



Criterios para el diseño de iluminación en instalaciones de observatorios

Javier Sayago - Especialista en Luminotecnia
Asistente Técnico OPCC
Junio 2026

Índice

0.1/ Introducción 3

0.2/ Iluminación interior de trabajo 4

2.1/ Breve introducción sobre el ritmo circadiano. Trabajo en turnos y reloj biológico 5

2.2/ Objetivo de la iluminación circadiana para trabajadores nocturnos 7

2.3/ Características necesarias del sistema de iluminación circadiano 8

2.4/ Programación básica recomendada (zonas de permanencia y semi permanencia) 11

2.5/ Ventajas del sistema de iluminación circadiana para trabajadores diurnos y vespertinos 12

0.3/ Iluminación de exterior 13

3.1/ Necesidad de luminarias de espectro ultra acotado 14

3.2/ Necesidad de luminarias ultra apantalladas 16

3.3/ Balizamientos y luces pilotos 20

0.4/ Discusión y conclusiones 24

0.1/ Introducción

En la presente memoria se desarrollan **criterios directores para diseñar la iluminación** en instalaciones de observatorios ópticos o en contextos donde la minimización del volumen lumínico a instalar es importante.

El diseño de iluminación en instalaciones de este tipo, es crítico en cuanto a diversos factores, tanto de la iluminación interior como exterior. Por un lado, se trata de sitios donde se desarrolla trabajo nocturno desde el punto de vista interior y, a la vez, son emplazamientos donde la iluminación exterior debe contar con un estricto control óptico y espectral, debido a la fotosensibilidad de los instrumentos que se instalarán (o ya instalados) y a la necesidad de reducir la contaminación lumínica a su mínima expresión.

+ Las cuestiones relevantes respecto a la iluminación son las siguientes:

	Iluminación interior	La importancia de la iluminación circadiana (de blanco dinámico y dimerizable) en áreas de trabajo.
	Iluminación exterior	La importancia de implementar luminarias especiales con cerramiento ultra protegido, junto con un componente espectral con contenido nulo de azul, aplicadas únicamente en aquellas zonas donde sea estrictamente necesario desde el punto de vista de la seguridad.
	Balizamientos	Se considera necesaria la implementación de accesorios para el apantallamiento de luminarias tipo baliza o indicadores luminosos.
	Cerramientos en ventanas	Finalmente, se plantea la necesidad de desarrollar cerramientos en ventanas totalmente opacos a la luz, dado que una ventana abierta con iluminación interior puede convertirse en una fuente altamente brillante en el contexto de entornos extremadamente oscuros.



0.2/

Iluminación interior de trabajo

2.1/ Breve introducción sobre el ritmo circadiano. Trabajo en turnos y reloj biológico

La iluminación eléctrica ha permitido reducir la dependencia de la luz natural en los entornos de trabajo; sin embargo, el ser humano mantiene una predisposición biológica diurna, dependiendo de la luz para regular sus ritmos circadianos. En este contexto, el trabajo en turnos, especialmente nocturnos, obliga a desarrollar actividades en horarios biológicamente inadecuados, generando desalineación circadiana, fatiga y alteraciones del sueño, con impactos en la salud, la seguridad y el desempeño.

El trabajo en turnos, particularmente nocturnos, se asocia a una alta prevalencia de problemas de salud, siendo el insomnio una de las principales afecciones a nivel global. Esto se debe a que el ser

humano está biológicamente adaptado a un funcionamiento diurno, donde variables como la alerta, la concentración y el rendimiento alcanzan sus niveles máximos durante el día.

Este comportamiento está regulado por el reloj biológico interno (núcleo supraquiasmático-NSQ), ubicado en el hipotálamo, el cual se sincroniza principalmente a través de la luz percibida por el ojo. En condiciones normales, la exposición a luz diurna —particularmente rica en componente azul— promueve el estado de vigilia, mientras que la oscuridad nocturna induce la secreción de melatonina, hormona fundamental para el descanso y la recuperación.

