

EVALUACION DE HERRAMIENTAS PARA CALCULOS DE ALUMBRADO NATURAL

Sr. Sebastián Cano¹ - Ing. Mario Raitelli² - Arq. Raúl Ajmat³

Departamento de Luminotecnia Luz y Visión.

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán.

Avda. Independencia 1800, C.P.4000, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina

Tel. (0381) 4364093 int.316/176, Tel./Fax (0381) 4361936

e-mail: ilum@herrera.unt.edu.ar, web: www.unt.edu.ar/facet/dlumin/

Resumen: En la mayoría de los programas de cálculo de alumbrado natural, es decir la radiación solar directa y el cielo, se utilizan dos tipos de datos: geometría solar y modelos estandarizados de cielos o bien, bases de datos obtenidas mediante registros periódicos que, como es sabido, se realizan casi exclusivamente en el hemisferio norte. Para los análisis en el hemisferio sur, tales programas asignan los datos correspondientes a la localización simétrica norte pero sin tener en cuenta, por lo general, las condiciones atmosféricas y ambientales particulares de cada región.

En este trabajo, se presentan algunos resultados de un estudio que tiene por objetivo evaluar la aplicabilidad de los datos de luz natural de distintos programas de cálculo, para realizar análisis de alumbrado natural en edificios situados en el hemisferio sur. Para llevar adelante el trabajo se han elegido programas disponibles comercialmente, algunos específicos para alumbrado natural y otros principalmente dedicados a la iluminación artificial de interiores, pero que incluyen rutinas de cálculo de luz natural. La metodología empleada consiste en comparar los resultados obtenidos mediante esos programas con registros fotométricos realizados en una muestra de edificios situados en el área metropolitana de la zona conocida como el Gran San Miguel de Tucumán, y además, sobre modelos a escala.

Palabras clave: Radiación solar - Luz natural - modelización.

Introducción

El empleo de herramientas informáticas como la computadora para diseñar iluminación, artificial o natural, se ha difundido en forma notable a partir de mediados de la década del 80. Sin duda, el grado de desarrollo alcanzado por la tecnología informática, tanto en materia de software como de hardware, ha permitido reducir sustancialmente los costos para acceder y utilizar esos recursos. Estos amplían enormemente el horizonte de posibilidades a la hora de realizar los análisis de cualquier proyecto de iluminación planteada.

Por otro lado, también se han logrado importantes niveles de confiabilidad en cuanto a precisión y exactitud (Aizlewood et al. 1998) de los análisis que se pueden realizar; en especial en el área del diseño de alumbrado natural. En el mismo, al problema de modelar física y arquitectónicamente el espacio que se pretende diseñar, se agrega la necesidad de simular las fuentes de luz natural, es decir la radiación solar directa y el cielo, cuyo rasgo distintivo es la amplia variabilidad, temporal y espacial, de sus características fotométricas y colorimétricas.

Metodología

Para llevar adelante el trabajo se han elegido programas disponibles comercialmente, algunos específicos para alumbrado natural y otros, principalmente dedicados a la iluminación artificial de interiores pero que incluyen rutinas de cálculo de luz natural. La metodología empleada consiste en comparar los resultados obtenidos mediante esos programas con registros fotométricos realizados en edificios situados en el área metropolitana de la zona conocida como el Gran San Miguel de Tucumán, y además, sobre modelos a escala. A fin de analizar las distintas variables involucradas, el estudio se lleva a cabo en distintas estaciones del año, para los tres tipos de cielo típicos, es decir: claro, seminublado y nublado.

¹ Becario Estudiantil del Consejo de investigación de la UNT.

² Director de Beca del Consejo de investigación de la UNT.

³ Codirector de Beca del Consejo de investigación de la UNT.

El edificio real y el modelo a escala

En la primera etapa del trabajo se seleccionó un edificio del sector educativo, por representar características particulares en cuanto a requerimientos de iluminación establecidos por la Norma Argentina (IRAM AADL J2002/4, 1969). Se trata de la Escuela Niñez Tucumana, situada en el área metropolitana de la zona conocida como el Gran San Miguel de Tucumán (lat. sur 27.8° y long. oeste 65.2°). El edificio se encuentra en un predio libre de obstrucciones externas cercanas (Foto 1).



