

EVALUACIÓN DE CONDICIONES DE ILUMINACIÓN NATURAL CON LUZ CENITAL. MEDICIONES EN EDIFICIOS DE LA CIUDAD DE BUENOS AIRES.

María Leandra González Matterson⁽¹⁾, María Eugenia Kralj⁽¹⁾ y John Martin Evans⁽²⁾
Centro de Investigación Hábitat y Energía CIHE, SICyT - FADU - UBA
Pabellón 3, 4to. Piso, Ciudad Universitaria, C.P. 1428, Capital Federal
Fax: 54 011 4789- 6274. E-Mail: lgh@cvtci.com.ar, evans@fadu.uba.ar

RESUMEN- Este trabajo presenta el avance de la realización de la investigación orientada a la obtención de mediciones de iluminación natural con luz cenital en edificios existentes de la Ciudad de Buenos Aires. Se describe la metodología utilizada para las mediciones de la iluminación natural, mediante fotómetro y luxómetros. Se exponen los resultados de las mediciones realizadas en días de cielo cubierto y las conclusiones parciales.

PALABRAS CLAVES- Iluminación natural, luz cenital, fotómetros, Buenos Aires.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los niveles de iluminación natural, medidos como Iluminancia y Factor de Luz Diurna (FLD) y la influencia de elementos arquitectónicos y niveles de reflectancia de superficies, permiten obtener datos y posibles soluciones en relación con los niveles de iluminación requeridos en espacios interiores y, simultáneamente, la evaluación del comportamiento térmico en función del uso racional de la energía. Asimismo, la comparación de las mediciones in situ con programas de simulación numérica (Kralj et al., 2000) y/o la comparación con ensayos realizadas en el Cielos Artificial, permiten perfeccionar una herramienta fundamental de evaluación del recurso de luz natural en edificios (Baker, 2000).

Otro de los objetivos del Proyecto de Investigación es realizar una serie de fichas que recopilen toda la información de los casos de estudios y a la vez complementar las mismas con una reseña histórica de la construcción y realización de la obra, incluyendo además los datos de clima de la ciudad donde se ubican las obras, datos constructivos y de funcionamiento térmico, y una profundización en la calidad de iluminación y la descripción de elementos interiores, con la incorporación de los niveles de iluminación en lux, (Fontoynt, 1999).

Se presentan los resultados obtenidos, expresados como Factor de Luz Diurna o FLD, así como las observaciones realizadas en los lugares de medición, en este caso el edificio de la Casa de la Cultura de la Ciudad de Buenos Aires (ex- La Prensa) y el Museo Municipal de Arte Español Larreta, ambos ubicados en la Ciudad de Buenos Aires.

Las mediciones en Cielo artificial se realizaron en el Laboratorio de Estudios Bioambientales LEB del Centro de Investigación Hábitat y Energía, en un Cielo Artificial tipo espejo, (Evans et al., 1998).

CASOS DE ESTUDIO

Las mediciones se realizaron hasta el momento en ocho edificios públicos de diferentes características, referentes al uso, tipología, elementos constructivos y niveles de iluminación interior. Además de las mediciones, se procedió al armado de fichas de información (evaluación subjetiva y objetiva), planillas de datos (FDL).

Para la conformación del listado de edificios con iluminación cenital, se incluyeron los siguientes edificios:

- 1) La Casa de la Cultura de la Ciudad de Buenos Aires
- 2) Museo de Arte Español Enrique Larreta
- 3) Palacio de la Legislatura de la Ciudad de Buenos Aires
- 4) Estación terminal de trenes de Retiro (Ramal Mitre)

Casa de la Cultura de la Ciudad de Buenos Aires

El edificio actualmente denominado Casa de la Cultura, tuvo como programa arquitectónico albergar la sede del diario La Prensa (institución de gran prestigio en el siglo XIX), que además mantuvo esta función por más de 90 años. Se encuentra ubicado en la Avenida de Mayo, y su construcción está ligada a un proceso urbanístico. El edificio se construyó en tres años, comenzando en el año 1895, por el Arq. Gainza y el Ing. Agote y el sistema estructural diseñado por la firma "Moinsant, Laurent, Savey et Cie" (Paris, Francia). El edificio se organiza alrededor de un patio central, y en el momento de su construcción albergaba funciones tales como: salón de conferencias, recepción, oficinas técnicas y administrativas, sector de impresión, distribución y comercialización, central telegráfica, albergue para huéspedes ilustres, consultorios profesionales, salones de esparcimiento, biblioteca, etc.

