

Análisis de deslumbramiento anual. Aplicación de sistemas de sombreado interior.

Annual glare analysis. Use of indoor shading systems.

**Julieta Yamin Garretón^{1*}, Ayelén Vilalba¹, Juan Manuel Monteoliva¹,
Andrea Pattini¹**

¹ Consejo Nacional de investigaciones científicas y técnicas CONICET

* jyamin@mendoza-conicet.gob.ar

Fecha de envío: 17/08/2015

Fecha de aceptación: 08/10/2015

Resumen

Para lograr el confort visual y el potencial ahorro energético con el uso de la iluminación natural, es necesaria una correcta evaluación de la misma en el interior de un espacio. Uno de los indicadores empleados para evaluar la sensación de incomodidad o dolor causados por altas luminancias en el campo de visión del observador es el deslumbramiento psicológico. El objetivo del presente artículo es evaluar, en espacios interiores de trabajo, las distintas condiciones de deslumbramiento provocadas por la implementación de sistemas de control solar (SCS), específicamente cortinas textiles interiores con distintos niveles de transmitancia. La metodología empleada se basa en la simulación dinámica de iluminación natural mediante el uso de modelos asistido por computadoras (CAD) y la predicción de deslumbramiento anual (DGP). Los resultados indican que la implementación de los SCS reduce significativamente el periodo de tiempo en el cual el espacio presenta situaciones deslumbrantes (inferior al 4% anual). El análisis de las condiciones de iluminación natural de un espacio mediante métricas dinámicas de iluminación natural -DGP- resulta una herramienta fundamental en la etapa de diseño, que nos permite predecir el comportamiento lumínico de un espacio previamente a su materialización, como así también para futuras intervenciones in situ.

Palabras clave

Deslumbramiento, iluminación natural, sistemas de control solar, espacios de trabajo

Abstract

In order to achieve visual comfort and energy savings with the use of daylight, an accurate assessment is necessary in office spaces. One of the indicators used to assess the discomfort caused by high luminances in the field of view of the observer, is psychological glare. The aim of this study is to evaluate indoor workspaces in different glare conditions caused by the implementation of solar shading device (SSD), specifically indoor textile curtains, with different transmittance levels. The methodology used is based on daylight dynamic simulation through computer-aided design (CAD) and Daylight Glare Probability (DGP). Results showed that the implementation of SSD significantly reduces the annual period of time with glare (less than 4%). The analysis of daylighting conditions through -DGP- is a fundamental tool in the design stage, which allows us to predict the luminous behavior of a space prior to construction, as well as for future in situ interventions.

Keywords

Glare, daylighting, solar shading devices, working spaces

1. Introducción

La luz del día tiene mayor probabilidad de maximizar el rendimiento visual que la mayoría de las formas de iluminación eléctrica, ya que tiende a ser entregada en grandes cantidades con un espectro que garantiza una excelente reproducción del color. Sin embargo la luz del día puede causar molestias visuales por deslumbramiento y distracción, a la vez que puede disminuir los estímulos de la tarea al sistema visual mediante la producción de reflexiones de velo o a causa de las sombras. La eficacia de la luz del día para obtener un rendimiento visual óptimo dependerá de la forma en que ésta se entrega ([Boyce, 2003](#)).

Los elementos que regulan el ingreso de radiación solar a los espacios interiores se denominan dispositivos de sombreado o de control solar. Caracterizar su comportamiento lumínico es de fundamental importancia para asegurar las condiciones adecuadas de usabilidad visual de un espacio. El análisis del factor de iluminación en un espacio se debe realizar teniendo en cuenta al usuario y su confort visual. Actualmente, existen múltiples métricas que evalúan el confort visual, las cuales incluyen valores máximos y mínimos de iluminancia así como las relaciones de luminancia y el riesgo de deslumbramiento ([Van Den Wymelenberg & Inanici, 2014](#)). Siendo el deslumbramiento uno de los factores más importantes ([Nazzal, 2005](#)). El Handbook de la IES (Illuminating Engineering Society) define este concepto como una sensación de incomodidad o dolor causado por altas luminancias en el campo de visión del observador ([DiLaura et al., 2010](#)). El tipo de deslumbramiento que se encuentra generalmente en el interior de los espacios es el deslumbramiento molesto o psicológico ([Vos, 2003](#)).

Una de las métrica desarrollada para predecir el deslumbramiento psicológico en espacios iluminados con luz natural es la probabilidad de deslumbramiento por luz natural (siglas en inglés DGP) o daylight glare probability, desarrollada por Wienold ([Wienold, 2009](#)). La DGP calcula el deslumbramiento en función de la iluminancia vertical en el ojo como el principal parámetro de la ecuación y la luminancia de

la fuente, el ángulo sólido y la posición del observador respecto a la fuente como factores secundarios. Los autores del modelo sostienen que la DGP muestra una fuerte correlación ($R^2: 0.94$) con la respuesta de los usuarios ([Christoffersen & Wienold, 2008](#)). Sin embargo, se debe tener en cuenta que el valor de estas correlaciones disminuye en estudios realizados en regiones con clima semi-árido ([Yamin et al., 2014](#)). A pesar de tener ciertas limitaciones, el DGP ha demostrado ser una métrica robusta que genera resultados verosímiles en una diversidad de escenas que presenten iluminación natural, incluyendo reflexiones directas y especulares ([Jakubiec & Reinhart, 2012](#)). Por este motivo, es considerada una métrica adecuada para la evaluación de los distintos sistemas de control solar.

La última década ha sido testigo de múltiples avances en la forma de analizar numéricamente el comportamiento general de la iluminación natural. Uno de ellos fue el producido en el campo del deslumbramiento a través del método de evaluación anual de deslumbramiento (annual glare) ([Monteoliva & A. Pattini, 2013](#)). De esta manera, a través de la evaluación anual de deslumbramiento –y el indicador DGP– se pueden obtener resultados anuales del comportamiento lumínico de un espacio y el potencial riesgo de deslumbramiento presente en el mismo.

