



La luz puede salvarnos la vida si la usamos bien

## Descripción

## Introducción

La luz no solo nos permite ver, también organiza silenciosamente una parte esencial de nuestra biología. Puede activar o desajustar nuestro cerebro, favorecer el descanso o sabotearlo, mejorar nuestro estado de ánimo o contribuir a una fatiga que muchas veces ni siquiera sabemos explicar.

Usada con inteligencia, la luz puede convertirse en una auténtica herramienta de salud, bienestar y rendimiento, pero mal utilizada puede alterar nuestros ritmos, nuestro sueño y nuestra calidad de vida.

Durante millones de años la humanidad vivió bajo un patrón lumínico extremadamente simple y estable de amanecer, día brillante, atardecer y oscuridad nocturna. Nuestro cerebro evolucionó interpretando esas señales como un calendario biológico que regula cuándo debemos estar despiertos, cuándo debemos descansar, cómo se organizan nuestras hormonas, nuestra temperatura corporal e incluso nuestro metabolismo. La luz, por tanto, no es solo un estímulo visual, es una señal temporal que estructura la vida.

El problema es que la revolución eléctrica y, sobre todo, la vida urbana contemporánea han alterado profundamente ese patrón natural. Hoy pasamos más del 90 % del tiempo en interiores, muchas veces bajo niveles de iluminación mucho más bajos que los del exterior durante el día y, paradójicamente, mucho más altos de lo que nuestro organismo espera durante la noche. Este cambio ha creado un paisaje lumínico artificial en el que nuestros

ritmos biológicos reciben señales confusas: días demasiado oscuros y noches demasiado luminosas.

A esta transformación se suma otro fenómeno característico de nuestra época, el trabajo digital y la exposición continua a pantallas. Ordenadores, teléfonos móviles, televisores y *tablets* prolongan artificialmente el día biológico y mantienen nuestro cerebro en estado de alerta cuando debería empezar a prepararse para dormir. El resultado no siempre es dramático ni inmediato, pero sí acumulativo: alteraciones del sueño, fatiga crónica, dificultad de concentración o sensación de agotamiento que muchas veces atribuimos al estrés o al trabajo, cuando en realidad también tienen una dimensión ambiental.

En este contexto, la ciencia de la iluminación ha comenzado a replantearse una pregunta fundamental: si la luz es una de las señales más potentes que recibe nuestro cerebro, ¿por qué los espacios en los que vivimos y trabajamos siguen diseñándose casi exclusivamente desde criterios visuales y estéticos? Esta reflexión ha dado lugar al desarrollo del concepto de *Human Centric Lighting* (HCL), un enfoque que busca volver a alinear la iluminación de nuestros entornos con las necesidades biológicas reales del ser humano.

En este artículo analizaremos con rigor por qué la luz influye mucho más de lo que creemos en nuestra salud física y mental y cómo puede aplicarse de forma inteligente tanto en la vivienda como en los espacios de trabajo. Hablaremos del concepto “Human Centric Lighting” y veremos de qué manera los sistemas de control y automatización, como los BMS, se convierten en soluciones prácticas, eficaces y sostenibles para vivir y trabajar en entornos más saludables.

## **Human Centric Lighting o iluminación centrada en la persona**

El *Human Centric Lighting*, cada vez más llamado también *integrative lighting* o iluminación centrada en la persona, no consiste simplemente en “poner una luz más blanca por la mañana y más cálida por la tarde”. Esa es la versión comercial simplificada.

La primera obligación intelectual al hablar de HCL es separar la ciencia de la narrativa comercial. La definición más útil no es “luz que se adapta al ser humano”, porque eso es demasiado amplio, sino esta idea “un diseño de iluminación que integra resultados visuales y no visuales orientados a efectos humanos concretos”.

En su sentido serio, HCL significa diseñar la luz teniendo en cuenta dos planos simultáneos, el visual y el no visual. El plano visual abarca lo clásico, es decir, ver bien, distinguir colores, evitar deslumbramiento, mantener confort y seguridad. El plano no visual incluye cómo la luz influye en el reloj circadiano, la secreción de melatonina, la alerta, el estado de ánimo y, de forma indirecta, el sueño y el rendimiento diario. La literatura científica más sólida insiste precisamente en ese equilibrio.

Cuando el HCL se reduce a marketing, se convierte en “*healthwashing*”, pero cuando se diseña con rigor, integra biología, ergonomía, arquitectura, control y comportamiento humano.

La base biológica del HCL está en que el sistema visual humano no sólo sirve para formar imágenes. La retina contiene conos y bastones, pero también células ganglionares intrínsecamente fotosensibles con melanopsina (ipRGCs), que participan en la sincronización del reloj biológico con el ciclo día-noche.

La luz que llega al ojo, sobre todo su momento, duración, intensidad y composición espectral, puede adelantar o retrasar fase circadiana, influir sobre la supresión de melatonina y modular el nivel de activación fisiológica. La luz matinal tiende a adelantar el reloj, mientras que la luz tardía o nocturna tiende a retrasarlo. Además, los efectos no dependen sólo de “luz azul” aislada. Las ipRGCs integran señal de conos y bastones, por lo que el fenómeno es más complejo que el discurso popular de “azul malo / ámbar bueno”.

Ese matiz es clave porque una parte del mercado del HCL ha vendido soluciones simplistas, como si bastara con comprar una luminaria “circadiana” para mejorar automáticamente sueño, salud mental y productividad. Muchas instalaciones vendidas como HCL sólo cambian la temperatura de color correlacionada (CCT) a lo largo del día sin demostrar que mejoren el estímulo circadiano efectivo en el ojo del usuario. La evidencia no respalda ese automatismo. De hecho, una revisión crítica muy citada de Houser y colaboradores (2021) advierte que el HCL útil exige un proceso de diseño cuidadoso y resultados definidos, no promesas vagas.

