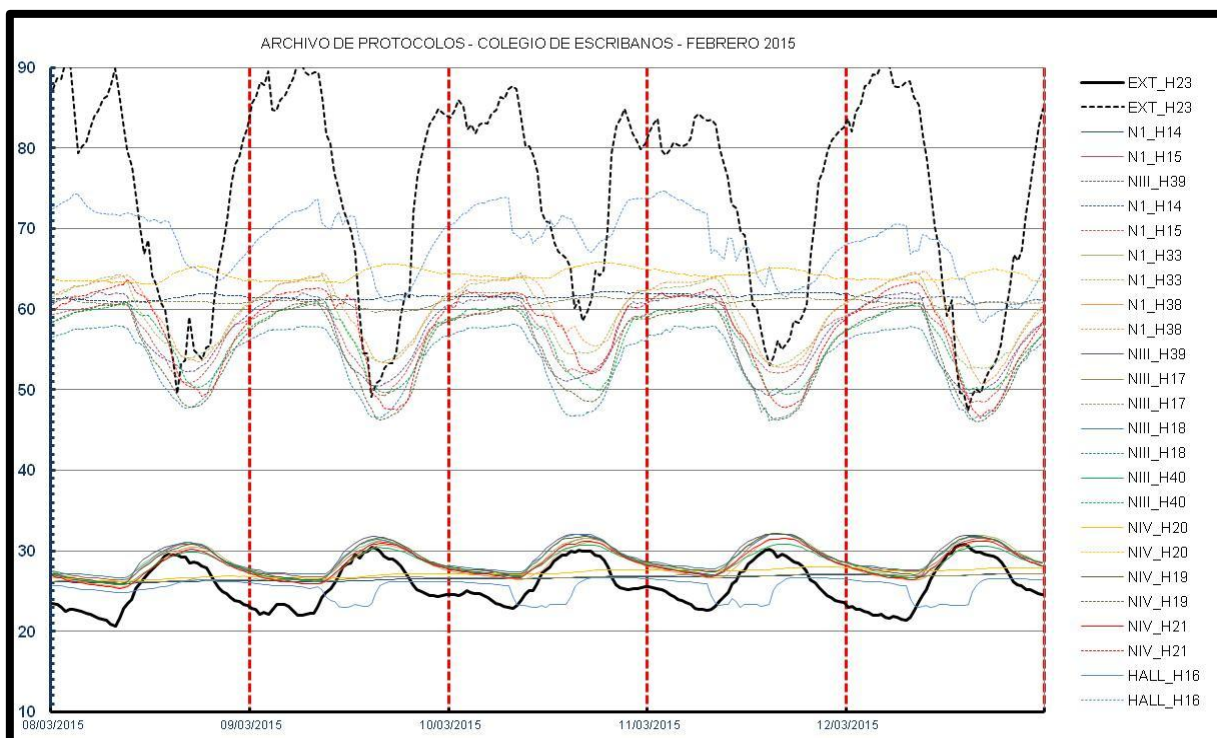


Figura 7: Transcurso de 5 días de verano.

En esta figura, se muestra un detalle del período de verano en el que se observa, por una parte, que el período auditado no tuvo temperaturas máximas habituales, es decir, fue un período templado.

Por otra parte se observa que el interior del edificio está a mayor temperatura que el aire exterior; aun de noche cuando las temperaturas descienden hay 5°C de diferencia. Esto confirma la recomendación de Givoni comentada anteriormente.

Analizando el interior de las naves, es notable la situación de los sensores 14 y 17, colocados a 0,60m del nivel cero respecto del resto. La masa de acumulación que brinda la sobre elevación del terreno reduce la dispersión de la temperatura, estabilizando además la humedad relativa.

No se observan diferencias significativas entre los sensores ubicados en zona este y oeste, más que el desfase producido por las horas de insolación.

CONCLUSIONES

En esta campaña de medición se observó que en verano la temperatura interior de las naves es superior a lo ideal para un ambiente de conservación, con mínimas de 24°C, mientras que la humedad relativa se encuentra gran parte del tiempo dentro de lo esperable, entre 50 y 65%.

La inercia térmica que le otorga al ambiente la masa de acumulación del suelo es una potencialidad que deberá ser tenida en cuenta en la construcción de nuevos depósitos, para incorporar en muros perimetrales o muros divisorios interiores.

Queda evidenciada la necesidad de implementar un sistema de ventilación nocturno que saque partido a la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.

Los niveles de iluminación excedieron los valores óptimos en reiteradas oportunidades. Dado que no es un espacio previsto para lectura se sugiere mantener las luces apagadas, y

encenderlas sólo en caso de estricta necesidad; y evitar el ingreso de luz directa desde las aberturas colocando cortinas translúcidas o parasoles.

BIBLIOGRAFÍA

Bell, L., & Faye, B. (1980).
Paris: Unesco.

Givoni, B. (1969). *Man, climate, and architecture*. Amsterdam: Elsevier.

IRAM. (1996). IRAM 11605. *Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

IRAM. (2002). IRAM 11601. *Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario*. Instituto Argentino de Normalización y Certificación.

UNI. (1997). UNI 10586. *Condiciones climáticas para ambientes de conservación de documentos gráficos y características de los alojamientos*. Italia: Ente Italiano di Normazione.

UNI. (1999). UNI 10829. *Bienes de interés histórico y artístico. Condiciones ambientales de conservación. Mediciones y análisis*. Ente Italiano di Normazione.