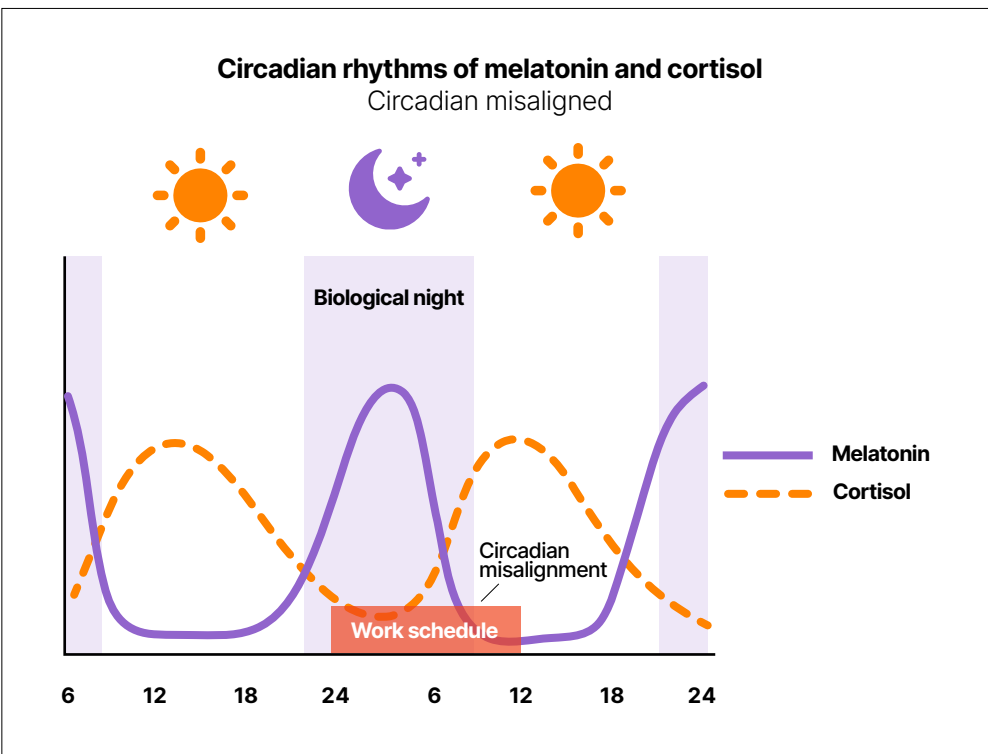


Fig. 1. Variación esquemática temporal diaria de la melatonina y el cortisol en el cuerpo humano, sustancias rectoras de los estados de sueño y vigilia.

Fuente: Meijer et al. (2017), *Proactive fatigue countermeasures*.

