



ESTACIÓN DE MEDICION Y REGISTRO DE ILUMINACIÓN NATURAL (EMRIN): DISEÑO, PUESTA EN MARCHA Y RESULTADOS

John Martin Evans y Santiago Torres

Centro de Investigación Hábitat y Energía, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo.

Universidad de Buenos Aires, CC 1765, Correo Central (1000) Capital Federal, Argentina.

Fax: (+ 54) 11 4 576 3205. E-mail: evans@fadu.uba.ar

RESUMEN

El diseño arquitectónico que logra una eficiente utilización de la iluminación natural requiere información precisa sobre los niveles de la iluminancia del cielo. Con estos datos se pueden relacionar las mediciones relativas realizadas en un cielo artificial o valores obtenidos mediante simulaciones numéricas, con los niveles de iluminancia obtenidos bajo el cielo real. Con el objetivo de proporcionar los datos del potencial de iluminación natural en la Ciudad de Buenos Aires, se ha establecido una central permanente de mediciones: Estación de Registro de Iluminación Natural (EMRIN) en la FADU-UBA, la primera de su tipo en América del Sur. Este trabajo presenta las características de la estación de mediciones, las variables registradas y los primeros resultados, incluyendo la eficacia lumínica de la radiación solar en días con sol y días nublados. Los resultados son comparados con valores obtenidos en otras latitudes. Con los valores de la eficacia lumínica y mediciones de la radiación solar, se puede estimar el recurso lumínico en otras regiones de Argentina.

ABSTRACT

To introduce efficient natural lighting in architectural design it is necessary to have accurate information of the sky illuminance levels. With this data, proportional measures made in an artificial sky or relative values obtained by means of numerical simulations, can be related to illuminance levels from real sky conditions. To obtain values of the natural lighting potential in Buenos Aires, a permanent station for measuring and recording natural lighting potential has been set up in the FADU-UBA, one of the first in South America. This paper introduces the characteristics of the station, the variables recorded and the first results, including luminous efficacy of solar radiation in sunny or cloudy days. Results are compared with values from other latitudes. With luminous efficiency data and solar radiation measurements, the illuminance levels in other regions of Argentina can be estimated.

INTRODUCCIÓN

La iluminación natural proporciona condiciones de iluminación favorables con menor consumo de energía y reducido impacto ambiental. El cielo artificial (1), construido en el Centro de Investigación Hábitat y Energía de la FADU-UBA, proporciona datos de la iluminación relativa o factor de luz diurna en el plano de trabajo. Alternativamente, programas de simulación numérica, tales como 'Superlite' (2) o 'Daylight' (3), facilitan la estimación del Factor de Luz Diurna (FLD), la proporción de la iluminación recibida en un punto en el interior del edificio y la iluminación recibida sobre una superficie horizontal sin obstrucciones. Para interpretar estos resultados se requieren datos de la iluminancia del cielo con el fin de relacionar las mediciones o simulaciones relativas realizadas en el cielo artificial o en computadora con los niveles de iluminancia obtenidos bajo el cielo real.

La medición del recurso de luz natural requiere series de valores periódicos, durante las 24 horas con una frecuencia tal que registre sus variaciones a lo largo del día. Para ello, se procedió al diseño del proyecto de un banco de mediciones ubicado en el exterior de la Facultad, sobre el techo de Pabellón III, Ciudad Universitaria, para instalar instrumental de medición de radiación solar e iluminación en forma permanente. Este informe presenta los objetivos, criterios de diseño, datos de la construcción y puesta en marcha del banco de mediciones de la ERPIN, así como los primeros resultados obtenidos.