Foto 1: Vista exterior del edificio real. Escuela Niñez Tucumana

Para los análisis, se trabajó con un aula tipo de 7,2m de longitud por 6,9m de ancho (Foto 2), con paredes de mampostería de ladrillo común y terminación interior de revoque fino, pintadas de color celeste (ρ 75%) y azul (ρ 15%), con un piso de mosaico granítico de color gris (ρ 43%) y un cielorraso horizontal plano también gris (ρ 33%) a una altura de 2,85m. El local dispone de cuatro ventanas ubicadas sobre la pared este con las siguientes dimensiones: 1,2 mx 1,2m con una altura de antepecho de 1,4m. Las aberturas están protegidas por parasoles verticales móviles. Sobre el muro oeste se encuentra un ventiluz de 0,45m por 7,0m a una altura de 2,1m, que linda a una galería de 6,8m de ancho. En el muro sur se encuentra la puerta de acceso al local de 2m de altura por 1,6m de ancho. Esta abertura es de doble hoja con vidrio repartido en su parte superior y al igual que las demás carpinterías de aberturas, está construida en aluminio natural (ρ 52%) y vidrio translúcido (τ 85% y ρ 12%).

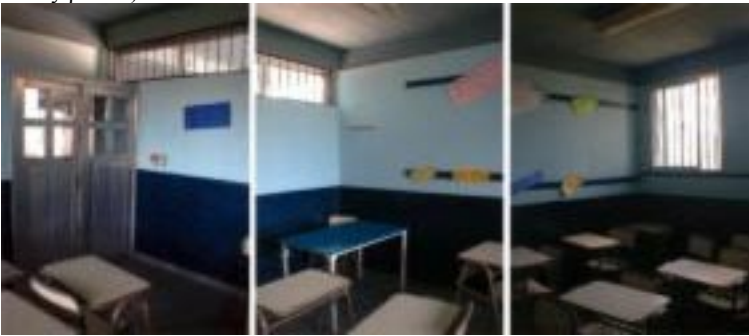


Foto 2: Vista interior de la instalación real.

El mobiliario del local consiste en pupitres metálicos individuales de 0.45m x 0.37m x 0.70m de color gris (ρ 50%), una mesa metálica para el docente de dimensiones 1,1m x 1,8m. Además, hay dos armarios integrados a la pared sur, el primero, situado al lado de la puerta de acceso, de 2,05m de altura por 1,9m de ancho y el segundo de 0,75m de altura por 3,4m de ancho, ambos de color azul (ρ 10%).

Se construyó un modelo en escala 1:20 del aula arriba descrita (Foto 3) empleando materiales de características fotométricas similares a la situación real. Emulando las condiciones de orientación, características exteriores de emplazamiento del edificio seleccionado.



Foto 3: Vista interior del Modelo

Características de los programas utilizados en el estudio

Para llevar adelante el estudio se seleccionaron los siguientes programas: Lumen-Micro 2000 y Desktop Radiance 1.02.

Lumen-Micro

Este programa fue desarrollado por la firma Lighting Technologies Inc. de Boulder, Colorado, Estados Unidos y representa un estándar en el campo del diseño de iluminación por computadoras. Se trata de un software de fácil aprendizaje y simple de utilizar. Aunque solo permite modelar espacios en forma de paralelogramos rectangulares con superficies difusoras, es posible incluir el contenido del local y aberturas rectangulares con vidrios claros o traslúcidos. Además, el programa dispone de una biblioteca de muebles, objetos y superficies arquitectónicas cuyas dimensiones y características fotométricas deben definirse al igual que la transmitancia y reflectancia del vidriado.