Estudios realizados en la ciudad de Mendoza (Argentina) muestran que los elementos de control solar más comúnmente empleados son las persianas venecianas, los filtros de control solar y las cortinas textiles ([Villalba et al., 2012](#)). Dentro de las cortinas textiles interiores, las más utilizadas son las de organza, jackard y tropical. Estudios posteriores que profundizaron en el análisis lumínico de estos dispositivos de sombreado demuestran que para la orientación oeste, la cortina textil interior de organza se comporta como uno de los sistemas de control solar más efectivos. Mientras que para la orientación norte, los escenarios con cortinas textiles interiores de tropical y jackard presentaron un comportamiento lumínico más beneficioso ([Villalba, 2014](#)). Estos SCS se evalúan en las orientaciones oeste –simétrica este– y norte, por ser éstas las orientaciones que están

más expuestas a la radiación solar directa en el hemisferio sur.

Con el objetivo de completar la caracterización del comportamiento lumínico de las cortinas textiles interiores, el presente trabajo propone la evaluación anual de deslumbramiento (DGP) en un espacio de aventanamiento unilateral, con cortinas textiles interiores como dispositivos de sombreado: (i) organza; (ii) jackard y (iii) tropical; en orientaciones oeste y norte

Características de las cortinas textiles interiores

Las cortinas textiles interiores son sistemas de control solar de transmitancia homogénea, que presentan una transmitancia uniformemente disminuida. Corresponden a la categoría de membranas flexibles, respondiendo a su

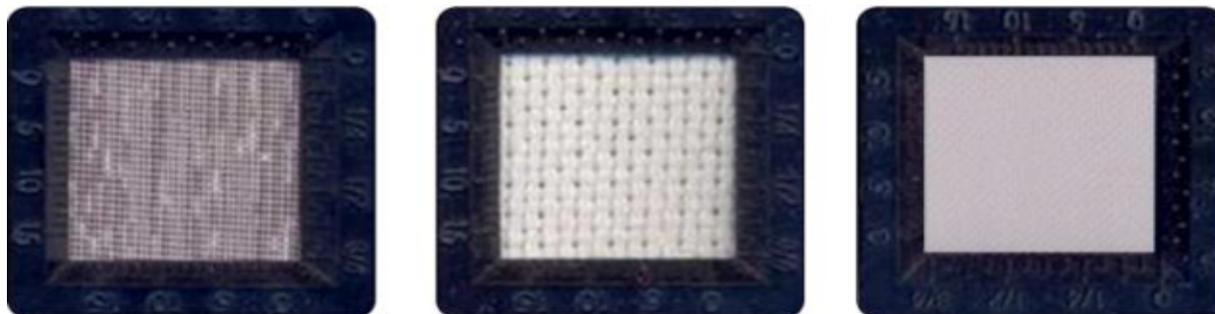


Figura 1: Muestra de textiles analizados. (a) organza, (b) jackard, (c) tropical.

capacidad de regulación ([Baker & Steemers, 2014](#)), siendo de enrollar o de correr verticalmente. Esto permite regular tanto la vista al exterior como la radiación solar directa incidente en zonas interiores cercanas a la ventana. Pueden estar confeccionadas de materiales opacos o con un determinado nivel de transmitancia y se ubican en la parte interior de la ventana. El patrón de tramado, color y densidad varía según los fabricantes.

Las cortinas textiles interiores analizadas en este estudio son: (a) organza, (b) jackard y (c) tropical ([figura 1](#)) ([tabla 1](#)). Los tres textiles seleccionados corresponden a la categoría de tejido plano con construcción de ligamento tafetán y pertenecen a la categoría de colores claros ([Keyes, 1967](#)).

Ubicación y clima

La ciudad de Mendoza está ubicada en una región semi-árida del oeste de Argentina ($32^{\circ} 53' 51''$ S - $68^{\circ} 48' 15''$ O). Su centro urbano se ha desarrollado sobre el eje del oasis norte de la provincia, rodeado por un paisaje cultivado en el este y un terreno árido natural sobre el costado oeste. El tipo de cielo predominante es el cielo soleado¹, debido a que el 83 % del año se encuentra despejado o parcialmente despejado con presencia de sol (Servicio Meteorológico Nacional Argentino para el período 1981-90). El promedio anual de cantidad de horas de sol es de 2850 horas. Desde el punto de vista de la iluminación, el clima luminoso de Mendoza, a los fines de establecer una condición de cielo de diseño, es predominantemente cielo claro, con valores de iluminancia global máximos medios de 90.000 lux en verano y de 30.000 lx invierno

([Córica, 2009](#); [Pattini, 2007](#)). En este contexto es importante utilizar distintas estrategias de sombreado para controlar la radiación solar visible que ingresa en un espacio, sin protecciones es imposible alcanzar un ambiente visual confortable.

Metodología

Las simulaciones para el cálculo del deslumbramiento fueron generadas en DIVA ([Jakubiec & Reinhart, 2012](#)). DIVA, es una herramienta de modelización del comportamiento de la iluminación natural y rendimiento energético a través de Rhinoceros (software de modelado NURBS). Este desarrollo permite a los usuarios llevar a cabo una serie de

Tabla 1: Propiedades de los textiles seleccionados (Red Textil, Argentina, 2014)

	Organza	Tropical	Jackardw
Densidad	Baja (28x28)	26x23	Alta
Peso	20-40 g/m ²	100-150 g/m ²	240-560 g/m ²
Fibras	Seda / Poliéster/ Nylon	Poliéster 100%	Algodón / Sintéticas y sus mezclas
Características	Tejido muy fino, transparente y brillante. Reflejos tornasolados	Tela lis, fuerte y compacta	Dibujos en relieve con complejos patrones de diseño
Principales Uso	Decoración: Cortinas transparentes. Cubre manteles.	Mantelería, decoración. Pantalones y trajes de hombre. Uniformes	Cortinas, tapizados, decoración.
Diámetro del hilo (mm)	0,2	0,4	0,8
Separación entre hilos (mm)	0,4	0,1	0,2
Grosor del tejido (mm)	0,3	0,5	0,9

evaluaciones de desempeño ambiental de edificios individuales y paisajes urbanos (incluyendo mapas de radiación, foto-realismo y métricas de iluminación natural basadas en archivos de clima) las que son empleadas actualmente para la certificación internacional de normas LEED y Colaboración para Escuelas de Alto Rendimiento (siglas en inglés CHPS).

