



III ENCONTRO NACIONAL I ENCONTRO LATINO-AMERICANO

Gramado, RS, 4 a 7 de julho de 1995

CALIDAD DE ILUMINACION Y SOL EN SALAS DE COMPUTACION METODOLOGIA PARA VERIFICAR CONFORT VISUAL

John Martin Evans

Centro de Investigación Hábitat y Energía, SICyT, FADU-UBA

CC 1765, Correo Central, (1000) Capital Federal, Argentina.

Tel: (+54 1) 791 9310. Fax: (+54 1) 782 8871

RESUMEN

Para analizar la calidad de iluminación en salas de computación, se desarrolló un método gráfico con énfasis en los recursos de diseño que permitan evitar o disminuir reflejos y visuales del sol de baja altura. Estos son distintos a los recursos convencionales de protección cuyo objetivo es evitar ganancias solares excesivas. La metodología fue aplicada en el proyecto de un centro de comunicaciones con grandes superficies vidriadas de ventanas en dos fachadas opuestas de las oficinas. Las conclusiones incluyen recomendaciones de diseño.

ABSTRACT

This paper presents a graphic method used to analyse and improve the quality of lighting in computer centres, with a special emphasis on the avoidance of discomfort due to reflections in VDU screens and direct low angle sun. The method was developed for the project of a communications centre where the design solutions to reduce visual discomfort due to low angle sun are different from conventional solutions for shading to avoid excessive solar gains. The conclusions include design recommendations.

PALABRAS CLAVES

Confort visual; computadoras; asoleamiento; reflejos

INTRODUCCIÓN

Los centros de computos presentan requerimientos especiales de confort visual; factor crítico para optimizar la productividad y el bienestar de operadores de computadoras. Mientras los usuarios de oficinas convencionales pueden cambiar su ubicación u orientación para evitar las molestias visuales debido al sol de baja altura, los operadores de computadoras tienen limitaciones en su ubicación debido a posibles reflejos en las pantallas y a las características menos flexibles de los puestos de trabajo. Frecuentemente, los centros de cómputos presentan otros requisitos que se relacionan con el confort visual, tales como la actividad continua y rotativa las 24 horas del día durante todo el año, incluyendo las horas del amanecer y atardecer. El elevado consumo de energía para acondicionar el edificio es otro factor importante, dado los altos niveles de ganancias internas. Los parasoles convencionales se utilizan generalmente para controlar las ganancias solares con el fin de mejorar el confort térmico o reducir el consumo de energía empleado en el acondicionamiento térmico de los edificios; sin embargo son menos eficaces para evitar visuales hacia el sol de baja altura.

METODOLOGÍA

El análisis de los posibles problemas visuales relacionados con el asoleamiento y la iluminación contempla los siguientes pasos:

1. Definición de los ángulos críticos de visuales de sol directo, sol directo sobre los escritorios y sol reflejado en las pantallas de computadoras definidos en una proyección estereográfica.
2. Proyección de los ángulos de sol según la latitud, época del año y hora del día, considerando las horas de uso de las oficinas y la nubosidad media estimada en cada hora del día.
3. Análisis de los ángulos de sombra en cada puesto de trabajo ofrecido por la geometría del edificio, orientación de las fachadas, tamaño de ventanas y características de los parasoles.
4. Comparación de las tres proyecciones angulares: ángulos críticos para visuales, ángulos del sol y ángulos de protección del edificio. Con el uso de diagramas superpuestos, se identifican sectores del cielo donde pasa la trayectoria del sol provocando molestias visuales.
5. Estimación de los niveles de iluminación natural con cielo cubierto para determinar la posibilidad de introducir elementos de protección que disminuyan la iluminación natural.
6. Estimación de los niveles medios y máximos de radiación solar transmitida a través de las ventanas con distintas orientaciones para evaluar la necesidad de incorporar protección solar.
7. Propuestas de medidas para mejorar el confort visual, control de reflejos molestos, de la calidad de iluminación natural y de protección solar, en los casos donde corresponda.

ÁNGULOS CRÍTICOS

Las intensidades máximas de ganancias solares transmitidas a través de vidrios verticales coinciden con alturas superiores a 30° , mientras las molestias visuales aumentan con alturas solares inferiores a este ángulo. El análisis de posibles problemas visuales en los puestos de trabajo con pantallas de ordenadores contempla las siguientes situaciones según la evaluación de los ángulos críticos.