Banco de Mediciones

El banco de mediciones se compone de una superficie horizontal a una altura de 1,6m para la ubicación de los sensores, y un gabinete inferior para alojar el equipo de registro y el tablero de alimentación así como un sensor de temperatura y humedad relativa (Fig 1). Cada sensor tiene una base con nivel de burbuja y tornillos para asegurar la nivelación. La altura de los sensores disminuye la posibilidad de proyección de sombras por parte de las personas mientras visitan el banco para grabar los datos almacenados. Al mismo tiempo, esta altura permite una inspección y eventual limpieza de la superficie superior de los sensores, adicionalmente a su nivelación inicial. Los sensores incluidos en el equipo son:

- Piranómetro P1, mide la radiación global sobre superficie horizontal: radiación directa del sol y difusa de la bóveda celeste. Por su ubicación se excluye totalmente la radiación reflejada del suelo y de obstáculos
- Fotómetro F1, mide la iluminancia global con una exposición a la totalidad de la bóveda celeste. Son limitados los obstáculos hacia el oeste con una altura máxima de 6,8°.
- Fotómetro F2, con una exposición similar al fotómetro F1, con el agregado de una máscara ajustable de protección que evita una exposición a la luz directa del sol, formando una sombra sobre el sensor en distintas épocas del año.
- Termómetro T1 (bulbo seco) y sensor de humedad relativa H1 integrados en un solo elemento colocado en la parte inferior del caja de mediciones, con anillo de protección, que logra una eficaz protección de la radiación solar directa y la lluvia.

Tabla 1. Datos de los sensores

Medición	Radiación	Iluminación	Iluminación sin sol directo	Temperatura bulbo seco	Humedad relativa
Código, Li-cor 1400	I1P	I2P	I3P	V1M	V2M
Sensor	Piranómetro	Fotómetro	Fotómetro		
Referencia y unidades	P1, Watts/m ²	F1, klux	F2, klux	T1, ° Celsius	H1, %

Medición

Los datos de los cinco sensores son registrados por un data-logger manual programable modelo Li-cor 1400. Este equipo permite la programación de su funcionamiento usando una PC, mediante un programa especialmente proporcionado para tal fin. Este programa permite el ingreso de los datos de:

- Rutina de grabación de datos: tiempo de iniciación, tiempo de terminación, período de muestreo, período de registro.
- Grabación en cada canal: etiqueta del canal, constante de calibración del sensor, rutina de grabación, etc.

Los datos de los sensores están registrados con una frecuencia de 1 minuto durante las 24 horas del día. Cada 15 minutos el equipo realiza un promedio de los registros acumulados y graba los resultados en la memoria. Adicionalmente, el equipo está programado para grabar los valores máximos y mínimos durante cada período, conjuntamente con la hora correspondiente. Esta rutina de obtención de datos proporciona información con una frecuencia suficientemente corta para analizar las condiciones medias y variaciones durante cada período del día. Al mismo tiempo, evita la acumulación de un número excesivo de datos que disminuye el tiempo de autonomía de la grabación. Con esta rutina de medición instalada, el equipo almacena los datos de por lo menos 9 días. Sin embargo los datos son transferidos a la computadora con un intervalo máximo de 7 días y normalmente cada 5 días para evitar la pérdida de información. La rutina de grabación de datos 'escribe' los nuevos valores sobre los datos más viejos. La transferencia de los datos a la computadora no 'borra' los datos grabados. Así, siempre quedan valores de la transferencia anterior que permiten verificar el empalme y la continuidad de los datos. El pre-procesamiento de los datos y su organización facilitan el análisis posterior. Los archivos de datos tienen un formato apto para su incorporación directa en una planilla electrónica.

Tablero

El tablero, en el interior de la caja de instrumentos, fue proyectado e instalado con los siguientes elementos (fig. 2):

- Un interruptor general (1) controla la entrada de alimentación permanente de 220V.

- Un segundo interruptor (2) opera una lámpara en caso de que se utilice el equipo durante la noche.
- Dos toma corrientes proveen alimentación para el equipo de registro (3) y para la operación periódica de una PC portátil (4) para la descarga de los datos almacenados.
- La lámpara (5) ilumina el teclado y pantalla del equipo de registro de datos y el estante de apoyo de la PC portátil.
- El tablero se completa con el equipo de registro (6), el cual almacena mediciones de los sensores cada 15 minutos.

