

La luz adecuada en el momento adecuado

Sobre la declaración de posición de la CIE sobre la iluminación integradora.

Fernando Deco

www.luminotecniatotal.blogspot.com.ar

Fuente: Fernando Deco, newsletter del 16 de septiembre de 2024;
CIE 2024 – Versión 2024-08

La luz se define como cualquier “radiación electromagnética considerada desde el punto de vista de su capacidad para excitar el sistema visual” (CIE 2020a, término 17-21-012), que se produce por estimulación directa de los fotorreceptores retinianos clásicos: los bastones y los conos. Además de permitir la visión, los fotorreceptores retinianos también se conectan a diversas ubicaciones del cerebro a través de las cuales la luz desencadena efectos biológicos que regulan poderosamente la salud, el rendimiento y el bienestar humanos. La exposición a la luz provoca respuestas rápidas (en el rango de milisegundos y segundos) en el reflejo pupilar o en la actividad cerebral. Estos efectos rápidos pueden incluir un aumento de la frecuencia cardíaca y cambios en la actividad cerebral medidos con un electroencefalograma (EEG), entre otros resultados fisiológicos. En un curso temporal algo más lento (minutos en lugar de milisegundos), la exposición a la luz puede mejorar el estado de alerta, influir en la termorregulación y aliviar la depresión estacional y no estacional. La luz también es el principal sincronizador del reloj biológico humano. Según el momento y la intensidad de la exposición, la luz puede cambiar la fase del ritmo circadiano actuando en la escala de días y semanas, y puede regular el momento y la calidad del sueño. La luz durante la tarde y durante la noche puede alterar el sueño y puede causar una supresión aguda de la liberación nocturna de la hormona melatonina.

Además de permitir la visión, los fotorreceptores retinianos también se conectan a diversas ubicaciones del cerebro a través de las cuales la luz desencadena efectos biológicos que regulan poderosamente la salud, el rendimiento y el bienestar humanos.

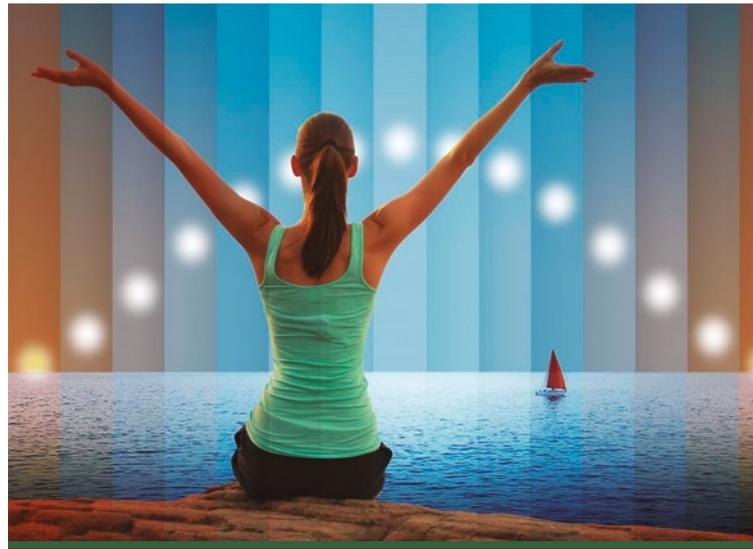
Los avances en fisiología de los últimos cuarenta años han revolucionado nuestra comprensión de

URL estable: <https://www.editores.com.ar/node/8193>

la estructura de la retina y sus conexiones con el cerebro.

Los receptores clásicos de la visión, los bastones y los conos, se comprenden relativamente bien y están caracterizados por las publicaciones existentes del CIE. El trabajo pionero desde la década de 1980 ha revelado que el ojo tiene otros fotorreceptores, conocidos como “células ganglionares de la retina intrínsecamente fotosensibles” (ipRGC) (entre otros, Berson et al., 2002; Foster et al., 1993; Provencio et al., 2000). Su fotosensibilidad se basa en el fotopigmento melanopsina, con una sensibilidad máxima en la parte de longitud de onda más corta del espectro visible (Brainard et al., 2001; Thapan et al., 2001). Este conjunto de investigaciones ha dado lugar a un aumento espectacular de la cantidad de científicos que investigan todo tipo de efectos neurobioconductuales de la luz y la cantidad de productos desarrollados con la intención de influir en la salud y el bienestar de sus usuarios.