En paralelo, trabajos de política científica más recientes subrayan que aún hay vacíos importantes, indicando que diferencias individuales, edad, cronotipo, historial luminoso, contexto arquitectónico y hábitos del usuario modifican la respuesta. Dicho de otra manera, la luz importa mucho, pero nunca actúa sola.

¿Por qué no basta con la CCT? Porque el organismo no “lee” Kelvin, sino que recibe luz real en retina. Una luminaria de 5000 K puede aportar un estímulo melanópico pobre si el

nivel es bajo o si la luz llega mal al ojo. Y una luz más cálida, bien dirigida y suficiente durante el día, puede aportar más efecto circadiano del que el prejuicio técnico supondría.

Durante décadas, la iluminación se diseñó con métricas sobre todo visuales, basadas en lux horizontales en el plano de trabajo, uniformidad, deslumbramiento, reproducción cromática. Todo eso sigue siendo esencial, pero es insuficiente para describir efectos biológicos. Por eso la CIE (*Commission Internationale de l'Éclairage*, en francés y conocida en inglés como *International Commission on Illumination*). reforzó el uso de CIE S 026:2018, que introduce una metrología  $\alpha$ -ópica para caracterizar cómo una fuente estimula los distintos fotorreceptores, incluida la componente melanópica.

La consecuencia práctica es enorme. Para hablar con seriedad de HCL ya no basta con decir “esta lámpara es de 4000 K” o “esta oficina tiene 500 lux en mesa” sino que hay que preguntarse también cuánta luz útil para el sistema circadiano llega realmente al ojo, en qué horario y durante cuánto tiempo.

Ese desplazamiento conceptual es comparable a pasar de medir la lluvia por el brillo del cielo a medirla por litros reales recogidos en el suelo. Durante años, el sector describió entornos “luminosos” basándose en la superficie de trabajo, cuando el reloj circadiano, obviamente, no está en la mesa sino en un sistema biológico que responde a la luz captada por los ojos. Por eso los consensos recientes insisten en la medición vertical a la altura del ojo, aproximadamente a 1,2 metros cuando la persona está sentada.

El consenso de Brown y colaboradores, respaldado luego por la posición de la CIE, resume bien el patrón general de mucha luz efectiva de día, poca luz antes de dormir y oscuridad por la noche.

Ahora bien, “mucha luz de día” tampoco significa que toda respuesta humana mejore linealmente cuanto más iluminemos. La literatura sobre fisiología circadiana muestra una relación dependiente de dosis, horario e historia luminosa previa. Además, la respuesta individual varía por edad, cronotipo, salud ocular, estación, latitud y conducta. La revisión de Blume, Garbazza y Spitschan recuerda que la exposición previa modifica cómo responde el sistema a una dosis posterior. El trabajo más orientado a política científica de Spitschan y Stefani insiste en la necesidad de intervenciones personalizadas y adaptativas.

También hay que corregir el reduccionismo del “todo es melanopsina”. La evidencia moderna indica que las ipRGCs reciben contribuciones de conos y bastones, y que no existe una frontera limpia entre visual y no visual. El propio sistema de la CIE adopta cinco

sensibilidades  $\alpha$ -ópticas precisamente para reflejar que la fisiología luminosa humana es integrada. Eso tiene una consecuencia práctica muy importante, la de que diseñar HCL no permite descuidar deslumbramiento, reproducción cromática, modelado de rostros, confort visual o legibilidad espacial en nombre de una supuesta “salud circadiana”. La buena iluminación para personas sigue siendo una combinación de biología, visión y experiencia espacial.

Aun así, el potencial del HCL es real. Hay una consistencia notable en tres ideas. Primero, las personas pasan gran parte del día en interiores con niveles de luz mucho más bajos que los del exterior. Segundo, esa “pobreza lumínica diurna” puede perjudicar la sincronización circadiana. Y tercero, la sobreexposición a luz en la tarde-noche puede empeorar la arquitectura temporal del sueño.

Por eso los consensos científicos actuales no se limitan a pedir “buena iluminación” en abstracto, sino patrones diarios de exposición, como bastante luz efectiva de día, mucha menos por la noche y oscuridad durante el sueño. En 2022, un consenso de expertos publicado en PLOS Biology recomendó para adultos sanos diurnos un mínimo de 250 lux melanópicos equivalentes a luz diurna (melanopic EDI) a nivel ocular durante el día, en las 3 horas previas al sueño un máximo de 10 melanopic EDI y en el entorno de sueño idealmente 1 melanopic EDI o menos.

Esto explica por qué dos entornos con los mismos lux en mesa pueden ser muy distintos desde el punto de vista biológico. Una oficina puede cumplir visualmente y aun así fracasar circadianamente si la luz incide mal en el plano vertical del ojo, si el usuario está lejos de fachada, si las divisorias bloquean la luz, si los acabados absorben demasiada reflectancia o si el horario de encendido es plano e indiferente al ritmo diario.

Del mismo modo, una vivienda puede parecer “agradable” pero arruinar el sueño si concentra su mayor estímulo luminoso justo al anochecer, con pantallas, downlights intensos y luz fría en cocina-salón.

La idea central del HCL no es decorar con temperatura de color, sino orquestar exposición luminosa compatible con biología, tarea y contexto.