Si bien las pantallas modernas con curvatura mínima y tratamiento óptico de la superficie de vidrio disminuyen el problema de reflejos, se requiere flexibilidad para optimizar la postura de operadores de distinta altura y la organización espacial del trabajo sobre el escritorio con pantallas ajustables en el plano horizontal y vertical. Los problemas críticos son el sol directo que entra por las ventanas y se refleja en las pantallas, los reflejos de sectores del cielo con alta luminosidad y fuerte contraste, los reflejos de superficies iluminadas por sol directo y los reflejos de luminarias en el cielorraso [H. S. E, 1987].

Los problemas de reflejos en la pantalla ocurren cuando la fuente de iluminación se encuentra dentro de los siguientes límites angulares, suponiendo cierta flexibilidad en la orientación de la pantalla del VDU o pantalla de computadora. La medición de los ángulos corresponde a una computadora moderna: IBM compatible 486 con pantalla SVGA de 14".

Tabla 1: Ángulos críticos con reflejos en pantallas:

Ángulos	Límites:	
Verticales:	mínimo 0° (horizontal)	máximo 30°
Horizontal	izquierda: -35° a -40°	derecha $+35^\circ$ a $+40^\circ$

Los ángulos críticos de las superficies con fuerte iluminación o contraste en el campo visual de los operadores son levemente mayores a los ángulos de reflejos en las pantallas. El ojo también es atraído por fuentes potentes de iluminación en la zona de visión periférica (límite de la zona de visión). Tabla 2 indica las zonas de molestias debidas a visuales del sol directo.

Tabla 2: Ángulos críticos para visuales del sol directo

Sector de visión	Características	Ángulo vertical	Ángulo horizontal
Centro de visión	Evitar luz intensa	2 a 3°	-2° a +2°
Fondo	Sol o luz fuerte, provoca molestias	40 a 45°	-40° a +40°
Visión periférica	Sol o luz fuerte, atrae la visión	60°	-90° a +90°

Las figuras 1 y 2 indican las condiciones angulares que pueden producir molestias visuales en corte y planta. La figura 3 indica estas situaciones críticas visualizadas en una proyección estereográfica de la bóveda celeste incluyendo el control del sol directo sobre las pantallas de las computadoras y los planos horizontales y verticales de trabajo.

DIAGRAMAS SUPERPUESTOS

La figura 4 indica la trayectoria del sol en una proyección estereográfica de la bóveda celeste graficada con un programa de computación desarrollado en el CIHE, con una estimación de la nubosidad media en cada hora del día en función de la declinación del sol. Dicha estimación está basada en la heliofanía media mensual proveniente de las estadísticas meteorológicas [Ne'eman & Light, 1975].

La figura 5 indica los sectores angulares de cielo visible (ángulo de sombra vertical) desde un puesto de trabajo usando los diagramas superpuestos de sombra para dimensionar parasoles [Evans y de Schiller, 1989]. Se utilizó el programa ISOL para evaluar la intensidad de radiación media en invierno y verano durante cada hora desagregada en radiación directa, difusa y reflejada. Este programa también indica los ángulos del sol directo según las siguientes variables: día y mes para obtener la declinación del sol; latitud del proyecto; orientación e inclinación de la superficie receptora; transparencia de la atmósfera (tomando en cuenta la nubosidad media, polución, etc.); cantidad de vidrios y reflexión de las superficies exteriores horizontales. Con los mismos ángulos de los sectores visibles del cielo, se calculan los niveles de iluminación natural sobre el plano de trabajo.

Un vidrio vertical refleja el sector del cielo con la orientación exactamente opuesta a la visual hacia el vidrio. Así, la figura 6 indica el método para verificar reflejos en vidrios verticales de edificios adyacentes usando el mismo diagrama de la trayectoria, espejado sobre el eje paralelo al plano del vidrio. Conviene verificar el posible reflejo del mismo edificio que puede actuar como pantalla contra los reflejos del sol de baja altura. Para reflejos de vidrios inclinados, ver Littlefair, 1987.

La figura 7 es un ejemplo del uso simultáneo de los diagramas superpuestos (figs. 3, 4, 5, y 6), indicando los sectores de la bóveda celeste que presentan problemas potenciales, según la orientación y ubicación del operador. En esta figura se indican las zonas donde la geometría del edificio no proporciona protección, la trayectoria del sol pasa a través del cielo o la trayectoria está reflejada en un vidrio, y los ángulos críticos producen molestias visuales potenciales. Los diagramas superpuestos frecuentemente confirman la existencia de problemas visuales debido al sol directo, en especial los producidos por el sol de baja altura.