Se utilizan varios términos (aunque de forma imprecisa) a fin de etiquetar los efectos de la luz que se consideran distintos de la visión perceptiva, incluidas las respuestas a la luz que no forman imágenes (NIF) o que no son visuales (NV), pero la evidencia emergente muestra interconexiones entre los fotorreceptores y no una división estricta entre funciones (por ejemplo, Najjar et al., 2024). Algunos, en la industria de la iluminación, utilizan términos de marketing como “iluminación centrada en el ser humano” (HCL), “iluminación circadiana” e “iluminación biodinámica” con el objeto de describir soluciones de iluminación que apuntan a tales efectos. En la segunda edición del Vocabulario Internacional de Iluminación, la CIE ha adoptado el término “iluminación integradora” (CIE 2020a, término 17-29-028) como el término oficial para la iluminación que está específicamente destinada a integrar efectos visuales y no visuales, que produce efectos fisiológicos y psicológicos en los seres humanos, tal como se refleja en la evidencia científica.



La CIE desarrolló una Norma Internacional CIE S 026:2018 (CIE 2018), que define un sistema para la metrología de la radiación óptica para respuestas inducidas por la luz que pueden ser obtenidas por ipRGC (respuestas de luz influenciada por ipRGC —IIL—).

Las reglamentaciones y prácticas en materia de iluminación suelen seguir centrándose en los aspectos visuales y de eficiencia energética de la luz, y se presta poca o ninguna atención a las respuestas de la iluminación integradora. Por el contrario, hay muchos productos de iluminación que entran en el mercado cuyo objetivo principal es influir en la iluminación integradora sin tener en cuenta otros aspectos de la calidad de la iluminación. Un equilibrio inadecuado entre estos enfoques puede dar lugar a condiciones de iluminación que comprometan el bienestar, la salud y el funcionamiento de las personas y que no satisfagan la calidad general de la iluminación.

La CIE ha adoptado el término “iluminación integradora” (CIE 2020a, término 17-29-028) como el término oficial para la iluminación que está específicamente destinada a integrar efectos visuales y no visuales

Cómo caracterizar la luz con respecto a sus efectos integradores

La Norma Internacional CIE S 026:2018 (CIE 2018) define funciones, magnitudes y métricas de sensibilidad espectral que describen la capacidad de la radiación óptica para estimular cada uno de los cinco tipos de fotorreceptores (α -opic) que pueden contribuir, a través de las ipRGC que contienen melanopsina, a los efectos integradores de la luz mediados por la retina en humanos. Las unidades de estas magnitudes α -opic cumplen con el Sistema Internacional de Unidades (SI) (BIPM 2019a; BIPM 2019b), lo que es esencial a la hora de permitir mediciones trazables y cumplir con las directrices internacionales. La norma establece la frase “efectos de luz influenciados por ipRGC” (efectos IIL) como la frase preferida cuando se habla de efectos mediados por las ipRGC.

Si se considera la iluminación integradora, una descripción de la radiación óptica únicamente de acuerdo con el espectro de acción fotópica (representado por la función de eficiencia espectral fotópica) no es suficiente. Además, no existe un único espectro de acción o proxy que pueda describir todas las respuestas a la luz mediadas por el ojo. Los cinco tipos de receptores pueden contribuir a estas respuestas (Lucas et al. 2014).

La contribución relativa de cada tipo de fotorreceptor individual puede variar en función de la respuesta específica y de las propiedades de exposición a la luz, como la intensidad, el espectro, la duración, el momento

La contribución relativa de cada tipo de fotorreceptor individual puede variar en función de la respuesta específica y de las propiedades de exposición a la luz, como la intensidad, el espectro, la duración, el momento (externo e interno/circadiano), el historial de exposición a la luz anterior y el estado de privación del sueño del individuo.

Además, la exposición a la luz debe evaluarse o predecirse utilizando el plano del ojo del observador (generalmente vertical y orientado hacia la dirección de la mirada) en lugar del plano horizontal.

La norma CIE S 026:2018 (CIE 2018) también definió una iluminancia equivalente, la iluminancia de luz diurna equivalente α -ópica (D65) (EDI) mediante el iluminante estándar CIE D65 como iluminante de referencia. Esta cantidad proporciona la iluminancia del iluminante estándar CIE D65 (que representa la luz diurna promedio) que produce la iluminancia α -ópica equivalente como luz de prueba. La unidad es “lx”. Se recomienda utilizar el EDI melanópico para describir el estímulo proporcionado a las ipRGC.

Una caracterización integral de un entorno iluminado también incluye iluminancias horizontales, luminancias verticales y horizontales, calidad del color y otros índices para describir el estímulo proporcionado al sistema visual (CIE 2020b).