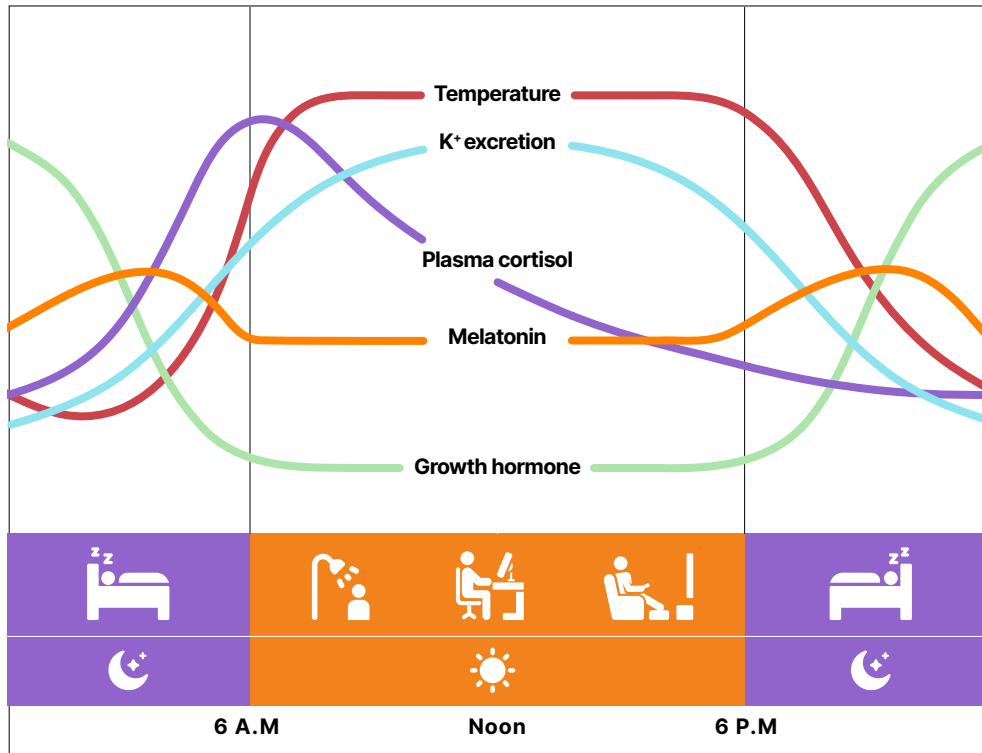


Fig. 2. Variación esquemática temporal diaria de otras sustancias químicas de importancia en el cuerpo, en un ritmo circadiano no alterado.

Fuente: Evans et al. (2022), *The Suprachiasmatic Nucleus and the Circadian Timekeeping System of the Body*.

En el contexto del trabajo nocturno, se produce una desalineación circadiana, es decir, una discordancia entre el reloj biológico interno y los horarios de trabajo, sueño y alimentación. Como resultado, los trabajadores deben mantenerse activos durante su “noche biológica” y dormir durante su “día biológico”, lo que afecta negativamente la calidad y duración del sueño. En particular, el sueño diurno presenta una menor proporción de fases profundas y REM, además de una mayor fragmentación, generando déficits acumulativos de descanso.

Esta desalineación tiene consecuencias directas en el desempeño y la seguridad. La evidencia muestra que trabajadores no adaptados presentan un menor estado de alerta, deterioro en sus capacidades cognitivas y una mayor incidencia de errores y accidentes. De hecho, se ha estimado

que el riesgo de accidentes laborales puede incrementarse en aproximadamente un 28% en condiciones de desalineación circadiana.

En este contexto, la gestión de factores como la exposición a la luz y la organización de turnos resulta clave para mitigar los efectos negativos del trabajo nocturno, favoreciendo tanto el rendimiento como el bienestar de los trabajadores^{1,2}.

1 Fuente: <https://km-humanfactors.com/nl/the-science/shift-work-and-our-biological-clock/>

2 Fuente: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/14771535211012251>

2.2 / Objetivo de la iluminación circadiana para trabajadores nocturnos

La evidencia reciente demuestra que la implementación de estrategias de iluminación circadiana puede mitigar de forma significativa los efectos adversos del trabajo nocturno, particularmente en términos de alerta, desempeño y recuperación posterior. Diversos estudios experimentales, de campo y revisiones sistemáticas coinciden en que la luz, como principal sincronizador del sistema circadiano, puede ser utilizada como una herramienta eficaz para optimizar las condiciones laborales en horarios biológicamente desfavorables.

En trabajadores nocturnos, el objetivo principal de la iluminación circadiana es mantener el estado de alerta y el rendimiento cognitivo durante el turno, minimizando la somnolencia y, al mismo tiempo, facilitando una adecuada transición hacia el descanso posterior. Esto se logra mediante la estimulación controlada del sistema circadiano a través de la luz, evitando una desregulación excesiva que pueda afectar la calidad del sueño diurno.