RESULTADOS

De los estudios de iluminación, radiación y calidad visual realizados y presentados en este trabajo, se obtienen las siguientes conclusiones:

- Los problemas de confort visual para los operadores de computadoras son muy específicos y distintos a los problemas convencionales de protección solar en oficinas. La radiación solar más intensa proviene del sol alto ($> 30^\circ$), mientras las principales molestias visuales y reflejos en las pantallas provienen del sol de baja altura ($< 30^\circ$).

- Si bien varias referencias recomiendan diseños de oficinas con ventanas en fachadas opuestas o adyacentes para lograr una mejor calidad de iluminación natural, esta situación siempre presentará potenciales problemas de confort visual con sol de baja altura, cualquiera sea su orientación.
- Las oficinas profundas y abiertas (open plan) con ventanas en sus cuatro fachadas, producen situaciones (con duración limitada) de molestias visuales por sol directo en el campo visual de los operadores, sol reflejado en las pantallas y/o sol sobre las superficies de trabajo. La mayoría de las orientaciones permiten la entrada de sol de baja altura en alguna época del año, dificultando la adopción de soluciones fijas.
- Los problemas de molestias visuales tienen menor duración cuando se incorporan parasoles exteriores horizontales, aunque éstos no resuelvan los problemas del sol de muy baja altura.

RECOMENDACIONES

Los siguientes recursos de diseño pueden contribuir al mejoramiento del confort visual:

- **Parasoles horizontales exteriores:** son los elementos más eficaces para reducir problemas de ingreso de radiación solar y sol directo sobre escritorios y operadores, especialmente en las orientaciones NW, N y NE, además de disminuir notablemente la duración de molestias visuales causadas por el sol de mediana altura.
- **Estantes internos de luz:** disminuyen el sol directo sobre escritorios y mejoran la distribución de iluminación natural (reduciendo los niveles de luz cerca de las ventanas y aumentando los niveles en los sectores interiores), aunque no son tan eficaces en la protección contra el ingreso de radiación.
- **Vidrios con transparencia de hasta 50% (40% menor que el vidrio común):** aportan al control de radiación y logran niveles de iluminación natural más confortables para trabajar frente a computadoras. Otra opción es el vidrio con serigrafía, preferiblemente de color blanco o muy claro con transparencia de hasta 50% aproximadamente. En caso de agregar elementos de protección exterior e interior, conviene aumentar la transparencia.
- **Pantallas (altura 1,5 m) para separar puestos de trabajo:** controlan problemas de visuales hacia el sol y disminuyen reflejos en las pantallas, aunque no los eliminan.
- **Elementos móviles (cortinas o persianas interiores):** solución adecuada para lograr control lumínico durante momentos limitados de molestias, mientras se aseguran luz y visuales en otras horas del día.
- **Colores relativamente claros en el interior:** reducen la intensidad de luminosidad de superficies iluminadas con sol directo, mientras se logra una iluminación interior pareja.
- **Arboles en espacios exteriores:** contribuyen al control del sol de baja altura, al amanecer y atardecer. Las orientaciones que requieren mayor protección son E y W +/-25°.

REFERENCIAS

- Evans, J. M. y de Schiller, S., *Diseño Bioambiental y Arquitectura Solar*, EUDEBA Ediciones Previas, 2da Edición, Buenos Aires, 1991.
- Health and Safety Executive, *Lighting at work*, HS(G) Series N° 38, Her Majesty's Stationary Office, Londres, 1987.
- Littlefair, P. J., *Solar dazzle reflected from sloping glazed facades*. Building Research Establishment Information Paper, IP3, 87, BRE, Garston, 1987.
- Ne'eman E. & Light, W., *Availability of Sunshine*, Building Research Establishment Current Paper CP75/75, BRE, Garston, 1975.

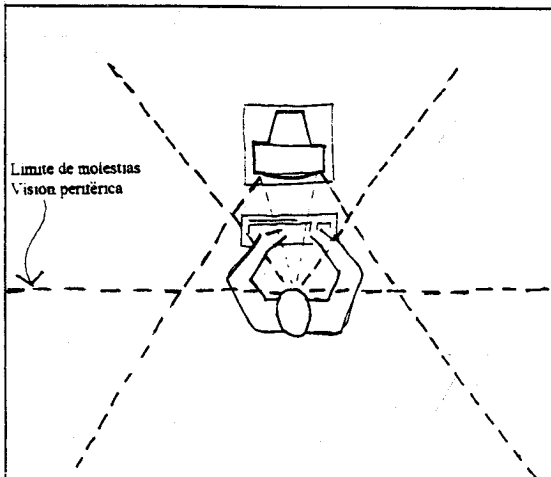


Figura 1. Análisis de los ángulos críticos de visuales del sol directo y de reflejos en la pantalla: visto en planta.