En entornos laborales, además, la evidencia observacional sugiere que la disponibilidad de luz diurna y niveles lumínicos adecuados se relacionan con mejor sueño, más vitalidad y mejor calidad de vida percibida.

En un estudio clásico de oficina, los trabajadores con acceso a ventanas recibían más luz, dormían más y reportaban mejor vitalidad que quienes trabajaban sin ventanas. Otro estudio halló que la exposición diurna personal a luz efectiva circadianamente en trabajadores de oficina se relacionaba con mejores resultados de sueño y estado de ánimo.

Pero conviene aclarar que estas asociaciones son prometedoras, pero no una licencia para vender incrementos garantizados de productividad. La revisión Cochrane sobre iluminación laboral encontró evidencia todavía limitada y heterogénea para afirmar mejoras robustas en alerta y estado de ánimo en trabajadores diurnos.

En vivienda ocurre algo parecido. La luz natural sigue siendo la referencia más potente y fisiológica, y estudios de campo en entornos residenciales han mostrado que mejorar el acceso a luz diurna puede favorecer alineación circadiana, sueño, vitalidad y salud mental percibida. Pero otra vez la traducción práctica requiere sentido común. No se trata de inundar la casa de luz azul a cualquier hora, sino de abrir el día y cerrar la noche.

La vivienda contemporánea suele hacer justo lo contrario, con mañanas débiles, interiores sombríos, jornadas de teletrabajo frente a pantallas y picos de luz artificial intensa en la franja pre-sueño. Ahí es donde el HCL bien entendido deja de ser una tendencia estética y se convierte en una herramienta de salud ambiental.

Desde la perspectiva de edificio, el HCL se vuelve mucho más poderoso cuando se coordina con un BMS (*Building Management System*) o, en vivienda, con sistemas domóticos equivalentes. El BMS no “crea” salud por sí mismo, pero sí puede hacer algo decisivo, convertir una intención biológica en una secuencia operacional consistente.

Es decir, el BMS puede programar escenas horarias, integrar sensores de presencia, fotocélulas, aprovechamiento de luz natural, control de persianas, calendarios, perfiles por zona y supervisión de consumos.

La literatura reciente sobre diseño integrado y control *daylight-linked* muestra que los sistemas de control pueden ayudar a satisfacer simultáneamente necesidades visuales, objetivos circadianos y ahorro energético, siempre que se calibren con precisión y no se sacrifiquen ni la tarea ni el confort.

El HCL sí puede utilizarse a favor de la salud y el bienestar personal y laboral, pero sólo cuando se entiende como un ecosistema. Ese ecosistema incluye biología circadiana, arquitectura, horarios reales de uso, distribución espacial, materiales, control

automatizado, educación del usuario y una validación honesta de resultados.

Sin eso, el HCL se queda en colorimetría cosmética. Con eso, puede convertirse en una de las intervenciones ambientales más rentables para mejorar cómo dormimos, cómo rendimos y cómo nos sentimos.



## HCL en la vivienda para mejorar la salud y el bienestar

La vivienda es probablemente el escenario donde el HCL tiene mayor potencial transformador y, paradójicamente, donde más se ignora.

En oficinas, escuelas u hospitales aún existe cierta cultura del proyecto lumínico. En casa, en cambio, la iluminación suele resolverse como un asunto decorativo o eléctrico. La discusión es cuántos downlights caben, qué tono “queda bonito” y qué tira LED hace ambiente. Pero el hogar es el lugar donde se decide la parte más crítica del ciclo circadiano y decide cómo empieza el día y cómo se cierra antes del sueño. Por eso, desde una perspectiva de salud, la vivienda no debería iluminarse sólo para ver o ambientar, sino para acompañar el guion neurofisiológico del organismo.

El primer principio es simple y poderoso. La mañana debe abrirse con luz abundante, preferiblemente natural. El sistema circadiano humano utiliza la luz matinal como señal de sincronización. La revisión de Blume et al. recuerda que la luz matinal tiende a adelantar la fase circadiana, mientras que la exposición tardía puede retrasarla. La recomendación experta de Brown et al. concreta esa intuición en una meta medible de al menos 250 melanopic EDI (melEDI) en el ojo durante el día, idealmente usando la luz diurna como primera fuente. En términos cotidianos, eso significa que desayunar o empezar a trabajar en una zona luminosa cerca de ventana vale mucho más que despertarse bajo una casa tenue y compensarlo con pantallas después.

La evidencia de campo en vivienda va precisamente en esa dirección. Nagare y colaboradores estudiaron un entorno residencial con vidrio electrocrómico frente a una condición estándar con persianas, y observaron que aumentar el acceso a luz circadianamente efectiva en casa influía en fase circadiana, sueño, vitalidad y salud mental percibida. No es un estudio perfecto ni extrapolable a todas las viviendas, pero sí es muy valioso porque sale del laboratorio y entra en la vida real doméstica. Refuerza la idea de que la casa puede convertirse en una aliada o en una enemiga del sistema circadiano según cómo administre la luz diurna.

El reloj biológico funciona mejor cuando la vivienda se parece, temporalmente, a un pequeño paisaje. No hace falta vivir en una casa de cristal, sino que lo que hace falta es que el cuerpo reciba una diferencia clara entre día luminoso y noche tenue. El problema de muchas viviendas contemporáneas es que producen el paisaje opuesto, con mañanas apagadas porque todo permanece cerrado, trabajo en rincones interiores con luz escasa y una tarde-noche hiperiluminada con cocina, salón, televisión, móvil y ordenador. Es como pedirle al cerebro que entienda que está amaneciendo cuando es de noche y que siga dormido cuando ya es de día.