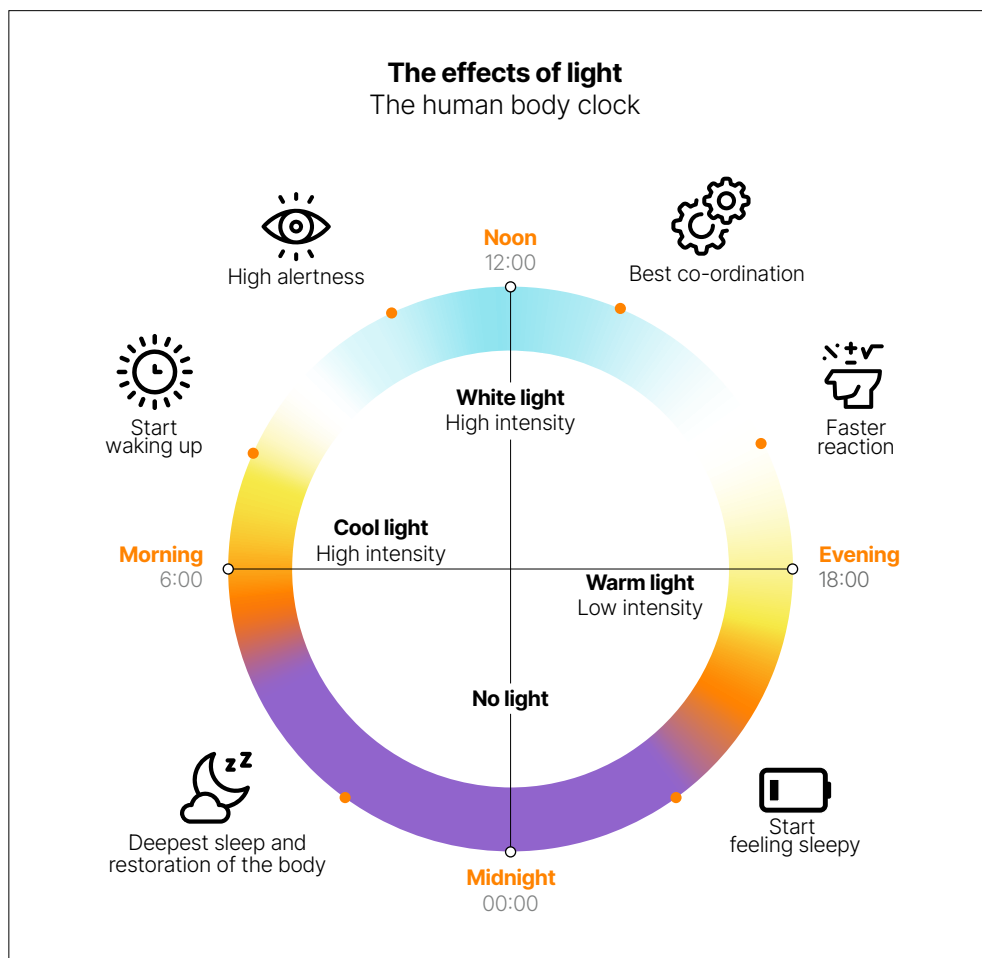


Fig. 3. Representación gráfica del ritmo circadiano en humanos.

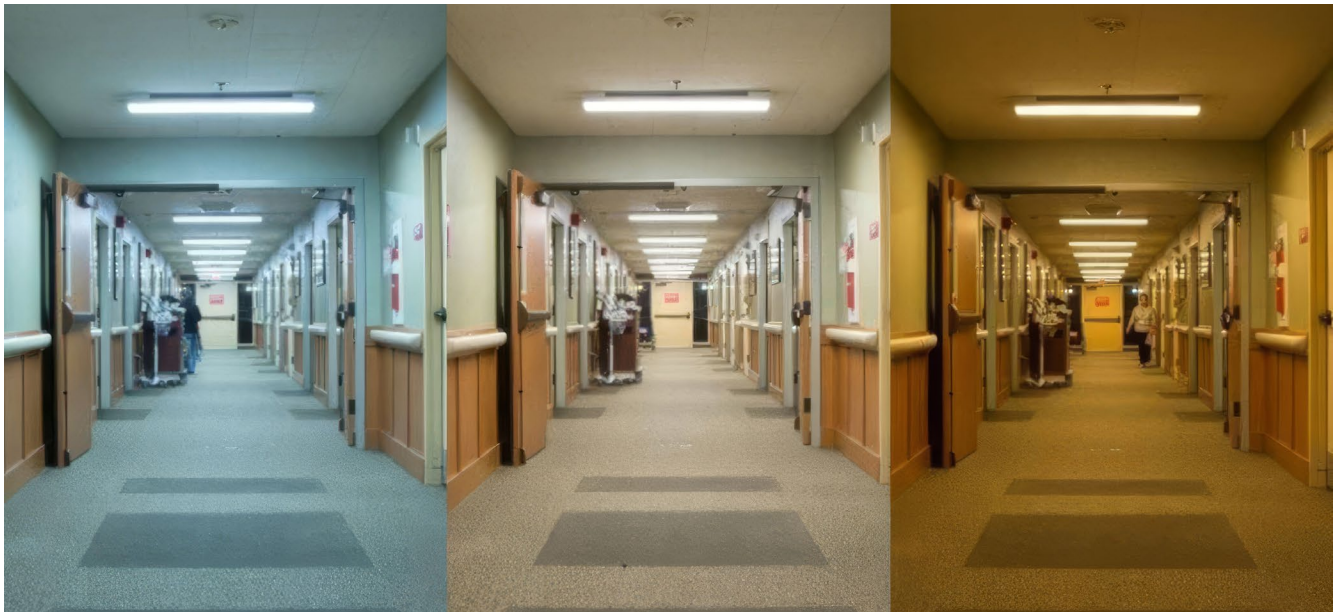
Fuente: Zimmer (2019), *Luz natural en interiores y exteriores – HCL (Human Centric Lighting)*.