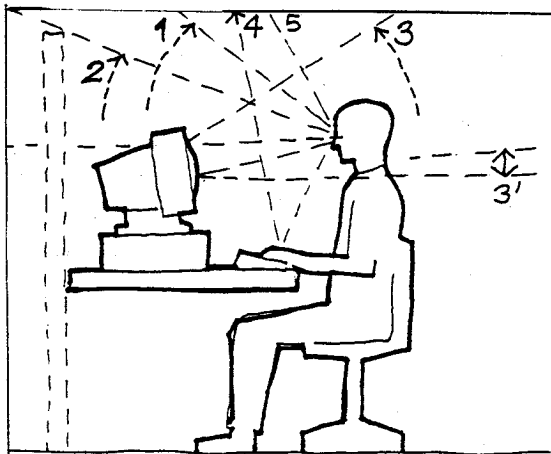


Figura 2. Análisis de los ángulos críticos de visuales del sol directo y de reflejos en la pantalla: visto en corte.

1. Molestias del sol - altura hasta 40° , debidas a visuales directas del sol en el campo visual principal.
2. Protección de las visuales directas del sol usando paneles de baja altura: 1,5 m.
3. Ángulos de posibles molestias debidas a reflejos del sol en pantalla: 0° a $25^\circ/30^\circ$ de altura. Un panel (ver 2) ofrece protección contra reflejos del sol de muy baja altura.
4. Ángulos de posibles reflejos en superficies reflectivas (p. ej., papel satinado) sobre el plano de trabajo.
5. Ángulo máximo de problemas de sol directo en la visión periférica: 60° .

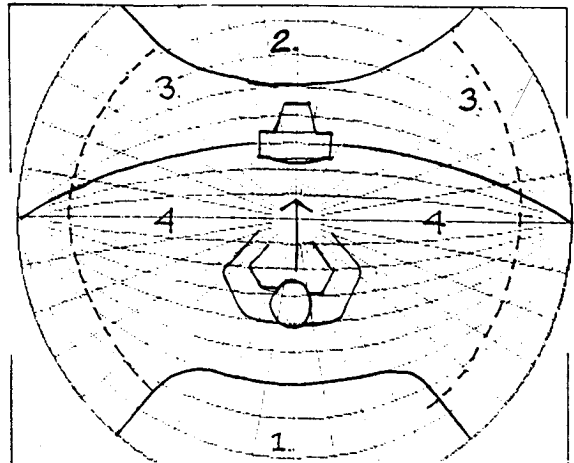


Figura 3. Sectores angulares críticos superpuestos en una proyección estereográfica del hemisferio.

1. Sector con problemas visuales debido al reflejo del sol directo en la pantalla
2. Sector con problemas resultantes del sol directo en el campo visual.
3. Sector con problemas resultantes del sol directo en el campo visual periférico.
4. Sector con problemas debidos al sol directo sobre el plano de trabajo.

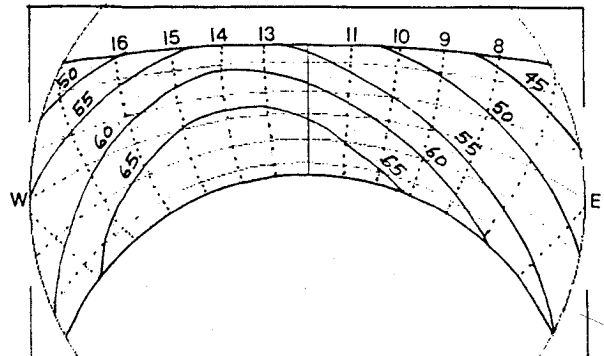


Figura 4. Trayectoria del sol: Latitud 34° Sur con estimación de la heliofanía media según declinación del sol por mes y hora del día. Las cifras representan la proporción del tiempo con sol directo, sin nubes, neblina o polución. Las cifras mínimas son aproximadamente 40% y las máximas 70%.

Declinación	Heliofanía media
21 de junio	44%
15 de mayo y 30 de julio	46%
15 de abril y 30 de agosto	54%
21 de marzo y 21 de septiembre	57%
15 de febrero y 15 de octubre	57%
30 de enero y 15 de noviembre	58%
22 de diciembre	58%