Dentro de sus opciones de simulación, DIVA, permite el cálculo de deslumbramiento estático ("deslumbramiento para una determinada posición y momento en el tiempo" o point-in-time glare) o dinámico ("deslumbramiento anual" o annual glare), a través del indicador DGP. Como se mencionó anteriormente, esta métrica considera la iluminancia vertical a los ojos, el tamaño de la fuente, la luminancia de la

fuente, y la posición del observador respecto a la fuente. Este tipo de simulación utiliza Evalglare v1.0 para calcular el DGP a partir de un mapeo de luminancias ([Wienold & Christoffersen, 2006](#)). El cálculo del deslumbramiento anual (o dinámico) utiliza una metodología similar al cálculo de deslumbramiento para una determinada posición y momento en el tiempo (estático). De esta manera, para el cálculo dinámico, se repite el proceso "estático" para cada hora del día durante todo el año, utilizando una predicción anual para calcular la iluminancia vertical del ojo y las imágenes para predecir el contraste de la luz solar directa, sin la presencia de la luz artificial complementaria. Los datos de salida del proceso de simulación (output) se muestran en una gráfica ([figura 2](#)) que exhibe las situaciones de

¹**Cielo claro.** Este tipo de cielo presenta una distribución de luminancia no uniforme. Corresponde a un cielo azul sin nubes, los valores máximos de luminancia se encuentran en la posición del sol y las porciones más próximas a él (circunsolar), mientras que las mínimas (la parte más oscura del cielo) se encuentran a 90° de la posición del sol. En un cielo claro, con excepción del sol y la circunsolar, la mayor claridad se encuentra en la parte del cielo más próxima al horizonte, mientras que la superficie del cielo azul es menos luminosa.

deslumbramiento para cada hora y día del año. Los rangos de deslumbramiento establecidos se basan en evaluaciones generadas en usuarios, a partir de escalas de calificación del deslumbramiento: imperceptible $0.35 > DGP$, perceptible $0.4 > DGP \geq .35$, perturbador $.45 > DGP \geq .4$ e intolerable $\geq .45 DGP$ (Wienold, 2009).

Modelo de simulación Configuración del espacio

La volumetría del espacio fue generada en Rhino 4. Ésta presenta un área de 24 m² con aventanamiento unilateral de 6 m² (4 m de ancho por 1.5 m de alto) con un vidrio claro de 3mm de espesor. La orientación de las ventanas evaluadas, como fue mencionado previamente, serán (N) y (O).

Caracterización de los materiales

La caracterización fotométrica de los materiales del espacio interior se realizó de acuerdo a los valores típicos de reflectancia: pared 60%,

techo 80%, piso 30% -reflectancia difusa. Asimismo, se caracterizan los materiales que conforman los elementos de control solar: (i) vidrio claro de 3 mm, las características ópticas se importaron de un archivo (*.rad) generado por el software OPTICS, los valores para caracterización en el entorno de simulación fueron: transmitancia 0.91; reflectancia anterior 0.082; reflectancia posterior 0.082; y (ii) cortina textil, las telas empleadas fueron caracterizadas como materiales translúcidos. Los valores para caracterización en el entorno de simulación fueron: reflectancia, transmitancia y rugosidad (tabla 2).

Parámetros de Simulación

Con el objetivo de analizar el comportamiento dinámico de la iluminación natural se empleó una grilla de 12 sensores, dispuestos a la altura del plano de trabajo ($h= 0.80$ m), con una distribución homogénea.



Figura 2: Gráfica con los datos de salida (output) de la simulación de deslumbramiento anual en DIVA

Tabla 2: Propiedades ópticas de los textiles que conforman las cortinas textiles interiores

	Reflectancia	Transmitancia	Rugosidad
Organza	0,40	0,67	0,2
Tropical	0,35	0,24	0,2
Jackard	0,66	0,25	0,2

Ocupación del espacio

Para este trabajo se generó un archivo de ocupación del espacio, de acuerdo al horario de uso más frecuente de los edificios no residenciales: de 9:00 a.m. a 5:00 p.m. horas. La selección de este tipo de espacios se debe a que estos son destinados a tareas de oficinas o de uso comercial.

Archivos climáticos

El paquete climático ARG_MendozaCCT utilizado, corresponde a la ciudad de Mendoza (Argentina). Éste fue generado a partir de la información brindada por la estación de medición de iluminación natural del Instituto de Ciencias Humanas Sociales y Ambientales (INCIHUSA) - Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda, ubicado en el Centro Científico y Tecnológico Mendoza (CCT Mendoza) (32°53´S y 68°51´O) ([Monteoliva & A Pattini, 2013](#)).

Archivos climáticos

El indicador evaluado fue el DGP. Los parámetros de simulación corresponden a una escena compleja (Reinhart 2006): (ab) 5; (ad) 1500; (as) 100; (aa) 0.1; (ar) 300; (dt) 0; (ds) 0. Cada simulación anual de deslumbramiento responde a la dinámica de los sistemas de sombreado. Para cada sistema dinámico (cortinas textiles interiores) definido, se calculará

el deslumbramiento anual para cada estado del sistema (abierto-cerrado).

Para este tipo de simulación se deben seleccionar los puntos y la dirección que tendrá la cámara, es decir, donde se ubica y hacia donde mira el usuario. Esto se realiza posicionando la ventana "vista de perspectiva" de RhinocerosNurbs3D de acuerdo al ángulo de visión que se desea evaluar. Para este trabajo, la cámara se posicionó: (i) mirando hacia la ventana; (ii) mirando hacia la pared en la otra, ya que ambas posiciones presentan el mayor riesgo de deslumbramiento, por tener en su campo visual presente al aventanamiento ([figura 3](#)).