2.3 / Características necesarias del sistema de iluminación circadiano

Para implementar los beneficios de la iluminación circadiana, es necesario un diseño de iluminación que contemple el blanco dinámico como característica fundamental de las luminarias y, en segundo lugar, la posibilidad de dimerización, control y/o telegestión, con el fin de construir escenas de iluminación que simulen un día artificial dentro de las áreas de trabajo durante la noche.

El blanco dinámico (tunable white) es un término utilizado para describir luminarias capaces de variar la temperatura de color de la luz blanca (óptimamente en rangos entre 2200 y 6000°K) permitiendo además programar esta variación mediante un sistema de control compatible.

Fig. 4. Apariencia cromática de la variación de la temperatura de color (TCC), desde aproximadamente 6500°K (izquierda), 3000°K (centro) y 2200°K (derecha), manteniendo relativamente constante el flujo luminoso de salida de las luminarias.



Fuente: Cleveland (2019), *The Science Behind Human Centric Lighting*.

Por su parte, el término dimerizable (*dimnable*) se refiere a aquellas luminarias cuya operación, mediante el uso de drivers o equipos auxiliares adecuados, permite variar de forma continua el flujo luminoso y la potencia de salida, típicamente en un rango del 10% al 100% de su capacidad.

Un tercer aspecto fundamental es la incorporación de un sistema de control que permita programar en

el tiempo las variaciones tanto de la temperatura de color como del nivel de iluminación del sistema. Este sistema de control puede requerir, desde el punto de vista físico, un tablero dedicado, un cableado de datos adicional para cada luminaria y/o la utilización de protocolos inalámbricos, tales como *Bluetooth* o *Zigbee*, además de un software de control compatible con todo el hardware previamente descrito.



Fig. 5. Escenas de luz extremas: arriba una simulación de la iluminación para una fase de activación circadiana en un entorno de oficina. Abajo se muestra el alumbrado programado para una fase previa al descanso o de mínima interferencia circadiana.

Simulador disponible en: <https://www.zumtobel.com/com-en/tunablewhite-office.html>

Como complemento, el diseño de iluminación debe proveer tanto iluminación difusa o indirecta como iluminación directa. Para ello, se puede emplear una combinación de luminarias tipo downlight junto con otras de emisión indirecta (por reflexión en superficies difusoras), lo cual también puede lograrse mediante el uso de gargantas luminosas y cenefas en muros. La cualidad de la iluminación directa/indirecta puede esquematizarse en la siguiente figura, donde se muestra la emisión de luz de una luminaria tipo en corte.

En cuanto a las zonas donde implementar este tipo de iluminación, se distinguen los siguientes niveles de prioridad:

- + **Zonas prioritarias:** aquellas donde el trabajador pasa la mayor parte del tiempo, o más de 2 a 4 horas de manera continua. En este caso, un ejemplo emblemático corresponde a la sala de control de un observatorio.