Este patrón no sólo afecta al sueño.

La bibliografía general sobre luz, sueño y estado de ánimo muestra que la alteración de la exposición luminosa se asocia con desalineación circadiana, peor descanso y efectos sobre bienestar. La revisión de Blume et al. resume que la luz, en el momento inadecuado, puede alterar ritmos y sueño, mientras que la luz como intervención terapéutica tiene utilidad en bienestar general y algunas condiciones psiquiátricas. El consenso experto de CIE y el propio Brown et al. van un paso más allá al trasladar este conocimiento a recomendaciones públicas. Una estructura diaria sana de luz-oscuridad es una herramienta de autocuidado, no sólo una cuestión técnica para laboratorios.

La tarde y, sobre todo, las tres horas previas al sueño son la segunda gran pieza del HCL doméstico. Aquí la literatura es muy consistente. Conviene reducir el estímulo melanópico antes de acostarse. Brown et al. recomiendan no superar 10 melEDI en la franja previa al sueño y mantener el dormitorio lo más oscuro posible, idealmente cerca de 1 melEDI. Esto no significa que toda la casa deba quedar en penumbra monástica a las ocho de la tarde. Significa que la iluminación principal debería desplazarse hacia niveles más bajos, distribuciones más indirectas, temperaturas de color cálidas y menos luz frontal en el ojo. Una lámpara de pie cálida y lateral suele ser biológicamente mucho más amable que un techo muy brillante o una tira LED fría a la altura de la mirada.

También aquí conviene deshacer un mito. El problema no es sólo la “luz azul” de las pantallas, el problema es el paquete completo de exposición de intensidad, duración, proximidad al ojo, fondo lumínico de la estancia y continuidad del hábito. Una pantalla moderada en una habitación oscura puede tener más impacto relativo que la misma pantalla en un entorno ya iluminado de forma cálida y tenue. Y una casa con techos muy brillantes a las 23:00 puede ser igual o más disruptiva que el móvil. Por eso el HCL residencial no debería enfocarse únicamente en filtros de pantalla, sino en reconfigurar el ecosistema lumínico nocturno de la casa.

El teletrabajo ha hecho aún más relevante esta cuestión. Los estudios de campo durante el periodo de trabajo híbrido o en casa mostraron que los patrones de exposición lumínica entre oficina y hogar difieren y que los entornos cotidianos de luz importan para los resultados de sueño. Beute y colaboradores observaron que los días de trabajo en casa presentaban menor exposición lumínica por la tarde respecto a oficina y concluyeron que las diferencias entre entornos de trabajo domésticos y de oficina merecen más investigación para proporcionar niveles lumínicos de apoyo durante la jornada. Esto encaja con una intuición práctica. Muchas personas trabajan en casa en mesas improvisadas, orientaciones pobres y con una iluminación pensada para “ambiente”, no para biología ni para tarea cognitiva sostenida.

Desde la salud mental, el HCL no debe presentarse como tratamiento clínico universal, pero sí como un modulador ambiental relevante. Hay evidencia de que la luz brillante puede mejorar sueño y algunos indicadores de ánimo en contextos específicos y revisiones recientes siguen encontrando interés clínico en la luz para sueño y depresión en ciertas poblaciones. Aun así, en población sana y en aplicaciones residenciales generales conviene hablar de apoyo al equilibrio neuroconductual, no de terapia cerrada.

Dicho de forma rigurosa, una vivienda que ofrece una mañana biológicamente potente y una noche biológicamente respetuosa no “cura” la ansiedad o la depresión, pero sí reduce una carga ambiental que puede empeorar vulnerabilidades ya existentes.

Hay además un detalle arquitectónico crucial. La luz útil en casa no depende sólo de la luminaria, depende de orientación, tamaño de huecos, reflectancias, control solar, altura de antepechos, distribución del mobiliario y hábitos de uso.

El estudio residencial de Nagare demuestra que mejorar acceso a luz natural sin aumentar deslumbramiento es una estrategia prometedora. Y la guía de diseño integrado de [GSA](#) subraya que acabados claros, gestión de mobiliario y preservación de penetración de luz natural pueden influir decisivamente en cuánta luz llega al ojo del ocupante. Traducido a vivienda, mover el escritorio medio metro, elegir una pared clara o mantener una cortina traslúcida abierta por la mañana puede importar más que comprar una bombilla “inteligente” muy cara.

## **HCL en oficina. Rendimiento, fatiga, bienestar y límites reales**

La oficina es el territorio donde el HCL se ha comercializado con más intensidad, porque allí convergen tres intereses, el bienestar, el rendimiento y el ahorro energético. El problema es que, cuando esos tres objetivos se mezclan sin rigor, aparece el discurso tramposo de “instala iluminación dinámica y subirán la productividad y la felicidad”.

La ciencia no permite afirmarlo así. En cambio, sí permite una formulación más seria. Una oficina bien diseñada lumínicamente puede favorecer alerta diurna, sueño posterior, vitalidad, confort y reducir una parte de la carga fisiológica de trabajar todo el día en interiores.

La diferencia entre ver y estar biológicamente bien es especialmente evidente en oficinas oscuras y llenas de pantallas. Muchas cumplen con el expediente visual normativo de 300-500 lux en escritorio y un UGR aceptable, pero fracasan en el plano biológico porque el trabajador recibe poca luz vertical a nivel ocular, permanece muchas horas lejos de fachada y apenas sale al exterior. Pero, si el edificio no proporciona suficiente luz efectiva durante la jornada, el organismo interpreta una señal de día débil. Y un día débil suele producir una noche aún peor.