Resultados

A continuación se muestran los resultados de las simulaciones de deslumbramiento anual causado por la fuente de iluminación natural, de acuerdo a la orientación y al sistema de control estudiado. En primer lugar se presenta el comportamiento del espacio, sin el uso del sistema de sombreado, para ambas posiciones -visión hacia la pared y visión hacia la ventana-. Luego se muestran los resultados obtenidos con la aplicación de los sistemas de control solar cortinas textiles interiores. Las gráficas obtenidas describen la posibilidad de deslumbramiento durante las horas de ocupación ([figura 4](#)) a lo largo del año..

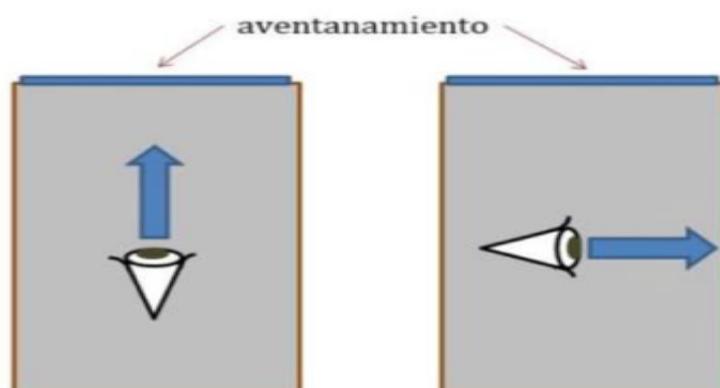


Figura 3: Posicionamiento de las cámaras para las simulaciones de deslumbramiento

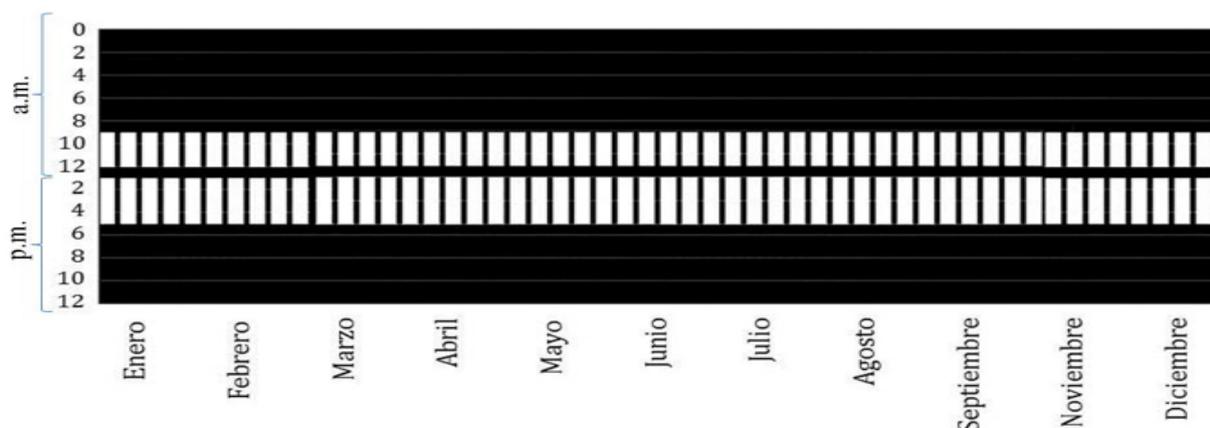


Figura 4: Gráfica de periodo de ocupación de un espacio

Orientación norte

Para el escenario norte sin sistema de control solar, tanto con vista a la pared o ventana, detectamos situaciones de deslumbramiento a partir de las 12:00 am hasta las 05:00 pm para los meses que corresponden al periodo de la media estación (marzo, abril – septiembre, octubre, noviembre). El deslumbramiento presenta variaciones en su intensidad, que van desde un deslumbramiento perceptible hasta un deslumbramiento intolerable, este último tipo de deslumbramiento se concentra en las horas centrales (01:00 pm a 02:00 pm) de la jornada de ocupación del espacio (figura 5, figura 6).

En los escenarios con cortina textil interior de tropical y cortina textil interior de jackard, tanto con vista a la pared como a la ventana, no hay situaciones de deslumbramiento, lo que implica que este tipo de sistema de sombreado es efectivo para controlar el deslumbramiento, en la orientación norte para el horario de ocupación de los espacios de trabajo no residenciales (figura 7, figura 8, figura 9, figura 10).

Orientación Oeste

En la orientación oeste sin sistemas de sombreado detectamos, para ambas posiciones de cámara, que durante el periodo comprendido

entre mediados de agosto y mediados de noviembre hay presencia de deslumbramiento durante las horas de la tarde (02:00 pm a 05:00 pm). El deslumbramiento resulta más intenso (intolerable) hacia las 05:00 pm, esto se debe a que a este horario la altitud solar es muy baja por lo que la luz solar penetra en el espacio. Para la posición que visualiza la pared también se observa situaciones de malestar visual en la última hora del periodo de ocupación (04:00 p.m. a 5:00 p.m.), sin embargo estas son menos intensas (deslumbramiento perturbador) que para el periodo comprendido entre agosto y noviembre (figura 11, figura 12).

En los escenarios que presentan la cortina textil interior de organza, se observa que la presencia de deslumbramiento se reduce al periodo comprendido entre septiembre y noviembre y se limita a la última hora de la jornada de ocupación del espacio. Si bien en este escenario no desaparece completamente la presencia de deslumbramiento, lo que probablemente se debe a la elevada transmitancia (0.67) del textil bajo estudio, se reduce a menos de un 4% del periodo de ocupación del espacio (figura 13, figura 14).