Identificar la luz adecuada en el momento adecuado

Identificar la luz adecuada que se debe utilizar en un momento determinado sigue siendo una cuestión clave para muchas personas. La CIE y el ISO/TC 274 elaboraron un informe técnico conjunto en 2022 (ISO/CIE TR 21783:2022 —ISO/CIE 2022—) que resumía el estado actual de los conocimientos sobre los posibles efectos beneficiosos de la iluminación integradora y sus posibles riesgos.

En agosto de 2019, un segundo taller independiente de dieciocho científicos destacados dio como resultado las primeras recomendaciones de consenso para un patrón saludable de exposición a la luz durante el día, la tarde y la noche para favorecer el sueño, la vigilia y la fisiología (Brown et al., 2022). Las recomendaciones se basaron en datos de adultos jóvenes sanos.

Las recomendaciones son una exposición mínima a 250 lx de EDI melanópico en el ojo durante



el día; una exposición máxima a 10 lx de EDI melanópico durante la noche en las tres horas anteriores a acostarse; y una exposición máxima a 1 lx de EDI melanópico durante la noche mientras se duerme (aunque si se realizan actividades que requieren visión durante la noche, el EDI melanópico máximo recomendado es de 10 lx). Las deliberaciones del taller se han documentado en la Nota Técnica CIE TN 015:2023 (CIE 2023a).

El logro de esta declaración de consenso basada en fundamentos científicos es un paso importante hacia la incorporación de consideraciones de ILL en recomendaciones generales para aplicaciones de iluminación con el fin de lograr una iluminación verdaderamente integradora. Sin embargo, hay varias cuestiones abiertas que requieren atención urgente de investigación antes de que esto suceda:

- » Para que resulte aceptable para los ocupantes y las autoridades de construcción, será necesario alcanzar una iluminación vertical mínima de 250 lx EDI melanópica sin causar incomodidad ni reducir la visibilidad, y será necesario proporcionar la exposición a la luz dentro de los límites establecidos por las normas energéticas. Aumentar el uso de la luz natural (cuando sea posible) ayudará a tener en cuenta las consideraciones energéticas,
- pero evitar el deslumbramiento tanto de las ventanas como de la luz eléctrica requerirá una guía de diseño de iluminación más avanzada.
- » La recomendación es una exposición continua durante el día, pero puede ser difícil de lograr. No está claro si existe una dosis de luz diurna (expresada, quizás, en lxh) que pueda lograr el mismo efecto beneficioso. Si la hay, las nuevas recomendaciones de aplicación pueden requerir exposiciones intermitentes a un EDI melanópico más alto en lugar de una exposición continua. Esto reduciría la energía total utilizada para proporcionar el EDI melanópico mínimo de 250 lx, especialmente si la luz del día fuera la fuente principal durante los períodos de exposición muy alta.
- » La recomendación de no más de 10 lx de EDI melanópico en el ojo durante tres horas por la noche puede resultar difícil de conciliar con las necesidades de visibilidad de las personas, especialmente de aquellas con capacidades visuales limitadas. Tanto la orientación de diseño por parte de expertos como los espectros de fuentes de luz cuidadosamente seleccionados pueden ayudar a lograr una solución integradora.
- » Como señalaron los participantes del taller de Manchester II, estas recomendaciones abordan las necesidades de ILL de adultos sanos de edad joven a mediana, pero se desconoce su aplicabilidad a poblaciones más jóvenes y mayores y a aquellas con necesidades especiales. Los organismos de financiación deberían priorizar los proyectos que proporcionen información sobre muestras más diversas que varíen en edad y estado de salud.
- » Una fuente importante de datos que comprenda los patrones diarios de luz y oscuridad es el control de la exposición mediante dosimetría lumínica personal. Se trata de un área de investigación activa y la CIE cuenta con un Comité Técnico Conjunto (JTC 20) muy activo cuyo objetivo es establecer herramientas y orientaciones sobre las mejores

prácticas para la metrología de precisión. Al mismo tiempo, la comunidad de la iluminación necesita la ayuda de otros científicos para desarrollar dispositivos precisos, prácticos, cómodos y que se puedan llevar puestos para la medición ecológica de las respuestas fisiológicas y conductuales.