Uno de los estudios más conocidos en este ámbito es el de Boubekri y colaboradores. Comparando trabajadores con y sin ventanas, observaron que quienes tenían acceso a ventanas recibían más luz, dormían más y reportaban mejor vitalidad y mejor puntuación global en sueño. En concreto, los trabajadores con ventanas al exterior dormían de media 46 minutos más por noche durante la semana laboral. Este es un estudio piloto y no puede aislar todos los factores conductuales, pero su valor es enorme porque devuelve una idea arquitectónica básica al centro del debate, que es que la luz natural no es un lujo estético, sino una variable de salud ocupacional.

Figueiro y colegas añadieron un hallazgo complementario al medir exposiciones personales en trabajadores de oficina con un dispositivo calibrado para luz circadianamente efectiva. Sus resultados subrayaron la importancia de las exposiciones diurnas para la salud del sueño y encontraron relaciones con ánimo y estrés. Lo relevante aquí es metodológico, Ellos dejan de hablar de “iluminación del espacio” y se centran en la exposición real de la persona. Esto es esencial porque dos empleados sentados en la misma oficina pueden vivir mundos lumínicos distintos según posición, hábitos, postura, uso de cortinas y salidas al exterior.

La oficina moderna, de hecho, introduce barreras estructurales al HCL. Las mamparas altas o los *pods* pueden bloquear luz vertical, las fachadas con control solar mal gestionado pueden recortar demasiado estímulo diurno, los puestos con doble pantalla aumentan luz autoluminosa y reducen pausas exteriores y los espacios abiertos mal zonificados reparten de forma desigual la luz útil. La guía de diseño integrado de GSA lo expresa en términos de equipo de proyecto. Según la guía, los arquitectos, interioristas, responsables de instalaciones, mobiliario y operación deben coordinarse porque el resultado circadiano depende de todos ellos. Incluso los colores, los acabados y la ubicación de muebles influyen en cuánta luz llega al ojo del usuario.

En cuanto a intervenciones lumínicas activas, la evidencia es prometedora, pero no uniforme. El estudio de Mills et al. encontró mejoras subjetivas en concentración, fatiga, alerta, somnolencia diurna, rendimiento, vitalidad y salud mental con iluminación de alta CCT en un entorno de *call centre*. Sin embargo, era un contexto específico, con una solución concreta y medidas sobre todo subjetivas. No permite generalizar que “más fría es mejor” ni que cualquier oficina deba usar 17000 K. Más bien enseña que la luz puede modificar el funcionamiento percibido, pero la traducción exacta depende del diseño, el horario y el contexto.

El trabajo de Benedetti et al. es especialmente interesante porque conecta oficina y noche. Encontraron que una iluminación laboral optimizada adelantó el inicio de melatonina y la pérdida periférica de calor previa al sueño en comparación con una sala de referencia. En términos prácticos, esto sugiere que una oficina bien diseñada no sólo puede hacer que uno esté más despierto durante el día, sino también facilitar que el cuerpo empiece a preparar el sueño antes por la noche.

Es una idea potente. La oficina no acaba en la oficina, sino que su firma fisiológica se prolonga hasta la cama.

Pero no todas las configuraciones dinámicas funcionan igual. El estudio de Zhang et al. sobre iluminación LED dinámica en oficina encontró resultados positivos o mixtos durante el día, como mayor alerta vespertina y algún beneficio marginal en estado de ánimo, pero no mostró mejoras claras en estrés ni productividad y halló algunos efectos nocturnos desfavorables o inconsistentes según la condición. Esta ambivalencia es extraordinariamente valiosa porque evita la ingenuidad tecnológica. El simple hecho de variar lux y CCT durante el día no garantiza una respuesta beneficiosa neta. Una receta dinámica mal calibrada puede quedarse corta por la mañana o mantenerse demasiado estimulante por la tarde.

La revisión Cochrane encaja bien con esta prudencia. La evidencia disponible para mejorar alerta y estado de ánimo en trabajadores diurnos mediante cambios en iluminación de oficina sigue siendo limitada y heterogénea. Esto no significa que la iluminación no importe. Significa que la ciencia sería exige distinguir entre posibilidad fisiológica, eficacia experimental y éxito real en edificios ocupados. Entre una luminaria ajustada en laboratorio y una planta de oficinas con diversos usuarios, cortinas bajadas, pantallas encendidas, reuniones, cultura organizativa y mantenimiento deficiente hay un gran mundo.

Aquí conviene introducir un criterio práctico para las empresas. El HCL laboral debe juzgarse por cuatro indicadores, no por uno.

Primero, salud circadiana probable: ¿hay suficiente luz útil al ojo durante la mañana y primeras horas del día?

Segundo, calidad visual: ¿hay buen confort, bajo deslumbramiento, color correcto y soporte para pantallas y tareas?

Tercero, experiencia de ocupación: ¿los usuarios lo aceptan, entienden y no lo perciben como molesto o artificial?

Cuarto, operabilidad: ¿el sistema puede mantenerse y ajustarse sin degradarse a los tres meses?

La guía de GSA insiste justo en esta lógica de diseño integrado y operación post-ocupación.

Por tanto, el HCL es una estrategia muy valiosa cuando se usa para reconstruir un día biológico creíble dentro de un edificio, no cuando se vende como una palanca mágica de productividad. Su impacto más fiable está en ayudar a combatir el déficit de luz diurna interior, mejorar la señal temporal del día y evitar que la jornada laboral siga perturbando el sueño varias horas después. En una economía saturada de trabajo cognitivo, eso ya es muchísimo.