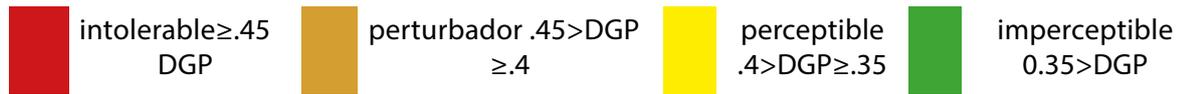


Figura 5: Gráfica de deslumbramiento orientación norte (vista a la ventana), sin sistemas de control solar

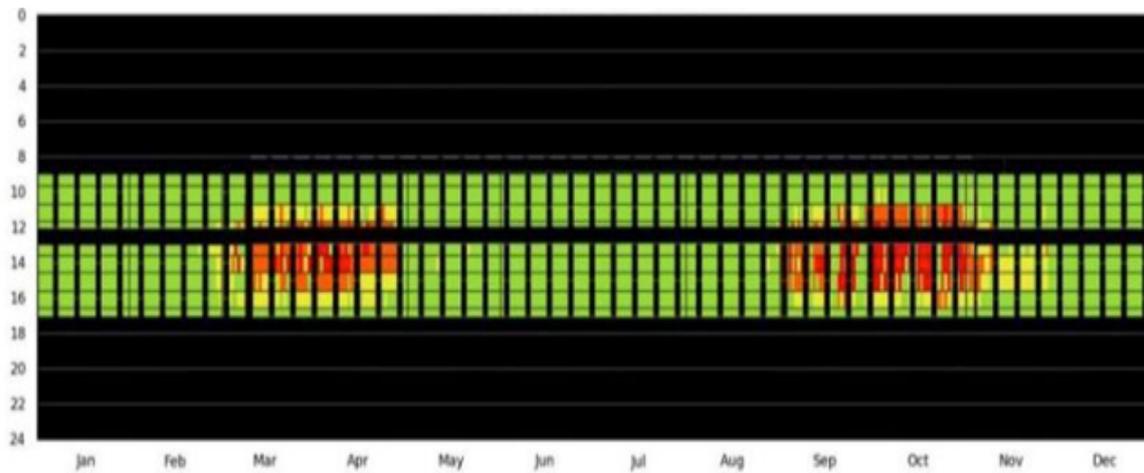


Figura 6: Gráfica de deslumbramiento orientación norte (vista a la pared), sin sistemas de control solar

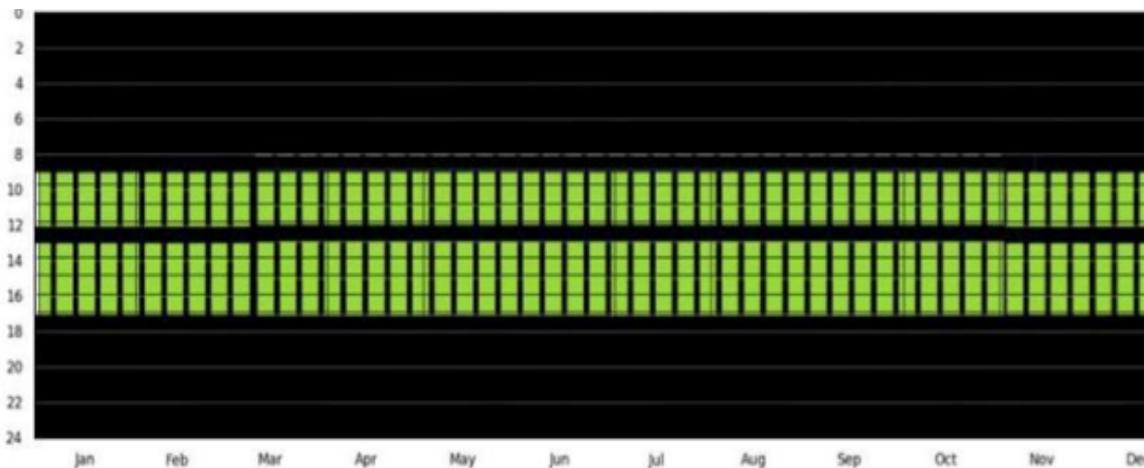


Figura 7: Gráfica de deslumbramiento orientación norte (visual ventana), cortina textil interior de tropical

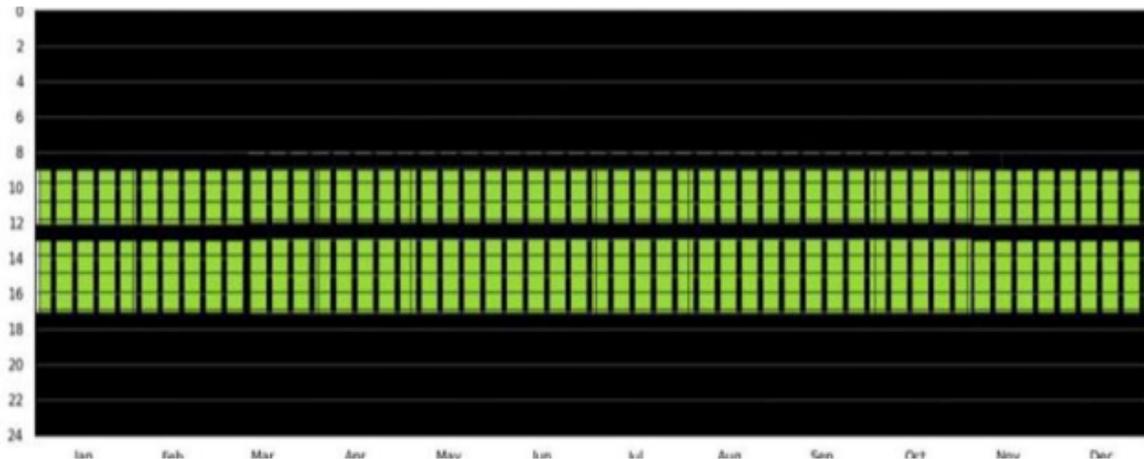


Figura 8: Gráfica de deslumbramiento orientación norte (vista a la pared), cortina textil interior de tropical