(1) Becarias, Agencia de Promoción Científica y Tecnológica, Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación.

(2) Director del Proyecto PICT-97 Nro. 1623

El proceso de diseño del edificio resulta complejo, ya que intervinieron en él profesionales y firmas internacionales, con la adaptación al terreno y sistemas constructivos por parte de profesionales del país. Las fachadas y la decoración del edificio están caracterizadas por el diseño “eclectico”, combinando las últimas tecnologías en sistemas estructurales metálicos.

Características de la iluminación natural: El espacio central está compuesto por cuatro niveles de balcones que se organizan alrededor del patio, sobre la Planta Baja del Edificio, y está iluminado por una cubierta de vidrio movable, que posee estructura metálica, compuesta por perfiles de hierro. Esto determina un gran espacio central con distintos niveles de iluminación que disminuyen a medida que aumenta la distancia entre la cubierta y el nivel en estudio. La altura total del espacio central es de 31,00 metros y la planta es rectangular de 13,00 x 12,00 metros. La planta del edificio es en forma de claustro, y los ambientes interiores se encuentran iluminados con aberturas hacia la calle. Sólo algunos ambientes están iluminados únicamente por aberturas hacia el patio central y otros se encuentran iluminados por ambas.

Museo Municipal de Arte Español Enrique Larreta

La historia de esta casa remite a las quintas de verano de la burguesía porteña existentes en el barrio de Belgrano en el siglo XIX. Fue construida en la segunda mitad del siglo XIX por el ingeniero Ernesto Bunge. La casa poseía un patio abierto con una fuente en el medio. En 1916, el arquitecto Martín Noel fue solicitado para para refaccionarla. Quedó así convertida en un “palacio castellano” de estilo neo-colonial. A la muerte de Enrique Larreta, sus herederos vendieron la propiedad a la Municipalidad, con la finalidad de destinarla a museo, el cual abrió sus puertas en 1962. El patio central fue techado, convirtiéndose en un amplio vestíbulo, con una linterna central de forma rectangular, con aberturas en los cuatro lados.

Características de la iluminación natural: El edificio resulta de interés en cuanto a la iluminación natural, debido a que el vestíbulo central se encuentra iluminado por una linterna rectangular con doce ventanas en total, tres en cada muro, lo que permite la iluminación cenital del espacio. Este vestíbulo que anteriormente fuese un patio, comunica con todas las habitaciones que se organizan alrededor del mismo. La única fuente de iluminación entonces son las aberturas ubicadas en la parte superior y central.

METODOLOGIA DE LAS MEDICIONES

Dentro de los edificios se eligieron los locales que eran representativos de un sistema de iluminación específico y además se complementaron con la elección de situaciones espaciales distintas en la relación a las fuentes de iluminación natural (tamaño de aberturas, ubicación de los locales en altura, con aberturas de ambos lados o solo de un lado, etc.)

Condiciones de cielo

- Se seleccionaron días de cielo totalmente cubierto (overcast) para la realización de las mediciones.
- Debido a que las condiciones de cielo se caracterizan por una gran variabilidad de los valores de iluminancia en períodos de tiempo también variables (Evans et al., 1998), se tomaron mediciones de las condiciones de cielo una vez por minuto (luxómetro 1) y simultáneamente mediciones en el interior de los edificios (fotómetro). Se compararon los valores obtenidos con el luxómetro y el fotómetro simultáneamente.
- Se accedió, en todos los casos, a las cubiertas de los edificios evaluados y se ubicaron los instrumentos de medición en los lugares que permitieran obtener una medición sin obstáculos exteriores.

Iluminancia

- Las mediciones se realizaron a un nivel de +1,00 metro para todos los casos, por medio de la utilización de un trípode nivelado para obtener una posición totalmente horizontal del instrumento de medición (fotómetro).
- Se utilizaron grillas de ubicación del fotómetro, ortogonales, y se eligió la cantidad de puntos y su ubicación de acuerdo a la disposición de las aberturas o elementos cenitales en cada ambiente evaluado.
- Luego se realizó la comparación de los resultados obtenidos en el interior de los locales y de las condiciones de cielo obtenidas en el mismo minuto, obteniendo el **Factor de Luz Diurna (FDL) (%)**: Iluminancia interior (lux) dividido por la Iluminancia exterior (lux) sin obstáculos.