- » Las guías de aplicación, tanto las recomendaciones como las normas, están escritas para espacios basados en promedios, no en individuos. Las guías basadas en promedios discriminarán a algunos ocupantes durante algún tiempo o todo el tiempo. El historial de exposición a la luz anterior y el estado de los ritmos fisiológicos de una persona influyen en las respuestas de una persona a la exposición a la luz, y el diseñador de iluminación y los administradores del edificio no pueden conocer el estado de las personas en el espacio. Esto hace que la estandarización de valores fijos para respaldar la iluminación integradora sea muy difícil y debería conducir a recomendaciones de rangos que se puedan lograr con los controles de iluminación.
- » Las recomendaciones adecuadas para las personas que deben estar activas durante la noche requieren información adicional y deberán adaptarse al horario de turno específico. Las recomendaciones también deben tener en cuenta la variedad de actividades de las personas y la exposición a la luz durante las horas no laborales.

Las recomendaciones son una exposición mínima a 250 lx de EDI melanópico en el ojo durante el día; una exposición máxima a 10 lx de EDI melanópico durante la noche en las tres horas anteriores a acostarse; y una exposición máxima a 1 lx de EDI melanópico durante la noche mientras se duerme

Orientación preliminar

Las recomendaciones de iluminación totalmente integradoras requerirán los conocimientos descritos anteriormente, pero hoy en día se sabe lo suficiente como para proporcionar un mensaje público sencillo que permita a las personas aprovechar mejor la luz y la oscuridad.

Un elemento clave de este mensaje debe ser que los efectos que se producen como resultado de la exposición a la luz emitida son causados por la combinación del nivel de luz y el espectro juntos y, por lo tanto, la combinación de todas las fuentes de luz en el entorno inmediato, ya sea eléctrica, luz diurna o llama. Cualquier fuente de luz, vista directamente o reflejada desde superficies, y dependiendo de la hora del día y las características del individuo, puede proporcionar una exposición a la luz deseable o indeseable. Un colorario de esto es que es inútil, y potencialmente engañoso, utilizar la temperatura de color correlacionada para especificar una luz "saludable" o "insalubre".

- » Un EDI melanópico alto (una exposición muy alta a la luz) durante el día favorece el estado de alerta, el ritmo circadiano y una buena noche de sueño. La CIE reconoce que pasar tiempo al aire libre durante el día se asocia con una mejor salud y bienestar, y que la exposición a la luz natural es un componente causal significativo de estos efectos. También recomienda no restringir innecesariamente la luz natural en los espacios interiores. El aumento de la luz natural en los edificios normalmente también reducirá el uso de energía para iluminación.
- » Un EDI melanópico bajo (del orden de 1/25 o menos de la exposición diurna) durante la noche facilita el inicio y la consolidación del sueño.
- » La oscuridad (un EDI melanópico muy bajo, es decir, casi nulo) durante la noche favorece un fuerte ritmo circadiano y una mejor calidad del sueño, con beneficios consiguientes para el rendimiento y el bienestar resultantes

de los procesos fisiológicos que tienen lugar durante el sueño. En rigor, un EDI melanópico muy bajo durante el sueño es esencial para un ritmo circadiano fuerte y la calidad del sueño, y lo ideal es que la iluminancia en los párpados sea lo más cercana posible a cero. La CIE señala que los párpados cerrados, como ocurre durante el sueño, ayudan a mantener un patrón fuerte de noches oscuras y días claros.

Estrategia adicional de la CIE

Proporcionar la luz adecuada en el momento adecuado requiere enfoques integradores que satisfagan las necesidades de todas las personas que se encuentran en un espacio. Los proyectos en curso de la CIE en este campo incluyen la actividad conjunta con ISO/TC 274 para revisar la Norma Internacional para la iluminación de espacios interiores de trabajo, ISO 8995-1:2002/CIE S 008:2001 (ISO/CIE 2002).

El Comité Técnico Conjunto JTC 20 trabaja en el desarrollo de una guía sobre la dosimetría de la luz personal. El Comité Técnico TC 4-61 explora los efectos de la iluminación eléctrica exterior en el entorno natural. Se están desarrollando otros comités técnicos relacionados.

Acerca de la CIE y sus declaraciones de posición

La Commission Internationale de l'Eclairage (CIE, 'Comisión Internacional de Iluminación'), se dedica a la cooperación mundial y al intercambio de información sobre todos los asuntos relacionados con la ciencia y el arte de la luz y la iluminación, el color y la visión, la fotobiología y la tecnología de la imagen.

La CIE publica normas, informes y otras publicaciones reconocidas internacionalmente relacionadas con todos los asuntos relacionados con la ciencia, la tecnología y la normalización en los campos de la luz y la iluminación. ■■

Cualquier fuente de luz, vista directamente o reflejada desde superficies, y dependiendo de la hora del día y las características del individuo, puede proporcionar una exposición a la luz deseable o indeseable.