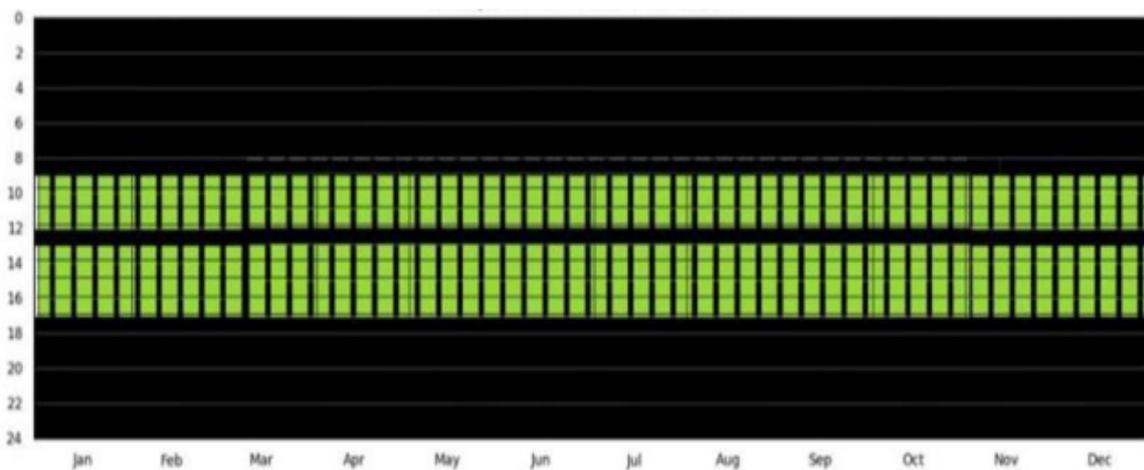


Figura 9: Gráfica de deslumbramiento orientación norte (visual ventana), cortina textil interior de jackard

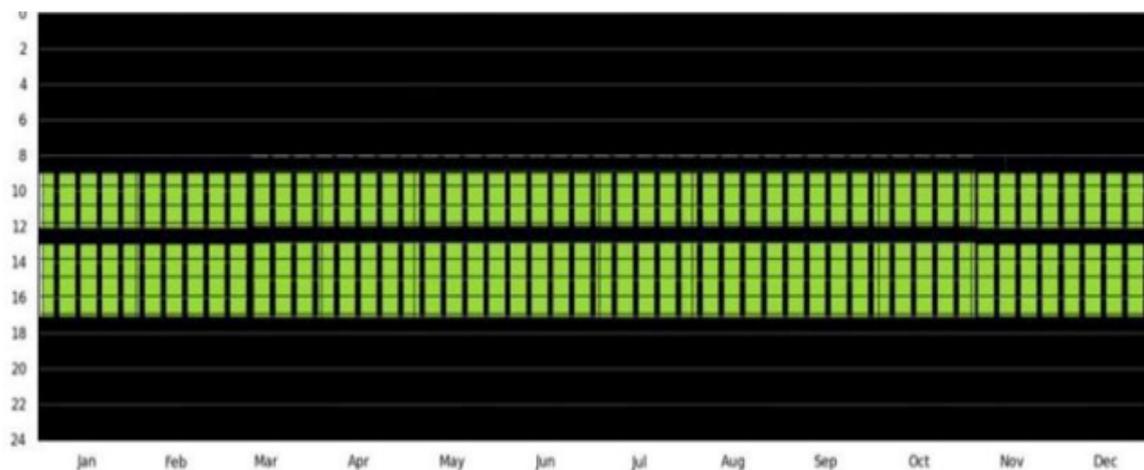


Figura 10: Gráfica de deslumbramiento orientación norte (visual pared), cortina textil interior de jackard

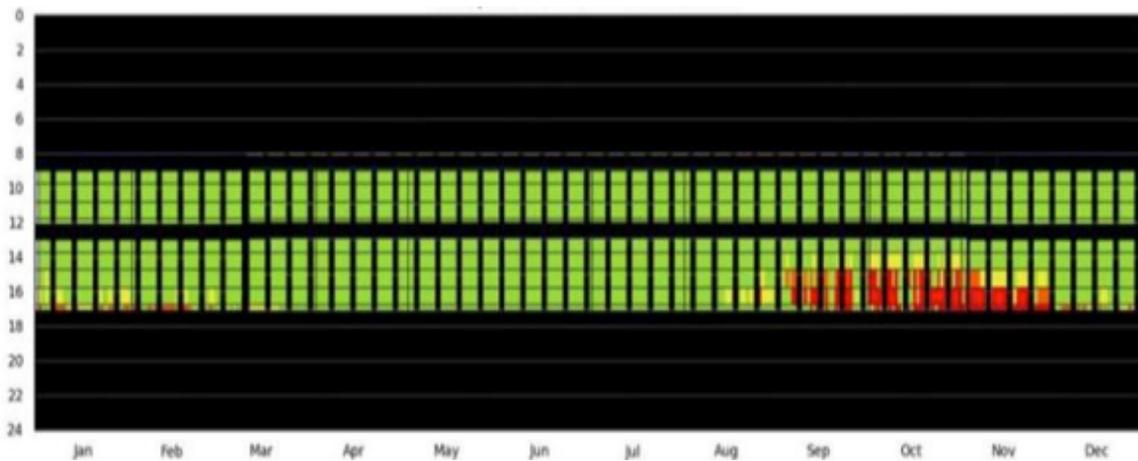


Figura 11: Gráfica de deslumbramiento orientación oeste (visual ventana), sin sistema de control solar.