Reflectancia

- Para medir los coeficientes de absorción de los materiales (reflectancia) se utilizó un elemento experimental para obtener valores de reflexión (Evans et al., 1999). Se utilizó la comparación de las mediciones obtenidas con dos luxómetros simultáneamente, 1) un material de referencia (coeficiente de reflexión conocido, tarjeta blanca Kodak “Gray Card”), y 2) el material cuya reflectancia es desconocida.
- Se realizó este procedimiento para establecer los valores de reflectancia de los muros, solados y elementos de mobiliario interior. Se promediaron al menos tres valores de medición para obtener el valor definitivo.

Transmitancia

- Se midieron los valores de Transmitancia (%) de los vidrios de los elementos de iluminación analizados.
- Se realizaron mediciones delante del vidrio e inmediatamente por detrás del vidrio y en la misma ubicación (en un mínimo de tres veces). De estos valores se establecieron promedios que se volcaron en las fichas de medición.

Relevamiento fotográfico

- Se realizó un relevamiento fotográfico de los espacios analizados, tomando las fotografías con iluminación natural y en algunos casos artificial, para obtener una imagen de los niveles de iluminancia y reflejos interiores (Fontoynt, 1999).

Recopilación de mediciones in situ y evaluación subjetiva

- Se completaron planillas de características de los elementos de iluminación (ventanas, puertas, cubiertas vidriadas, claraboyas, etc.), y se volcaron asimismo datos de la evaluación subjetiva.
- Se recopiló información y referencias históricas de los edificios, datos de construcción, contexto, plantas, cortes, vistas, etc. Asimismo se realizó un relevamiento in situ, a fin de establecer las terminaciones y las dimensiones de los locales así como de los elementos de iluminación (Pattini, 1999).

Simulaciones

- Se realizaron simulaciones por computadora, permitiendo la comparación de los niveles de iluminancia obtenidos in situ, y los resultantes de la simulación (Kralj et al., 2000) con el programa Daylight (Frame & Birch, 1991).

Instrumental utilizado

- Se utilizaron dos luxómetros (LT-Lutron, LX-103), un fotómetro (Li-Cor, LI-250), un trípode para ubicar el fotómetro en posición horizontal y regular la altura de medición; una cámara fotográfica con una lente tipo gran angular; y un instrumento experimental para obtener valores de reflexión (Evans et al., 1999).

PRIMEROS AVANCES Y RESULTADOS

En esta primera etapa de recopilación de resultados, se presentan los avances realizados en ambos edificios. La comparación entre ambos demuestra la relación entre la distribución de la iluminación natural y la terminación y disposición de los elementos interiores. Asimismo, los elementos constructivos propuestos para iluminar no son iguales. En el caso del Edificio de la Ex La Prensa se realiza por medio de una cubierta de vidrio, y el Museo Larreta a través de ventanas ubicadas en una linterna superior. Para ambos casos, a continuación se exponen las mediciones obtenidas in situ, cortes con la curva del factor de luz diurna, plantas con la distribución de niveles de iluminación y las características del edificio (materiales y superficies).

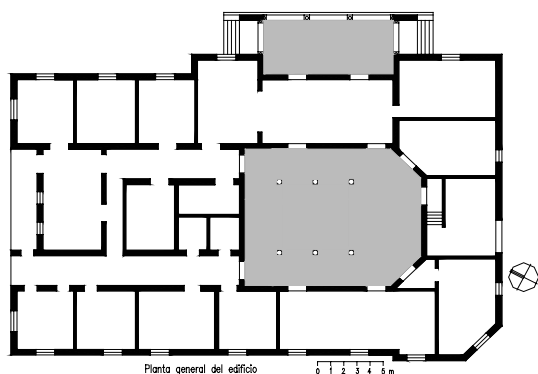
Edificio Museo de Arte Español Enrique Larreta

La fuente principal de iluminación del salón de exposición central, resulta la luz proveniente de las aberturas ubicadas en la parte superior, en la doble altura. Otros ambientes tienen iluminación a través de la galería, orientada al Oeste, pero para la preservación de los objetos expuestos se realiza la iluminación de manera artificial, evitando la radiación del sol en forma directa. El nivel de iluminación del Salón de exposiciones, donde se encuentra gran parte de la exposición permanente del Museo, resulta de niveles bajos de iluminación, de distribución uniforme. Las aberturas orientadas al Noroeste, en la linterna superior, permiten la entrada de sol directo. Por ello, los postigos de madera de estas tres aberturas, permanecen durante todo el tiempo cerradas, evitando así la radiación sobre las pinturas en exposición. Esto produce que el nivel de iluminación general disminuya considerablemente. En el resto de las aberturas esto no resulta necesario ya que por obstáculos externos del propio edificio y por orientación, no hay penetración solar. El edificio tiene materiales de gran capacidad térmica y los espesores de muros varían de 0,40 a 0,60 metros. Las aberturas superiores son ventanas de abrir, y se complementan con postigos de madera.