Adicionalmente, el equipo de grabación y almacenamiento de datos tiene baterías internas que aseguran su funcionamiento durante posibles cortes de luz. La lectura de los datos almacenados en las horas nocturnas evitará las posibles sombras sobre los sensores que pueden producirse durante el día, aunque durante el día se puede verificar mejor la limpieza de los sensores y el ajuste de la banda protectora.



Fig. 1 Estación de medición

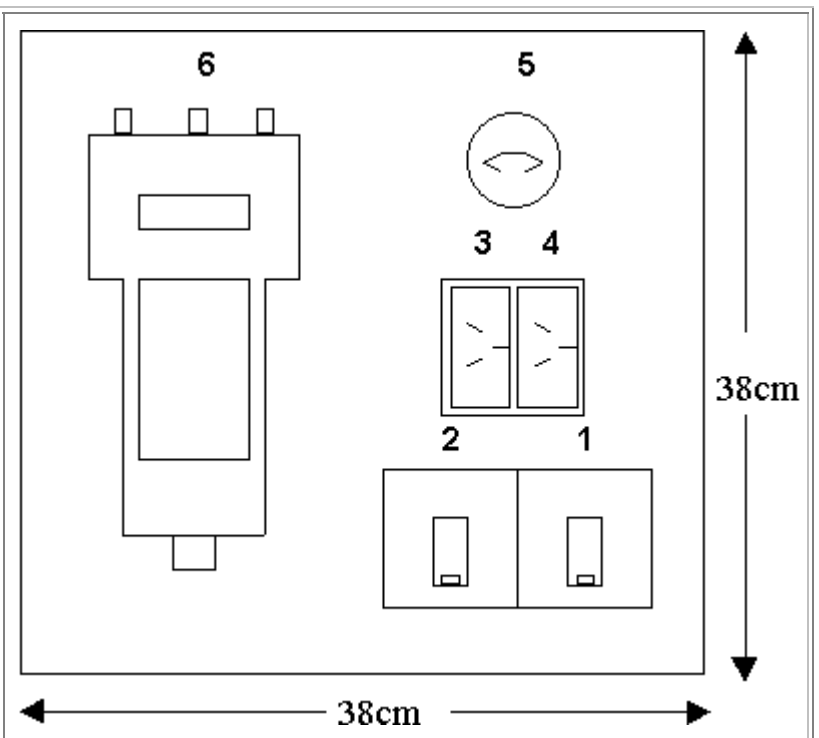


Fig. 2 Esquema del tablero

El procedimiento de transferencia y mantenimiento tiene una duración de unos 15 minutos en total:

- Cuando el operador abre la casilla, verifica la ausencia de agua sobre los instrumentos en su interior. En días de lluvia, será necesario limpiar el estante que permite apoyar una PC durante el proceso de bajada de datos y los bordes de la puerta.
- Se conecta la computadora con el datalogger con el cable RS232.
- Con el software de la computadora, se establece la conexión y se inicia la transferencia de datos a un archivo con un nombre correlativo: Datos-1.txt, Datos-2.txt, etc.
- Se realiza una inspección de los sensores para verificar su limpieza.

- En pantalla se verifica el estado de las baterías; un 'display' titilando indica baterías bajas. El equipo mantiene la grabación de datos durante un tiempo de varios días y no pierde los datos grabados. El cambio de baterías dura aproximadamente 15 minutos, intervalo en el cual se pierden los datos.
- En días soleados se verifica la ubicación de la banda de sombra en el sensor F2 y realiza el ajuste necesario, según la variación de la declinación del sol.

Datos Iniciales

Durante los primeros dos meses de funcionamiento, la EMRIN registró datos completos con total normalidad según lo programado. El acopio de los datos se organizó semanalmente, efectuando al mismo tiempo un resumen con los promedios horarios de cada día. Los únicos datos perdidos corresponden a un cambio de pilas (2 horas).