Ejemplo BMS. Fuente BMS Invendi ([www.nechigroup.com](http://www.nechigroup.com))

## El BMS y la tecnología Smart

El gran error de muchos proyectos HCL es pensar que el diseño termina cuando se elige la luminaria. En realidad, ahí sólo empieza.

La eficacia del HCL depende tanto del hardware como del control. Una instalación puede estar compuesta por luminarias excelentes y fracasar si funciona con un horario plano, con persianas mal gestionadas, con sensores mal calibrados o con escenas que el usuario desactiva el primer día. Por eso el BMS, o el sistema de control lumínico o domótico, no es un accesorio, sino la capa que convierte la intención de gestión circadiano en comportamiento real del edificio.

Un BMS bien planteado puede hacer cosas decisivas para el HCL. Primero, permite calendarizar la luz según hora, estación y tipo de ocupación. Además, permite modular niveles y espectro o CCT por zonas. Un buen BMS integra sensores de presencia, luz natural y, en algunos casos, estado de las persianas. El BMS bien integrado permite supervisar que lo programado realmente se cumple y no se distorsiona con el tiempo. Finalmente, una adecuada integración permite equilibrar bienestar con energía, de modo que la mejora biológica no se convierta en un despilfarro.

Esta última idea es especialmente importante. La propia CIE subraya que una buena iluminación integrativa debe equilibrar bienestar, salud, funcionamiento, energía, medio ambiente y arquitectura.

La investigación reciente sobre *daylight-linked control systems* es aquí muy relevante. Bellia, Diglio y Fragliasso estudiaron sistemas de control vinculados a luz diurna y mostraron que, si se calibran bien, pueden utilizarse no sólo para mantener iluminancia en plano de trabajo y ahorrar energía, sino también para cumplir objetivos circadianos. Simularon estrategias con objetivos distintos y concluyeron que, cuando el sistema se calibra para requisitos circadianos, la elección de la CCT es crucial para no comprometer la iluminancia útil de trabajo. Ésta es una aportación importantísima. El control inteligente permite compatibilizar metas, pero no elimina el compromiso entre ellas.

Dicho de otro modo, un buen BMS puede funcionar como el director de una orquesta. No toca ningún instrumento, pero decide cuándo entra cada uno y con qué intensidad. Sin ese director, las cuerdas, los metales y la percusión pueden ser excelentes y aun así sonar caóticos. En iluminación pasa igual. La fachada aporta *daylight*, las luminarias aportan apoyo eléctrico, las persianas controlan deslumbramiento, los sensores informan de

ocupación y el usuario modifica hábitos. En este escenario, el BMS coordina todo eso para que la partitura temporal tenga ritmo biológico.

Por otro lado, el BMS también es clave para evitar dos errores frecuentes. El primero es el deslumbramiento funcional, es decir, intentar cumplir objetivos biológicos elevando indiscriminadamente niveles lumínicos o usando luz frontal agresiva. El segundo es el *rebound* energético, es decir, mantener demasiada potencia eléctrica en espacios donde la luz diurna ya es suficiente.

Los controles de *daylight harvesting* existen precisamente para eso. Las referencias de ASHRAE y las guías federales muestran que los sistemas de respuesta a luz natural y atenuación continua son parte central de las estrategias contemporáneas de control. El desafío, desde HCL, es que no sólo persigan ahorrar, sino que ahorren sin destruir la señal diurna útil.

A escala doméstica, el equivalente al BMS puede ser mucho más sencillo y barato. No hace falta una plataforma compleja para aplicar principios HCL en vivienda. Un sistema básico con escenas horarias, bombillas regulables, sensores de luz o rutinas por voz puede conseguir gran parte del efecto práctico. Esto es intensidad alta y más fría por la mañana en zona de trabajo o cocina, transición a niveles intermedios por la tarde, reducción de intensidad y CCT cálida en salón y dormitorio al final del día y apagado automático o muy tenue en recorridos nocturnos. El principio es el mismo que en un edificio terciario, sólo que simplificado, automatizando para que la salud no dependa siempre de la fuerza de voluntad del usuario.

Hay además un beneficio de gestión poco mencionado. El BMS permite validar y ajustar. Muchos proyectos HCL fracasan porque se entregan como un “*preset*” estático y nunca se revisan. Un sistema supervisado puede detectar si las persianas permanecen cerradas todo el día, si ciertos espacios no alcanzan el objetivo, si los usuarios anulan sistemáticamente escenas o si el calendario estacional está mal acompasado. La fase post-ocupación que subraya la guía GSA es exactamente eso, es entender que la iluminación para salud no termina en el plano de obra, sino en la operación cotidiana y la educación del ocupante.

Y, por supuesto, la educación del usuario es casi tan importante como el algoritmo. La propia guía de GSA remarca que los ocupantes deben entender por qué existen ciertas zonas bien iluminadas y cómo usarlas para favorecer su sueño y salud. Si una oficina crea un “oasis” diurno, pero nadie sabe para qué sirve, la estrategia fracasa. Si una vivienda programa una escena nocturna cálida pero el usuario la compensa encendiendo todos los

focos del techo, el sistema queda neutralizado. El BMS facilita la conducta, pero no la sustituye del todo.

En conclusión, el BMS es el puente entre ciencia y hábito. Sin control, el HCL corre el riesgo de quedarse en teoría luminotécnica o en estética dinámica. Con control bien pensado, puede transformarse en un servicio ambiental coherente, repetible, medible y compatible con energía. La verdadera sofisticación del HCL no está en la lámpara que cambia de color, sino en el sistema que sabe cuándo, cuánto, dónde y para quién debe cambiar.