Edificio Museo Larreta		Edificio Casa de La Cultura	
Valores de FDL obtenidos	FDL (%)	Valores de FDL obtenidos	FDL (%)
Salón de exposiciones en PB (Centro)	0,25 a 0,30	Patio en PB (Centro) (+ 0,00m)	máximo 1,00 a 1,50
Salón de exposiciones en PB (Extremos)	0,00 a 0,20	Balcón en 1er. piso (+ 8,20m)	máximo 2,00 a 2,25
Galería en PB (extremo exterior)	20,00 a 33,00	Balcón en 3er. piso (+ 20,20m)	máximo 3,00 a 3,50
Galería en PB (extremo interior)	2,00 a 4,00	Balcón en 4to. Piso (+ 24,70m)	máximo 6,00 a 6,50

Figura 1. Valores de FDL para el Edificio del Museo Larreta y La Casa de la Cultura.

Planta baja del edificio (salón de exposiciones)



Interior del salón de Exposiciones



Figura 2. Planta general del edificio, sala de exposiciones central y fotografía.

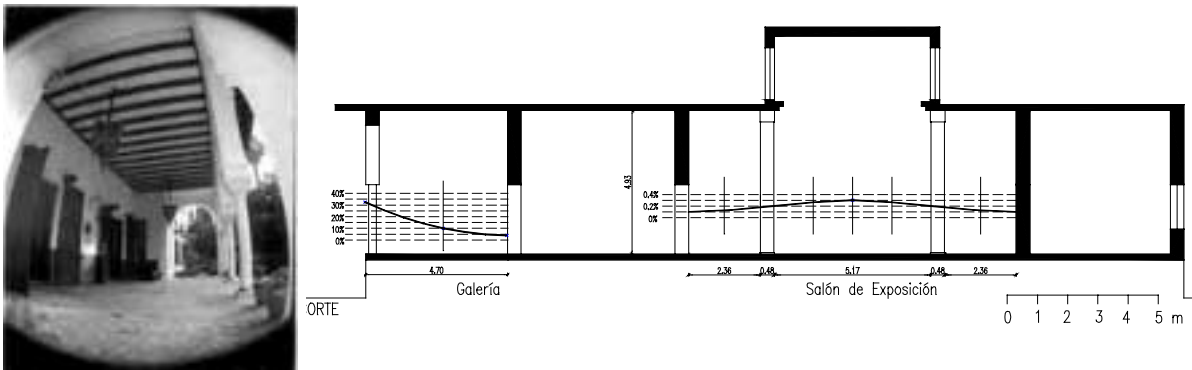
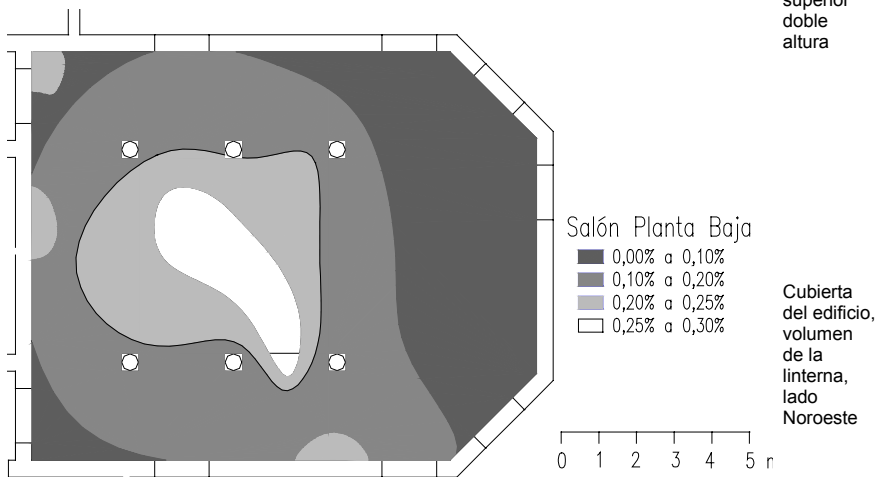


Figura 3. Corte general con FDL y fotografía de la galería exterior.