En este programa los datos para el diseño geométrico del espacio se deben ingresar por teclado o alternativamente, en modo gráfico. No admite la importación directa de archivos gráficos en los formatos estándares de intercambio de imágenes (DXF) sino sólo para ser usados como plantillas para construir el espacio. La rutina de análisis de alumbrado natural utiliza los tipos de cielos definidos como claro, parcialmente nublado y nublado correspondientes a los modelos normalizados de la Comisión Internacional de Alumbrado (CIE). Se debe precisar la fecha y horario del análisis y los datos geográficos del lugar de análisis, que se indican mediante las coordenadas de latitud y longitud y además, es posible definir la orientación del edificio. Los resultados se pueden presentar en forma numérica (tablas) y gráfica con distintos formatos: curvas iso-lux, niveles de grises y superficies en coordenadas cartesianas. Además, el programa cuenta con la posibilidad de realizar renderizados con distintos niveles de precisión.

Desktop Radiance

Este programa fue desarrollado por el Departamento de Tecnologías de Edificios del Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley, California, Estados Unidos, dentro del marco del proyecto Iniciativas en Alumbrado Natural para la Transformación del Mercado, auspiciado por el Instituto Californiano de Eficiencia Energética (CIEE) y financiado por la firma Pacific Gas & Electric Company (PG&E).

Desktop Radiance es un programa de uso libre que puede ser descargado desde Internet en la siguiente dirección: <http://radsite.lbl.gov/deskrad>. Se trata de un software que funciona bajo el entorno del conocido programa de diseño gráfico Autocad, en el cual se realizan el diseño geométrico y arquitectónico del local. Asimismo, permite el modelado de espacios de cualquier forma y complejidad, para lo cual dispone de una amplia biblioteca de materiales, vidriados, luminarias y muebles e incluso, el usuario puede definir sus propios materiales. Este programa tiene la ventaja de permitir simular especularidad y rugosidad de superficies.

Para el ingreso de los datos para los análisis de alumbrado natural, el programa dispone de una base de datos con las coordenadas geográficas, zonas horarias y la turbidez atmosférica de diversas localidades. Esta base de dato puede ser actualizada por el usuario.

Al igual que el programa Lumen-Micro, Desktop Radiance también permite presentar los resultados en forma de tablas y gráficos a través del análisis de las imágenes generadas con el renderizado, con las siguientes opciones: niveles de iluminación puntuales directamente sobre la imagen, curvas iso-lux superpuestas al renderizado y niveles de colores asociados a valores de iluminancia y luminancia. Además, el programa dispone de la interesante característica del filtrado de las imágenes procesadas teniendo en cuenta la sensibilidad del ojo humano.

Una cuestión importante de destacar, tanto con este programa como con el Lumen-Micro, es la entrada de los datos horarios. En ambos casos debe ingresarse el tiempo solar, sin embargo, este hecho no está claramente indicado en las instrucciones de ambos programas y puede conducir a errores en la interpretación de los análisis.

Mediciones y resultados

Para los análisis tanto con los programas como en las mediciones sobre la situación real y el modelo, se empleó una grilla de 8x8 puntos de 0.90m x 0.90m. En esta etapa del proyecto se comparan los resultados correspondientes a los tipos de cielo de claro y nublado. Para los registros de estas condiciones se tomaron mediciones durante el transcurso de un mes, desde 13 de Julio hasta 11 de agosto de 2002. Las mediciones se efectuaron en horarios próximos al mediodía a fin de minimizar el efecto de la variabilidad de luz natural durante el tiempo que insume el relevamiento completo del local. Se utilizó un luxómetro Minolta modelo T-1M.

Los resultados obtenidos de algunas situaciones a partir de valores medidos sobre el modelo y calculados con ambos programas se indican para la condición de cielo claro (Figuras 1.a,b,c y 2) y para la condición de cielo nublado (Figuras 3.a,b,c y 4). Además, en las Figuras 5 y 6 se muestran, para las dos condiciones de cielo analizadas, los valores de iluminancia exteriores calculados con ambos programas entre las 04:00 y 20:00 horas (solar) y los valores registrados mediante las mediciones. Mientras que en la Figura 7, se indica la variación del perfil de iluminancia sobre un eje perpendicular a una ventana, calculado con el programa Desktop Radiance, para dos condiciones de especularidades y rugosidades de los materiales, empleados en la simulación.