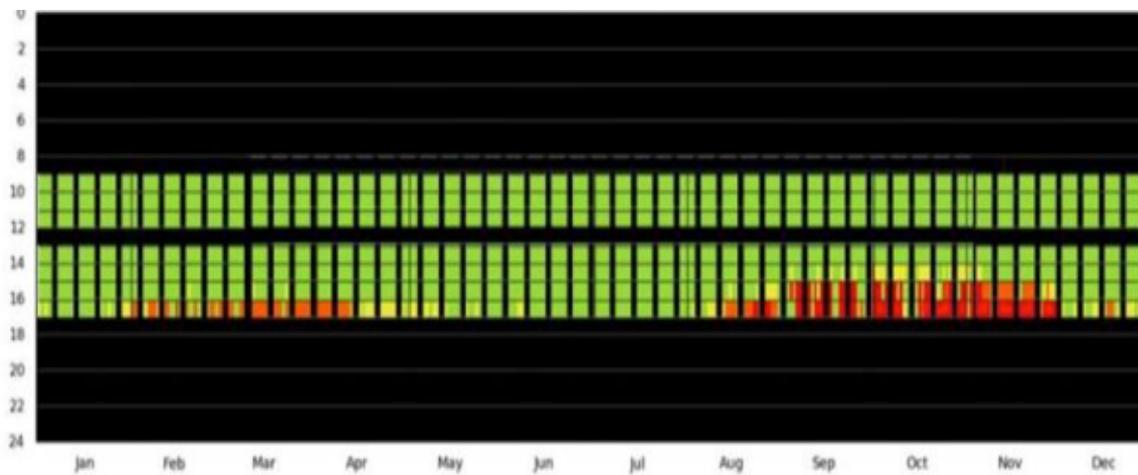


Figura 12: Gráfica de deslumbramiento orientación oeste (visual pared), sin sistema de control solar.

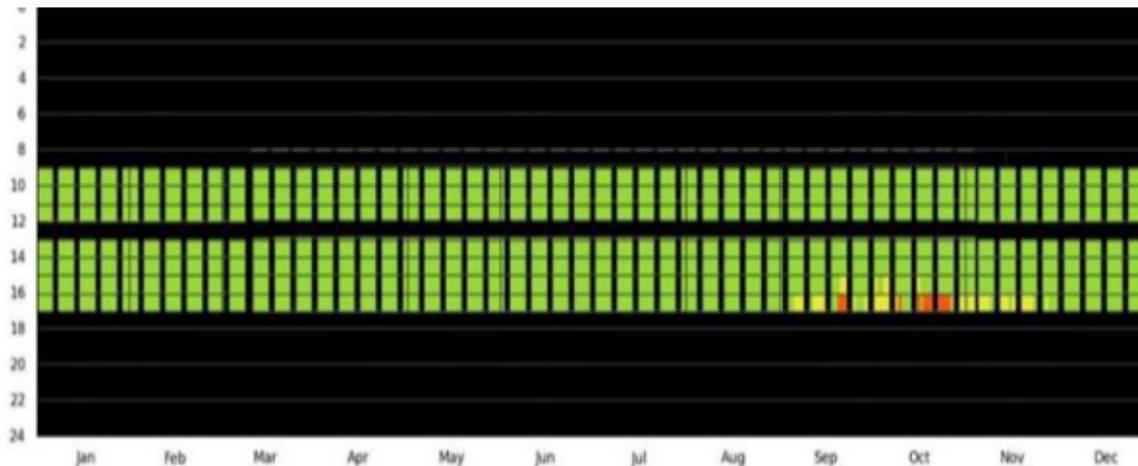
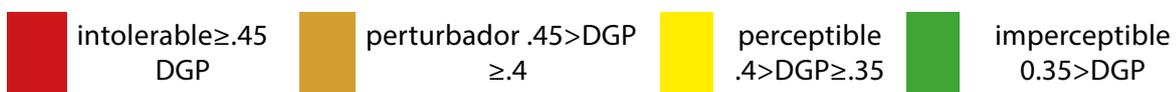


Figura 13: Gráfica de deslumbramiento orientación oeste (visual ventana), cortina textil interior organiza



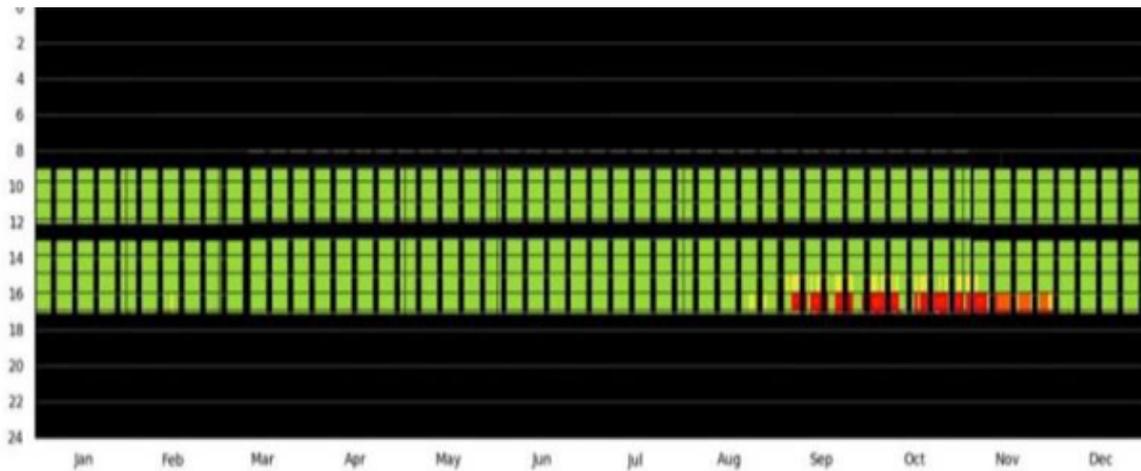


Figura 14: Gráfica de deslumbramiento orientación oeste (visual pared), cortina textil interior de organza



Discusión de resultados

Los resultados de este trabajo reflejan la importancia del estudio de los elementos de sombreado en función de la orientación de las fachadas, las características climáticas particulares de cada región, las propiedades ópticas y geométricas de los sistemas de control solar y específicamente del confort visual de los ocupantes. Observándose que las cortinas interiores de tropical y jackard controlan efectivamente el deslumbramiento en la orientación norte. Mientras que en la orientación oeste, la cortina textil interior de organza, redujo notablemente el riesgo de deslumbramiento, sin llegar a anularlo del todo.