Planta con FDL, Salón de Exposiciones en Planta Baja



Linterna superior doble altura



Cubierta del edificio, volumen de la linterna, lado Noroeste

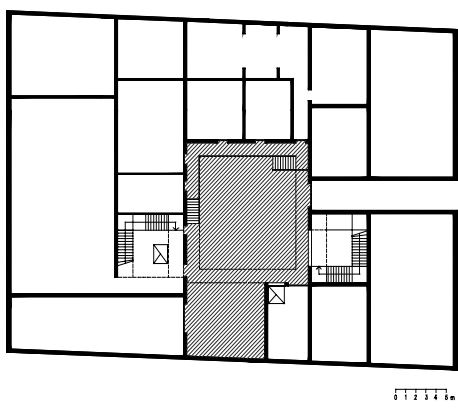


Figura 4. Planta con contornos y niveles de iluminación FDL. Fotografías del Salón de Exposiciones y cubierta.

Edificio Casa de la Cultura de la Ciudad de Buenos Aires

Se exponen los resultados de las mediciones obtenidas en patio central, a modo de patio de invierno, donde los valores de iluminación varían, según su disposición en altura, del 1,00% al 7,25% de FDL. La característica principal del espacio evaluado es que posee niveles de iluminación suficientes para la actividad desarrollada, principalmente circulación. Esto es permitido en gran medida por la terminación y el color claro de las paredes. Además el estado de limpieza y conservación de los elementos interiores es bueno. Asimismo predomina el confort visual, ya que no existen reflejos molestos y brillos. Desde el punto de vista del confort térmico, no se verificaron problemas de sobre-calentamiento, originados por la cubierta de vidrio, que está expuesta, sobretodo en los meses de verano, a la radiación solar directa. A pesar de esto, la cubierta de vidrio, de estructura metálica, está diseñada para correrse y permitir la ventilación natural. El accionamiento de este sistema se realiza en forma manual.

Planta general nivel 0,00 m



Corte norte-sur

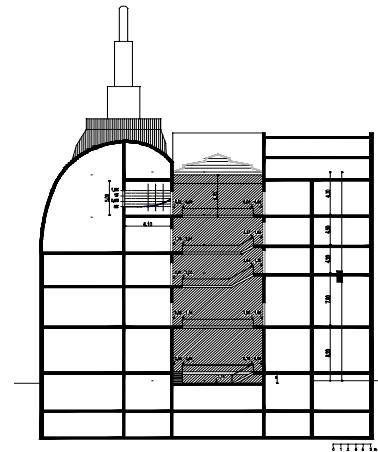


Figura 5. Planta general, corte general Norte-Sur, corte con FDL de sector del patio, fotografía del patio cubierto y cubierta vidriada.



Figura 6. Fotografías del patio desde el 4to. Nivel y cubierta vidriada.

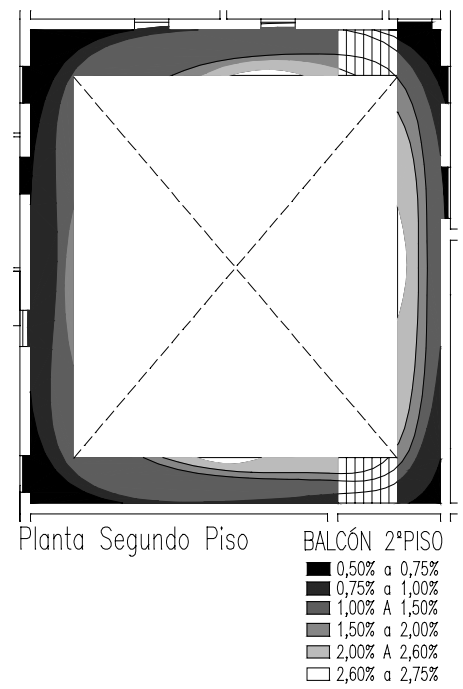
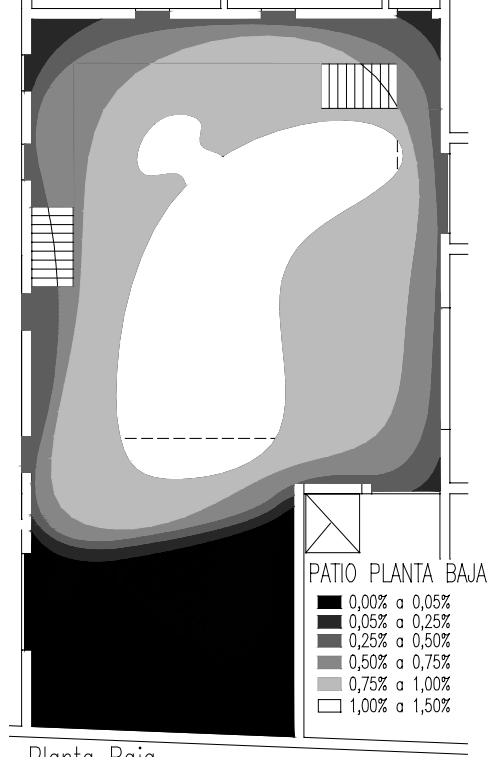