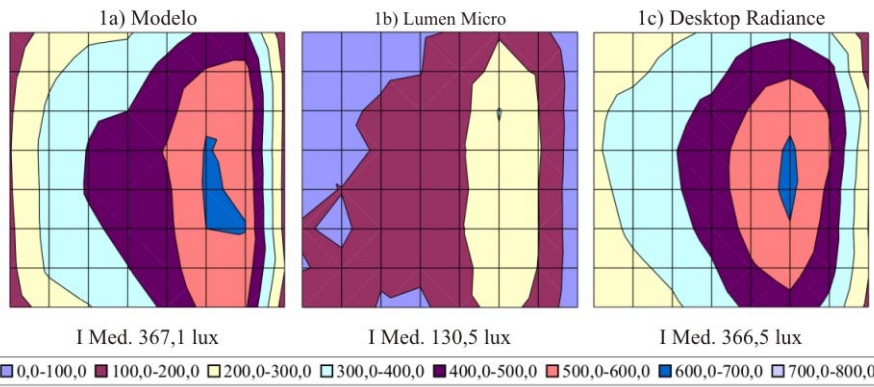


Figura 1 a,b,c: Curvas iso-lux y valores medio, determinados a partir de las mediciones sobre el modelo y simulaciones realizadas con los programas Lumen-Micro y Desktop Radiance para la condición de cielo claro. Fecha de registro: 27/07/02, a las 13:06 hora solar.

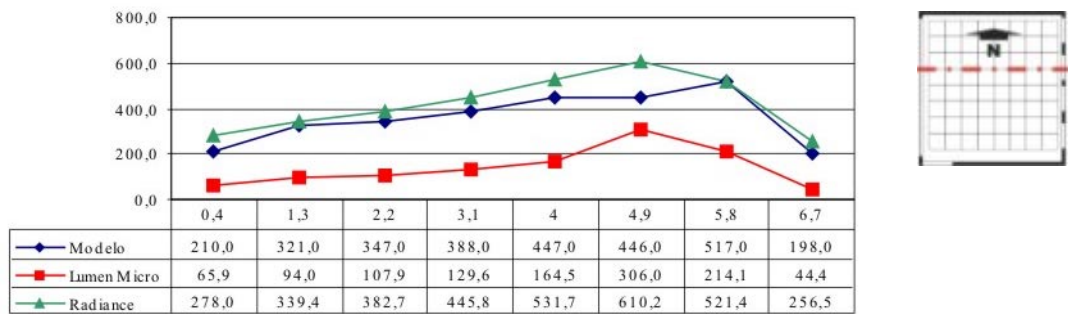


Figura 2: Perfil de iluminancia medido sobre un plano perpendicular a la ventana, determinado a partir de las mediciones y simulaciones realizadas sobre el modelo para la condición de cielo claro. Fecha de registro: 27/07/02, a las 13:06 hora solar.

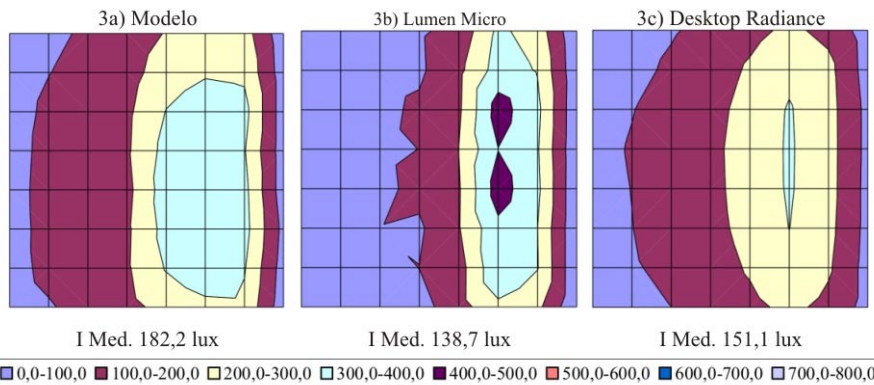


Figura 3 a,b,c: Curvas iso-lux y valores medio, determinados a partir de las mediciones sobre el modelo y simulaciones realizadas con los programas Lumen-Micro y Desktop Radiance (cielo nublado). Fecha de registro: 18/07/02, a las 13:08 hora solar.