Además, se computaron estadísticas mensuales para estudiar las características de la iluminación natural, así como su disponibilidad, en plazos más largos. Para esto se contabilizan la cantidad de horas con cielo claro, semi-nublado y nublado, y se calcula la eficacia lumínica en cada medición. Calculando la posición del sol para cada medición efectuada se pueden establecer tendencias que vinculen la altitud solar con la iluminancia global y la eficacia lumínica, según las condiciones del cielo. Son especialmente significativos los gráficos correspondientes a cielo claro, por ser más evidente la influencia de la luz solar directa.

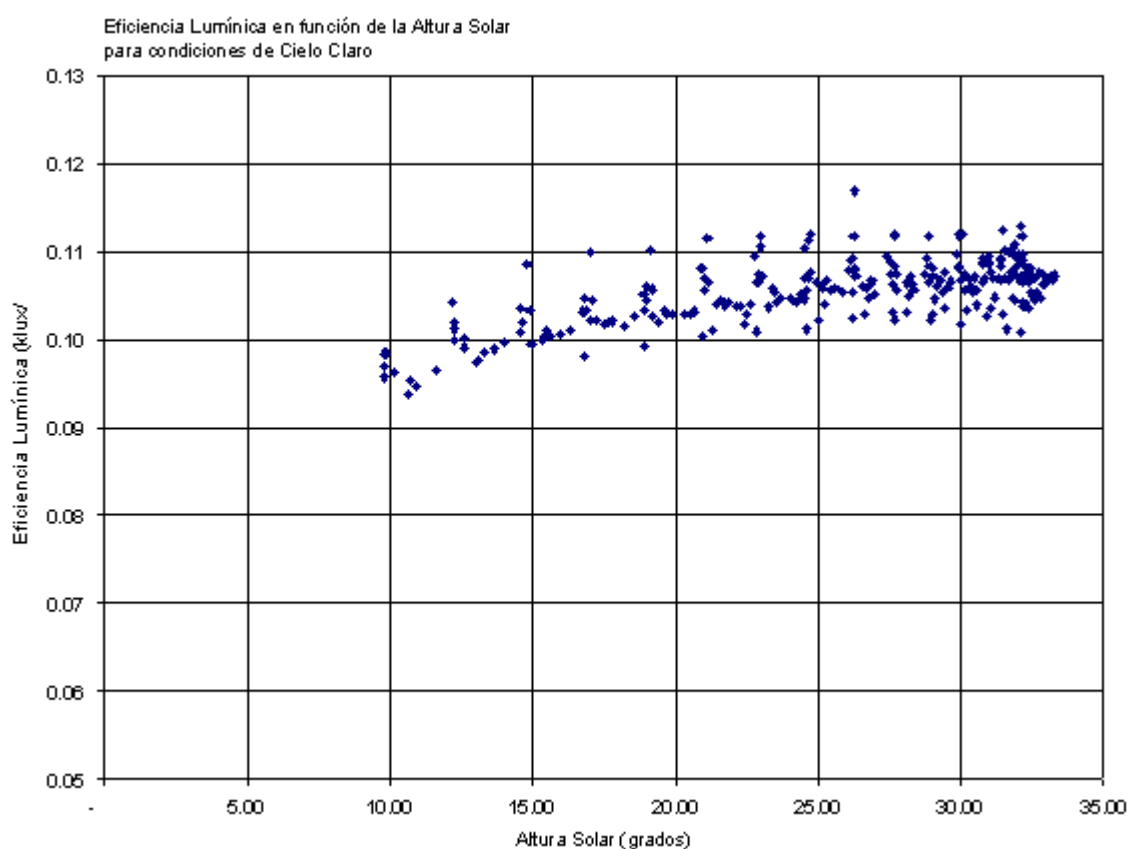


Figura 3. Eficacia lumínica de luz natural con cielo claro, según la altura solar

La eficacia lumínica de la luz natural con cielo claro es aproximadamente 0,105 km por Watt, con una tendencia de disminución cuando la altura del sol es inferior a 25°. Durante el período de medición en julio, la altura máxima del sol era 34°. Los resultados obtenidos son compatibles con los valores publicados en la bibliografía internacional, aunque algunos autores indican eficacias inferiores a 0,09 (Fig. 3).