Figura 7. Plantas con contornos y niveles de iluminación FDL. Planta Baja y Segundo Nivel.

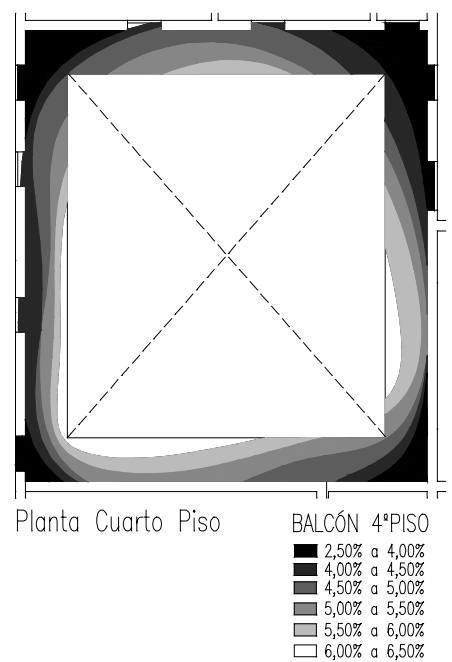
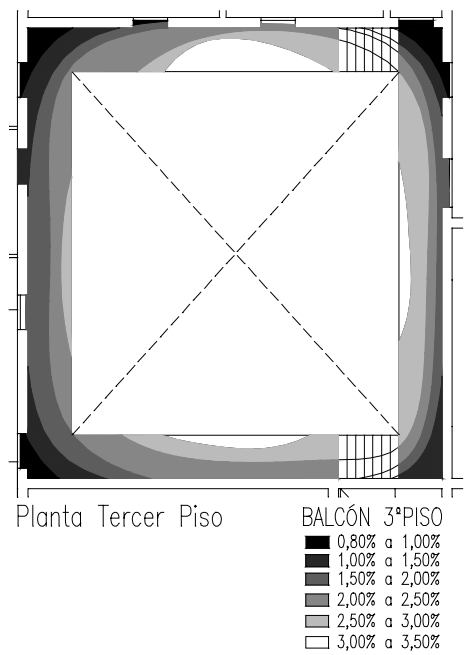


Figura 7. Plantas con contornos y niveles de iluminación FDL. Planta Tercer y Cuarto Nivel.

CONCLUSIONES

Niveles de iluminación uniformes

Los resultados demuestran que la iluminación obtenida resulta de distribución concéntrica y uniforme en las plantas analizadas. Asimismo, disminuyen proporcionalmente a medida que el plano de trabajo se aleja del elemento de iluminación cenital. Esto se puede comprobar en el caso del edificio La Prensa, resultando que los niveles de iluminación aumentan a medida que las mediciones se realizan una planta o nivel más cercano a la cubierta vidriada. Se obtuvieron los máximos coeficientes o factores (FDL) en las mediciones realizadas en el 4to. Nivel (+24,70 m), los que fueron disminuyendo desde un 45% en el primer nivel inferior hasta un 30% (diferencias de 4,20 a 6,50 m de desnivel entre cada planta).