## Conclusiones

El *Human Centric Lighting* merece ser tomado en serio, pero no idolatrado. La ciencia actual permite afirmar con bastante seguridad que la luz es una variable biológica de primer orden y que la manera en que iluminamos viviendas y lugares de trabajo influye en ritmos circadianos, alerta, sueño y bienestar. También permite afirmar que una gran parte de nuestra vida interior transcurre bajo patrones de luz pobres para la biología humana, con demasiado poco estímulo de día, demasiado estímulo al final del día y demasiada indiferencia de diseño respecto al plano vertical del ojo. Desde esa perspectiva, el HCL no es una moda exótica, sino una corrección necesaria del paradigma clásico de iluminación.

Pero el HCL sólo es valioso cuando se practica con rigor. No basta con invocar la palabra “*human-centric*” para que una instalación sea humana. Una oficina no se vuelve saludable porque sus luminarias tengan una app. Una vivienda no mejora por poner bombillas de color regulable si el usuario sigue encerrado en penumbra por la mañana y sobreestimulado por la noche. Lo que importa no es la tecnología aislada, sino el patrón de exposición que finalmente recibe la persona. Esa es la verdadera unidad clínica y conductual del problema.

En términos prácticos, la idea más robusta de todo este campo puede resumirse así: abrir el día, sostener bien la jornada, cerrar la tarde y proteger la noche.

Parece simple, pero implica una revolución silenciosa en cómo diseñamos y usamos espacios. Significa que la ventana deja de ser sólo un elemento arquitectónico y pasa a ser una interfaz de sincronización biológica. Significa que la iluminación de oficina deja de ser sólo una infraestructura de tarea y pasa a ser también un regulador temporal. Significa que el dormitorio deja de ser una estancia de descanso en abstracto y pasa a ser un entorno que debe proteger la oscuridad. Y significa que el control domótico o el BMS dejan

de ser *gadgets* de confort y gestión de la energía y se convierten en herramientas de salud ambiental.

Sin embargo, la evidencia aplicada no autoriza triunfalismos. La luz interactúa con cronotipo, edad, horarios, cultura organizativa, estaciones, pantallas, actividad física, estrés y arquitectura. En un sistema tan complejo, sería ingenuo esperar respuestas lineales y universales. La madurez del HCL consistirá precisamente en abandonar los *slogans* y avanzar hacia diseños personalizados, verificables y sensibles al contexto.

Hay un punto que considero especialmente relevante para el futuro que podemos denominar la justicia lumínica. No todas las personas tienen el mismo acceso a luz saludable, ni en las oficinas ni en las viviendas. Quien teletrabaja en una habitación interior, quien ocupa un puesto alejado de fachada, quien vive en una vivienda mal orientada o quien hace turnos extendidos parte de un déficit ambiental acumulativo. El HCL, bien enfocado, puede ayudar a corregir esa desigualdad, porque obliga a preguntar dónde está la buena luz, quién la recibe y quién no. Éste es un debate mucho más profundo que la compra de una luminaria, es un debate sobre la calidad del hábitat contemporáneo.

Desde el punto de vista de salud mental y física, el valor del HCL está en que actúa sobre una capa basal del funcionamiento humano. Dormir mejor, alinear mejor el reloj interno, reducir la confusión entre día y noche y sostener mejor la activación diurna no resuelve todos los problemas, pero mejora el terreno sobre el que descansan muchos otros procesos, como la regulación emocional, la atención, la tolerancia al estrés, el apetito, el metabolismo y la recuperación. Es una intervención humilde y a la vez profunda. Humilde porque no sustituye al sueño, al ejercicio ni a la organización saludable del trabajo. Profunda porque opera justo en la interfaz entre cerebro, conducta y entorno.

El HCL debe salir del escaparate tecnológico y entrar en la cultura de proyecto y de autocuidado. Menos obsesión por la luminaria “inteligente” y más atención a ventanas, horarios, reflectancias, puestos de trabajo, escenas nocturnas, control solar, pausas al exterior y automatización sensata. Menos promesas de productividad milagrosa y más compromiso con ritmos humanos plausibles. Y, sobre todo, menos diseño para la foto y más diseño para el cuerpo.