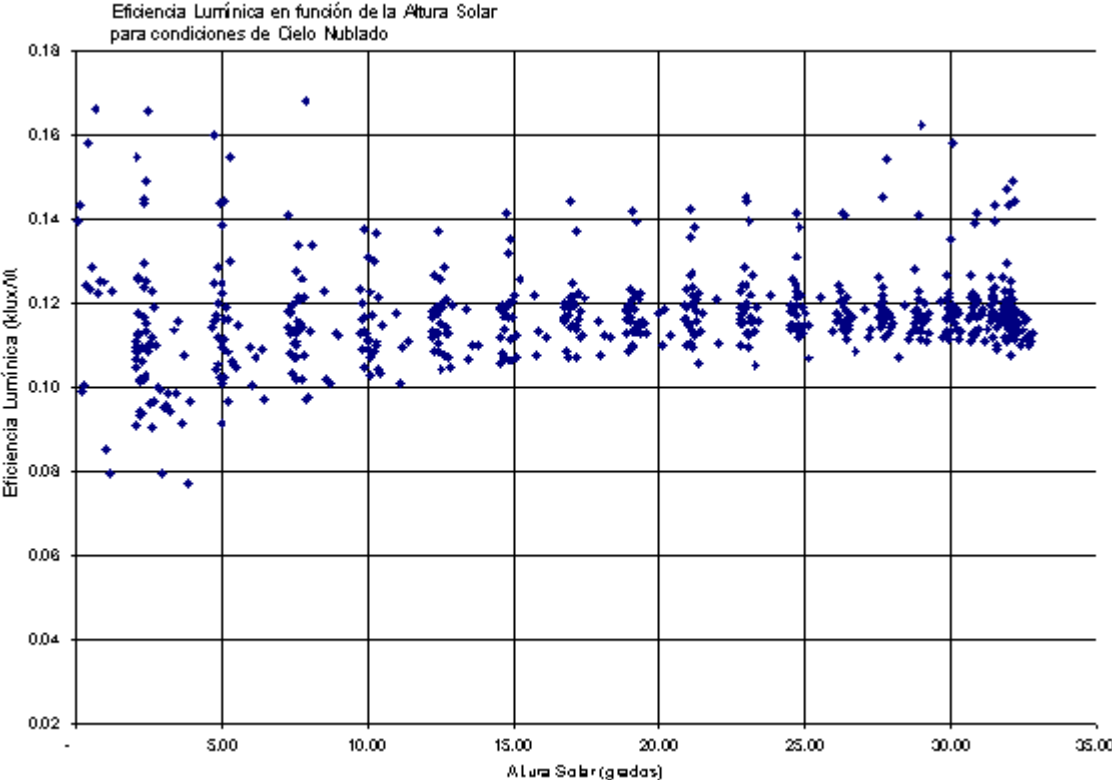


Figura 4. Eficacia lumínica de luz natural con cielo nublado, según ángulo de altura solar.

Con condiciones de cielo nublado, los valores de la eficacia lumínica presentan mayor dispersión, en especial para altitudes solares menores de 10°. En general, se obtuvieron valores más elevados que con cielo claro, arrojando un promedio de 0,116 klux/W. Igual que en el caso anterior, se observa una tendencia decreciente en bajos ángulos de altura solar (Fig. 4).