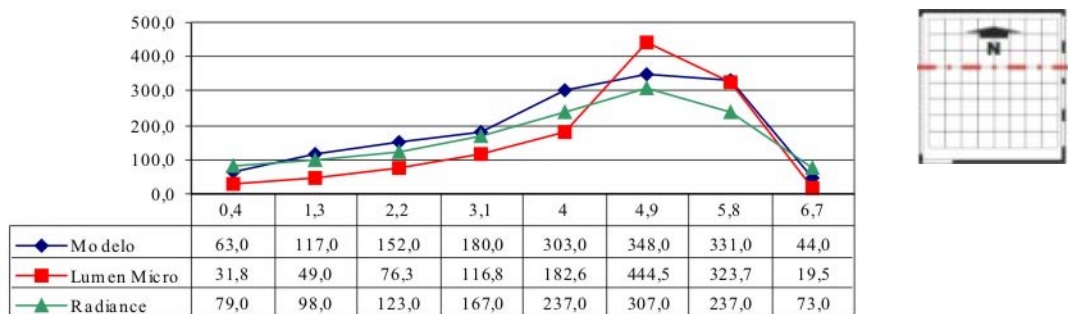


Figura 4: Perfil de iluminancia medido sobre un plano perpendicular a la ventana, determinado a partir de las mediciones y simulaciones realizadas sobre el modelo para la condición de cielo nublado. Fecha de registro: 18/07/02, a las 13:08 hora solar.

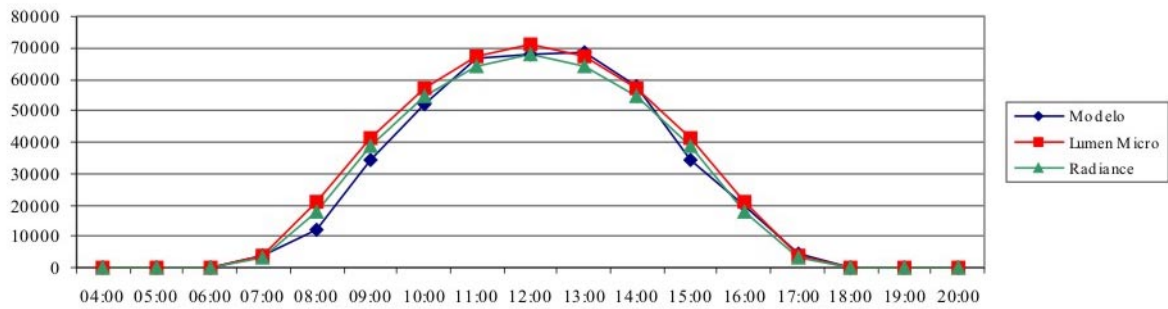


Figura 5: Valores de iluminancia exterior (cielo claro), medidos y calculados con los programas Lumen-Micro y Desktop Radiance entre las 04:00 y 20:00 horas. Fecha de registro:27/07/02.

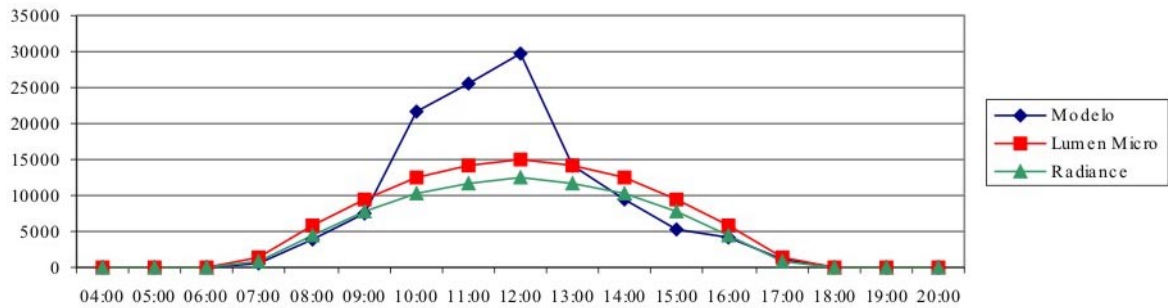


Figura 6: Valores de iluminancia exterior (cielo nublado), medidos y calculados con los programas Lumen-Micro y Desktop Radiance entre las 04:00 y 20:00 horas. Fecha de registro:18/07/02.