## Referencias

- 
- Bellia, L., Diglio, F., & Fragliasso, F. (2024). *Testing the use of daylight-linked control systems to address integrative lighting and energy savings in office buildings*. *Energy and Buildings*, 324, 114880. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114880>
  - Blume, C., Garbazza, C., & Spitschan, M. (2019). Effects of light on human circadian rhythms, sleep and mood. *Somnologie*, 23, 147–156. <https://doi.org/10.1007/s11818-019-00215-x>
  - Boubekri, M., Cheung, I. N., Reid, K. J., Wang, C.-H., & Zee, P. C. (2014). Impact of windows and daylight exposure on overall health and sleep quality of office workers: A case-control pilot study. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 10(6), 603–611. <https://doi.org/10.5664/jcsm.3780>
  - Brown, T. M., Brainard, G. C., Cajochen, C., Czeisler, C. A., Hanifin, J. P., Lockley, S. W., Lucas, R. J., Münch, M., O'Hagan, J. B., Peirson, S. N., Price, L. L. A., Roenneberg, T., Schlangen, L. J. M., Skene, D. J., Spitschan, M., Stefani, O., & Wright, K. P., Jr. (2022). Recommendations for daytime, evening, and nighttime indoor light exposure to best support physiology, sleep, and wakefulness in healthy adults. *PLoS Biology*, 20(3), e3001571. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001571>
  - CIE. (2024). *CIE Position Statement on Integrative Lighting – Recommending Proper Light at the Proper Time* (3rd ed.; CIE PS 001:2024). International Commission on Illumination. <https://doi.org/10.25039/PS.b2twa77g>
  - Colado García, S. (2019). *Influencia de la tecnología en el desarrollo del pensamiento y conducta humana*. Independently published.
  - Figueiro, M. G., Steverson, B., Heerwagen, J., Kampschroer, K., Rea, M. S., & Hunter, C. M. (2017). The impact of daytime light exposures on sleep and mood in office workers. *Sleep Health*, 3(3), 204–215. <https://doi.org/10.1016/j.sleh.2017.03.005>
  - Houser, K. W., Esposito, T., & Terman, M. (2021). Human-centric lighting: Foundational considerations and a five-step design process. *Frontiers in Neurology*, 12, 630553. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.630553>
  - Mills, P. R., Tomkins, S. C., & Schlangen, L. J. M. (2007). The effect of high correlated colour temperature office lighting on employee wellbeing and work performance. *Journal of Circadian Rhythms*, 5, Article 2. <https://doi.org/10.1186/1740-3391-5-2>
  - Nagare, R., Plitnick, B., & Figueiro, M. G. (2021). Access to daylight at home improves circadian alignment, sleep, and mental health in healthy adults: A crossover study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19), 9980. <https://doi.org/10.3390/ijerph18199980>
  - Papatsimpa, C., Darula, S., Valančius, K., & Zukauskas, A. (2020). Personalized office lighting for circadian health and improved performance. *Energies*, 13(21), 5762. <https://doi.org/10.3390/en13215762>

- 
- Pachito, D. V., Eckeli, A. L., Desouky, A. S., Corbett, M., Partonen, T., Rajaratnam, S. M. W., & Riera, R. (2018). Workplace lighting for improving alertness and mood in daytime workers. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (3), CD012243. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012243.pub2>
  - Schlangen, L. J. M., Price, L. L. A., & Stefani, O. (2021). The lighting environment, its metrology, and non-visual responses. *Frontiers in Neurology*, 12, 624861. <https://doi.org/10.3389/fneur.2021.624861>
  - Spitschan, M., & Stefani, O. (2023). Human-centric lighting research and policy in the melanopsin age. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 10(2), 237–246. <https://doi.org/10.1177/23727322231196896>
  - U.S. General Services Administration. (2015). *Incorporating circadian-effective lighting into the integrated design process*. [https://icahn.mssm.edu/files/ISMMS/Assets/Research/Light-Health/GSA\\_Guide\\_Integrated\\_Design.pdf](https://icahn.mssm.edu/files/ISMMS/Assets/Research/Light-Health/GSA_Guide_Integrated_Design.pdf)
  - Zhang, R., de Dear, R., Hancock, P., & Wang, J. (2020). Impacts of dynamic LED lighting on the well-being and experience of office occupants. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(19), 7217. <https://doi.org/10.3390/ijerph17197217>

## Mini guía práctica de tips fáciles y económicos para usar el HCL a tu favor

### En vivienda

1. Abre persianas y cortinas en la primera hora del día y pasa 20–30 minutos cerca de una ventana o, mejor aún, al exterior. Es la acción más potente y barata.
2. Si teletrabajas, coloca la mesa lo más cerca posible de luz natural lateral, no en una habitación interior si puedes evitarlo.
3. Usa luz más intensa y funcional por la mañana en cocina, baño o zona de trabajo, y baja intensidad desde última hora de la tarde.
4. Por la noche, cambia luz de techo brillante por lámparas de pie o mesa cálidas e indirectas. Menos luz en el ojo, mejor señal de “fin de día”.
5. Evita que el dormitorio tenga pilotos, LEDs o cortinas poco opacas. La oscuridad nocturna sigue siendo una parte del HCL.
6. Si compras bombillas regulables, prioriza que permitan bajar mucho intensidad; eso suele importar más que tener miles de colores.

7. Pinta o mantén claras las superficies cercanas a la ventana si la casa es oscura: aumentan reflectancia útil sin consumir energía.

## **En puesto de trabajo tipo oficina**

1. Si puedes elegir sitio, prioriza proximidad a ventana sin deslumbramiento directo en pantalla.
2. Haz una pausa breve al exterior o junto a fachada luminosa a media mañana. Es una forma muy barata de “reforzar” el día biológico.
3. No trabajes todo el día con persianas bajadas “por costumbre”. Ajusta sólo para evitar reflejos, no para eliminar el día.
4. Si tu despacho es oscuro, una lámpara de tarea potente por la mañana puede ayudar, pero colócala para que apoye también el plano vertical sin deslumbrarte.
5. Reduce la iluminación ambiental intensa en las últimas horas si trabajas tarde; no conviertas las 20:00 en un falso mediodía.
6. Si hay control programable, crea dos escenas simples: “foco diurno” y “modo tarde”. Lo sencillo suele mantenerse mejor que lo sofisticado.
7. Si diriges una oficina, crea una zona de trabajo o pausa especialmente luminosa cerca de luz natural: un pequeño “oasis circadiano” puede dar mucho juego con poca inversión.

## **Regla de oro**

Mañana brillante, tarde correcta, noche tenue.

Si consigues eso con constancia, ya estás usando el HCL a tu favor de una manera seria, barata y muy probablemente beneficiosa.