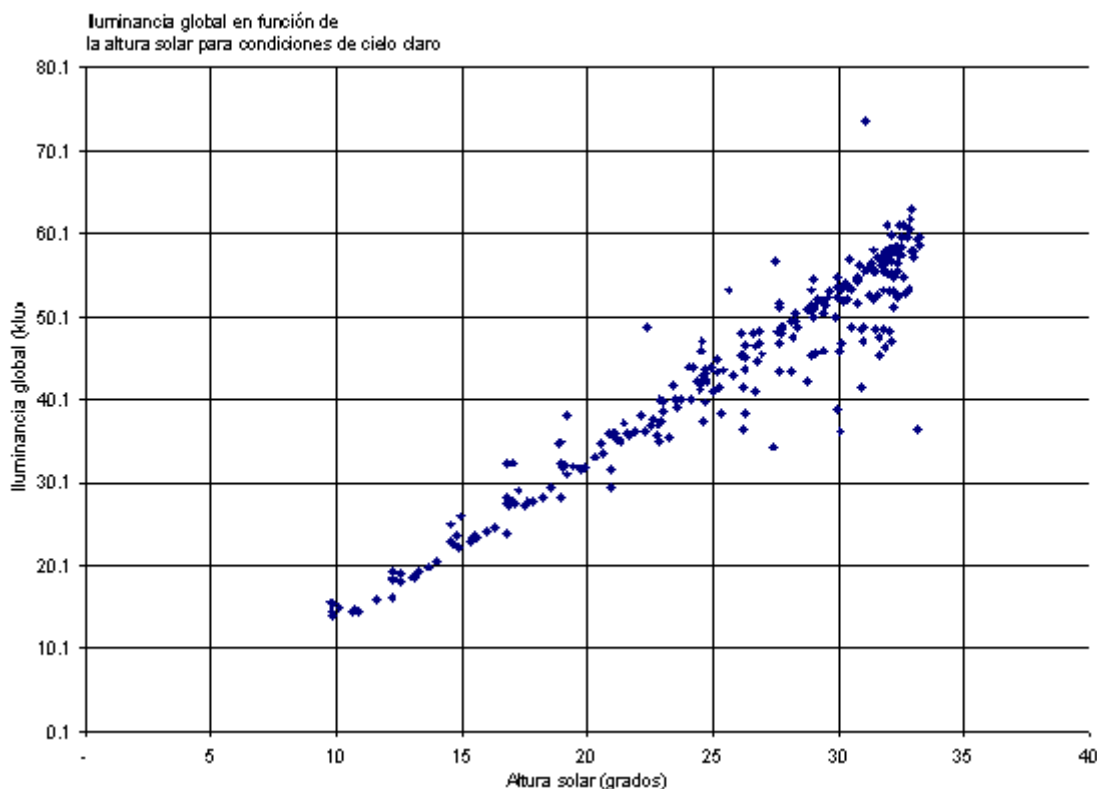


Figura 5. Iluminancia global con cielo claro según ángulo de altura solar.

El gráfico de iluminancia global en función del ángulo de altura solar para condiciones de cielo claro (Fig. 5) presenta valores ordenados sobre una recta de proporcionalidad directa, mostrando una distribución coherente de los datos con muy poca dispersión para altitudes menores de 25°.

CONCLUSIONES

Los primeros dos meses de datos de niveles de iluminación natural, obtenidos en la estación, proporcionan nueva información sobre el recurso lumínico en Buenos Aires y permitirán estimar el recurso potencial en otras localidades.

Las Figuras 3 y 4 indican valores de la eficacia lumínica y la iluminancia global según la altura del sol. Con estos datos se pueden establecer los valores de iluminancia, utilizando datos existentes de la intensidad de la radiación solar y valores calculados de la altura del sol. Con los datos de iluminancia global se establece la curva cumulativa del número de mediciones registradas mayor que ciertos valores. De esta manera puede establecerse la disponibilidad, en horas por día, de un cierto nivel de iluminancia global, la demanda de iluminación artificial y el ahorro energético que proporciona la iluminación natural.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo forma parte del proyecto de investigación "Optimización de condiciones lumínicas y energéticas: ensayos en el cielo artificial, mediciones y simulaciones" de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica.

REFERENCIAS

Muneer T. (1997) *Solar Radiation and Daylight Models for the Energy Efficient Design of Buildings*, Butterworth-Heinemann, Oxford

Baker N., Fanchiotti A., Steemers K. [editores] (1993), *Daylighting in Architecture*, A European Reference Book, James & James, London.

Grossi Gallegos H. (1997), *Evaluación a nivel de superficie de la radiación solar global en la República Argentina*, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Luján, División Física, Departamento de Ciencias Básicas.