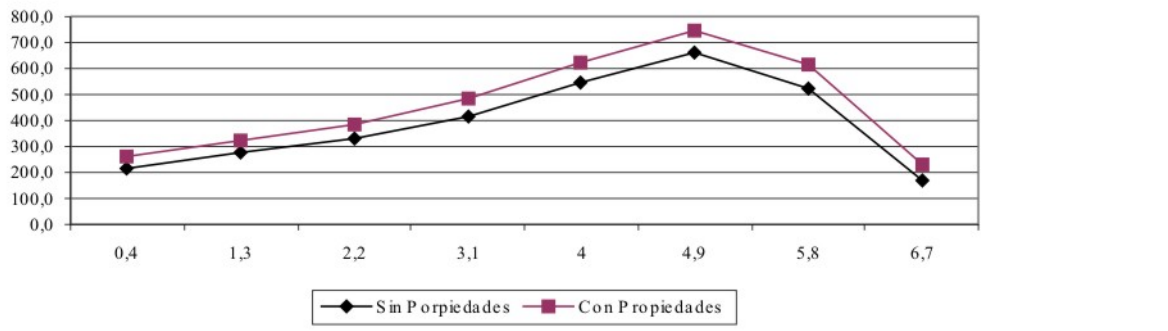


Figura 7: Perfil de iluminancia sobre un plano perpendicular a la ventana, simulado con el programa Desktop Radiance para valores diferentes de especularidad y rugosidad de las superficies.

Se puede ver de las Figuras 1 y 3 que la forma de las curvas iso-lux medidas y simuladas son bastante parecidas para ambas condiciones de cielo. Lo mismo acontece si se comparan los perfiles de iluminancia determinados sobre un eje perpendicular a una ventana, como se puede ver en las Figuras 2 y 4.

A partir de mas de 500 mediciones realizadas para los dos tipos de cielo, para la distribución de los valores de iluminancia en el interior del local mediante los meses de Julio y Agosto, se puede enunciar las siguientes diferencias en relación a los resultados obtenidos con los programas en estudio:

Cielo Claro:

$$\frac{E_{med\ int\ medida}}{E_{med\ int\ calculada\ con\ Lumen-Micro}} = 2,49$$

$$\frac{E_{med\ int\ medida}}{E_{med\ int\ calculada\ con\ Desktop\ Radiance}} = 0,90$$

Cielo Nublado

$$\frac{E_{med\ int\ medida}}{E_{med\ int\ calculada\ con\ Lumen-Micro}} = 2,72$$

$$\frac{E_{med\ int\ medida}}{E_{med\ int\ calculada\ con\ Desktop\ Radiance}} = 2,46$$

Hay una marcada diferencia entre los valores absolutos simulados y medidos, que no puede ser explicada por la diferencia entre los valores de iluminancia externa, exceptuando la condición de cielo Claro del programa Desktop Radiance. Donde la diferencias entre las Iluminancias Exteriores son la siguientes:

Cielo Claro:

$$\frac{E_{\text{med ext medida}}}{E_{\text{med ext calculada con Lumen-Micro}}} = 0,94$$

$$\frac{E_{\text{med ext medida}}}{E_{\text{med ext calculada con Desktop Radiance}}} = 0,96$$

Cielo Nublado

$$\frac{E_{\text{med ext medida}}}{E_{\text{med ext calculada con Lumen-Micro}}} = 1,82$$

$$\frac{E_{\text{med ext medida}}}{E_{\text{med ext calculada con Desktop Radiance}}} = 2,22$$

En las Figura 7 se puede observar la variación del perfil de iluminancia sobre un plano perpendicular a la ventana, simulado con el programa Desktop Radiance, considerando o no las propiedades de especularidad y rugosidad de las superficies.