Resultados obtenidos y métodos de cálculo de iluminación natural

Resulta dificultoso comparar las mediciones obtenidas con los métodos de cálculo de iluminación natural, para los casos de iluminación cenital, ya que éstos utilizan la comparación entre la superficie (m²) de planta iluminada y la superficie (m²) de la fuente de iluminación, que en la mayoría de los casos corresponde a una ventana. En cambio, en la evaluación de la iluminación cenital a través de un elemento de cerramiento vidriado, ubicado como parte integrante de una cubierta o ubicado próximo a ella, resulta altamente relacionada la distancia entre el piso y el elemento de iluminación.

Sensación del evaluador en comparación con los obtenidos

Los niveles de iluminación resultan agradables para el evaluador, aunque en los coeficientes de las mediciones resulten en algunos casos muy bajos o insuficientes, en relación con lo establecido en normas (IRAM 1969), como para el caso de la sala de exposición (Museo Larreta, de 0,05 a 0,3 % de FDL). Los dos edificios evaluados en este caso, poseen buenas condiciones en relación con el confort visual, no se perciben problemas de deslumbramiento o reflejos molestos. La dirección de iluminación es de arriba hacia abajo, iluminando los objetos y elementos en forma pareja. Los solados constituyen los elementos de reflexión principal que pueden causar discomfort visual.

Características de la iluminación en relación con el comportamiento térmico del edificio

Las características térmicas de los edificios resultan de buen comportamiento en lo que respecta al uso racional de energía. Los niveles de aislación térmica son elevados, por las técnicas constructivas utilizadas. Los espacios analizados, poseen la característica de poder ventilar en forma natural el calor excedente producido por radiación solar. El edificio de la Casa de la Cultura tiene la cubierta vidriada móvil en forma manual y el edificio del Museo Larreta, posee ventanas de abrir con postigos (protección solar y aislación térmica). Ambos tienen sistemas que permiten la ventilación natural, la protección solar y térmica, de accionamiento manual. Esto constituye una desventaja, ya que por falta de personal o mantenimiento, se opta por no utilizarlos o accionarlos, recurriendo entonces a la iluminación y al acondicionamiento térmico artificiales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del Proyecto PICT-97 Nro. 1623 "Optimización de condiciones lumínicas y energéticas: ensayos en el cielo artificial, mediciones y simulaciones", con financiamiento de la Agencia de Promoción Científica y Tecnológica. Al personal y directivos de los edificios evaluados, y a los arqs. Palmero y Cavilli, por el equipamiento facilitado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baker M. (2000). "Daylight modelling in an artificial sky as a teaching aid to the understanding of daylight". *TIA 3rd International Conference for Teachers of Architecture*. Oxford, UK, pp. 6.09.
- Evans, J. M., Bogatto, M., Mármora, M. I., San Juan, G. A. (1998). "Iluminación en maquetas y espacios con iluminación natural". Recomendaciones para su medición". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Volumen 2, N. 2, Salta, Argentina. Volume 2, pp. 37-40.
- Evans, J.M, Bogatto, M., Eguía S., Baroldi G., (1999) "Uso de modelos a escala en el Cielo Artificial. Características de reflexión de los acabados superficiales interiores y exteriores". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Volumen 3, N. 2, Tucumán, Argentina. Volume 3, pp. 169-172.
- Fontoynt, M. (1999) "Daylight performance of buildings". (James & James) for European Comission Directorate General XII for Science, Research and Development. Lyon, France.
- IRAM-AADL J20-02 (1969) "Iluminación natural en edificios. Condiciones generales y requisitos especiales".
- Frame, I. & Birch, S. (1991). Daylight Version 4.1, Dept. of Built Environment, University of East Anglia.
- Kralj M. E., González Matterson M. L., Evans J. M. (2000). "Mediciones y simulación de iluminación natural en edificios con patios de la Ciudad de Buenos Aires". Trabajo enviado a *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Resistencia, Corrientes, Argentina.
- Pattini A. (1999) "Procedimiento de análisis para la restauración de la iluminación natural en un edificio de patrimonio cultural en la provincia de Mendoza". *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*. Volumen 3, N. 2, Tucumán, Argentina. Volume 3, pp. 141-144.

EVALUATION OF DAYLIGHT CONDITIONS IN TOP-LIT SPACES. MEASUREMENTS IN BUILDINGS IN BUENOS AIRES.

ABSTRACT- This paper presents the advances of the research to obtain measurements of daylight in top-lit spaces in existing buildings in Buenos Aires. The methods used to obtain the measurements with luxmeters and photometers is described. The results of the measurements made on days with overcast sky are shown, together with the preliminary conclusions.