De los resultados obtenidos podemos decir que, por un lado, se observó que el análisis de deslumbramiento anual a través del DGP es una herramienta empleada a nivel global, que por su sencillez y versatilidad, permite un reconocimiento general del comportamiento de la luz natural de la escena. Sin embargo, a través de la herramienta DGP sólo podemos conocer si va a haber riesgo de deslumbramiento a través de la cantidad de luz que llega al ojo, pero no tenemos información de los niveles de uniformidad de la escena, o las relaciones

de luminancia, que también afectan el estado de adaptación del observador. Por este motivo es recomendable utilizar siempre más de una métrica. (Niveles de iluminancia en el plano horizontal, niveles de uniformidad, etc). Por otro lado, la ausencia total de deslumbramiento, no es el único aspecto del confort visual a considerar. Hay aspectos relacionados a las preferencias de los ocupantes, como la visión al exterior o el dinamismo producido por el ingreso de luz directa, que deben ser contemplados. Esto se debe a que muchas veces, estos aspectos, son elegidos por las personas en contraposición a escenas uniformes vinculadas al control total deslumbramiento. Es necesario que cada elemento de control solar se analice según el contexto en el cual es utilizado.

Conclusiones

En este trabajo se realiza un análisis predictivo de deslumbramiento anual en tres cortinas textiles de uso interior -organza, jackard y tropical-. A través de simulaciones dinámicas, con el indicador DGP, se evaluó el nivel de deslumbramiento sin cortinas y con ellas, con vista hacia la ventana y hacia la pared. Las orientaciones elegidas fueron norte y este, por ser las orientaciones más críticas en cuanto

al ingreso de sol. Los resultados muestran que las cortinas interiores de tropical y jackard controlan efectivamente el deslumbramiento en la orientación norte. Mientras que en la orientación oeste, la cortina textil interior de organza, redujo notablemente el riesgo de deslumbramiento, sin llegar a anularlo del todo. Estos resultados destacan la necesidad seleccionar los elementos de sombreado que se utilizaran para proteger aberturas de acuerdo a la orientación de las fachadas, a las características climáticas particulares de cada región y a las propiedades ópticas y geométricas de los sistemas de control solar.

Como principal conclusión podemos decir que el DGP es una métrica descriptiva que aporta información útil del deslumbramiento. Sin embargo cada elemento de control debe analizarse según el contexto en el cual será utilizado, utilizándose en la mayoría de las situaciones más de una métrica.

Agradecimientos

Este trabajo fue financiado por el proyecto PICTO ENARGAS 2009-0133: Desarrollo y Estudio de Comportamiento Energético de Precisión de Carpinterías Exteriores y Elementos de Control Solar de Bajo Costo. FONCYT, Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, Argentina.

Referencias bibliográficas

Baker, N. & Steemers, K., 2014. Daylight design of buildings: A handbook for architects and engineers, Routledge.

Boyce, P., 2003. Human Factors in Lighting. Lighting Research Center second ed., London, England: London-New York: Taylor & Francis.

Christoffersen, J. & Wienold, J., 2008. Assessment of user reaction to glare with three solar shading systems. In International Conference on Indoor Air Quality and Climate.

Córica, L., 2009. Comportamiento de la luz natural en entornos urbanos representativos del modelo oasis en regiones áridas. Caso de estudio: ciudad de Mendoza. Tesis. Universidad Nacional de Tucumán.

DiLaura, D.L. et al., 2010. The lighting handbook: Reference and application, Illuminating Engineering Society of North America New York (NY).

Jakubiec, J.A. & Reinhart, C.F., 2012. The "adaptive zone"--A concept for assessing discomfort glare throughout daylight spaces. *Lighting Research and Technology*, 44(2), pp.149–170.

Keyes, M.W., 1967. Analysis and rating of drapery materials used for indoor shading. *ASHRAE Transactions*, 72(1), pp.8–4–5.

Monteoliva, J.M. & Pattini, A., 2013. Análisis y evaluación dinámica del deslumbramiento anual en edificios escolares. Caso de estudio: Escuela República de Chile N°1256 (Mendoza. Argentina). In ORP2013 - 11o Congreso Internacional de Prevención de Riesgos Laborales. Santiago.

Monteoliva, J.M. & Pattini, A., 2013. Iluminación natural en aulas: análisis predictivo dinámico del rendimiento lumínico-energético en climas soleados. *Ambiente Construido*, 13, p.14.

Nazzari, A. a., 2005. A new evaluation method for daylight discomfort glare. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(4), pp.295–306.

Pattini, A. et al, 2007. Diseño de artefactos de iluminación natural. La utilización de la energía solar para iluminar espacios interiores. Informe final de proyecto.

Reinhart, C.F., 2006. Tutorial on the Use of DAYSIM Simulations for Sustainable Design.

Villalba, A., 2014. Control de luz solar directa en la envolvente edilicia en climas soleados. Su impacto en el consumo diario de energía eléctrica para iluminación en edificios no residenciales de ciudad oasis. Tesis. Universidad Nacional de Tucumán.

Villalba, A.M., Pattini, A.E. & Córica, M.L., 2012. Análisis de las características morfológicas de las envolventes edilicias y del entorno urbano desde la perspectiva de la iluminación natural. *Ambiente Construido*, 12(4), pp.159–175.

Vos, J.J., 2003. Reflections on glare. *Lighting Research and Technology*, 35(2), pp.163–176.

Wienold, J., 2009. Dynamic daylight glare evaluation. In *Proceedings of Building Simulation*. pp. 944–951.

Wienold, J. & Christoffersen, J., 2006. Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. *Energy and Buildings*, 38(7), pp.743–757.

Van Den Wymelenberg, K. & Inanici, M., 2014. A critical investigation of common lighting design metrics for predicting human visual comfort in offices with daylight. *Leukos*, 10(3), pp.145–164.

Yamin et al., 2014. Degree of eye opening: A new discomfort glare indicator. *Building and Environment*, 88, pp.142–150.