Conclusiones

En este trabajo, el hecho de emplear una metodología basada en la comparación de las simulaciones computacionales con modelos a escala, ha permitido una amplia flexibilidad para el análisis de los distintos factores que intervienen en un estudio de alumbrado natural.

Los programas utilizados permiten una buena simulación relativa de la distribución de la luz natural en los interiores de un edificio.

El programa Desktop Radiance ofrece la posibilidad de simular las propiedades ópticas de materiales de una manera más realista, lo cual conduce a mejorar la aproximación de los elementos intervinientes en la simulación. Es importante tener en cuenta esta característica al momento de elegir un software para diseño de iluminación natural.

Por otro lado, la diferencia de valores absolutos entre los resultados medidos sobre el modelo y los simulados, indican que se debe tener en cuenta el efecto de las características de las obstrucciones externas, obstrucciones internas, propiedades opticas de sus componentes, etc. cuando se modela un espacio para el diseño de la iluminación natural.

El ingreso de los datos, en este tipo de herramientas puede conducir a errores de interpretación de resultados. Por ello cuando se utilizan programas de computación para realizar cálculos de alumbrado natural es conveniente considerar por ejemplo los datos horarios que deben emplearse.

Se debe tener en cuenta que los datos obtenidos para el modelo, obtenidos a partir de la recolección de una gran cantidad de datos tomados luego para la comparación con los programas, tomando estos resultados para lograr la obtención de coeficientes que permitan la utilización de los programas analizados. Considerando además que no existen datos estadísticos de iluminancias exteriores para la localidad de San Miguel de Tucumán.

Referencias

- Aizlewood, M., P. Laforgue, W. Carroll, J. Butt, R. Mittanchey, R. Hitchcock. (1998). "Data Sets for the Validation of Daylighting Computer Programs." In Proceedings of Daylighting '98, 157-164. Ottawa, Ontario, Canada: International Daylighting Conference '98.
- Norma IRAM AADL J20-02 (1969). Iluminación natural en edificios. Condiciones generales y requisitos especiales.
- Lumen-Micro. (2000). Programa de análisis y diseño de iluminación interior y exterior. Lighting Technologies, Inc. %171 El Dorado Springs Drive. Boulder, Colorado, CO 80303 – USA. www.lighting-technologies.com
- Autocad. Autodesk, (2000). Inc. 111 Mc Innis Parkway. San Rafael, CA 94903 – USA. <http://www.autodesk.com>
- Desktop Radiance Versión 1.02, (2000). Programa desarrollado por el Departamento de Tecnologías de Edificios del Lawrence Berkeley National Laboratory, Environmental Energy Technologies Division, Building Technologies Department and MarinSoft Inc. California, Estados Unidos. <http://radsite.lbl.gov/deskrad>

Abstract

Daylighting analysis using software usually require two type of data to simulate daylight sources ,i.e. sunlight and skylight: solar geometry and standarized sky models or daylight database obtained from measurements mainly taken in north hemisphere. Almost always these database are used for daylighting analysis at simetrical equivalent southern latitudes without considering differences due to local atmospheric and pollutive conditions.

This paper describes a study aimed to evaluate different lighting software from the point of view of their applicability for daylighting design in buildings located in south hemisphere. The objective is to validate northern database through factors which take in account local conditions. It is hoped to contribute, in this way, to a better application of daylighting in architecture and environmental design.

In order to carry out this study, a number of commercial lighting calculation programs (from U.S.A., England and Brazil) were selected, some of them specific for daylighting analysis and others, mainly, dedicated to electric lighting with daylighting routines. Methodology involves also the comparison between illuminance data taken from calculations and measurements of buildings located in San Miguel de Tucuman city and scale models, at different seasons of the year and under typical sky conditions (clear, cloudy and partly cloudy).

Keywords: Solar Radiation – Daylight – Building Simulation.