- + **Zonas de prioridad secundaria:** aquellas donde el trabajador permanece de manera intermitente, tales como pasillos de circulación, cocinas y/o baños.
- + **Zonas que no requieren iluminación circadiana o de blanco dinámico/dimerizable:** aquellas de uso puntual o específico, como salas de servidores, salas eléctricas, entre otras.

En cuanto a fabricantes o marcas de iluminación reconocidas y/o con presencia internacional que disponen de esta tecnología para diseñar un sistema de iluminación circadiana, se encuentran:

- + *Bios Lighting (especializada)*
- + *Cooper Lighting (Signify)*
- + *Zumtobel Group*
- + *Acuity Brands*
- + *ERCO*
- + *iGuzzini*

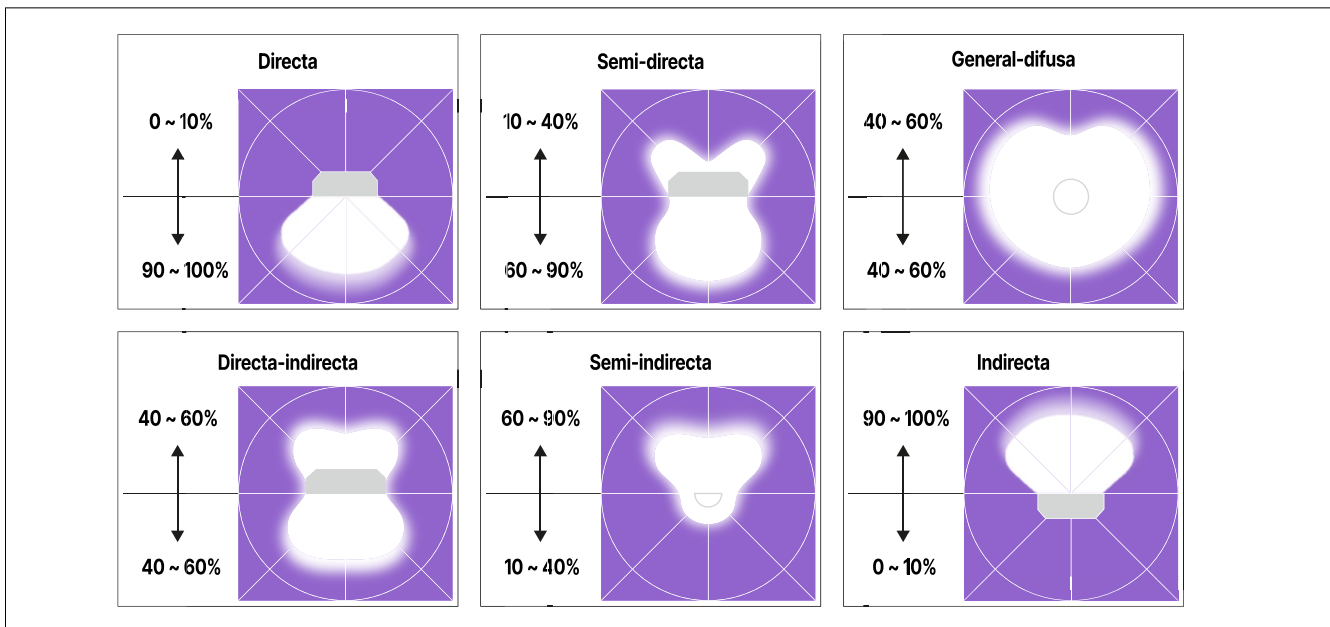


Fig. 6. Esquemización de la distribución espacial de la emisión luminica de luminarias de interior. Los diagramas representan el patrón de distribución de la luz sobre un plano vertical, ilustrando la forma en que cada luminaria ilumina superficies tales como muros o paredes.

Fuente: Indalux (2022), *Manual de Luminotecnia*.

2.4 / Programación básica recomendada (zonas de permanencia y semi permanencia)

Considerando lo anterior, una programación básica y tentativa del comportamiento del sistema de iluminación circadiana puede implementarse como sigue. Se sugiere una basada en tres fases principales:

A. Fase de adaptación (inicio de turno):

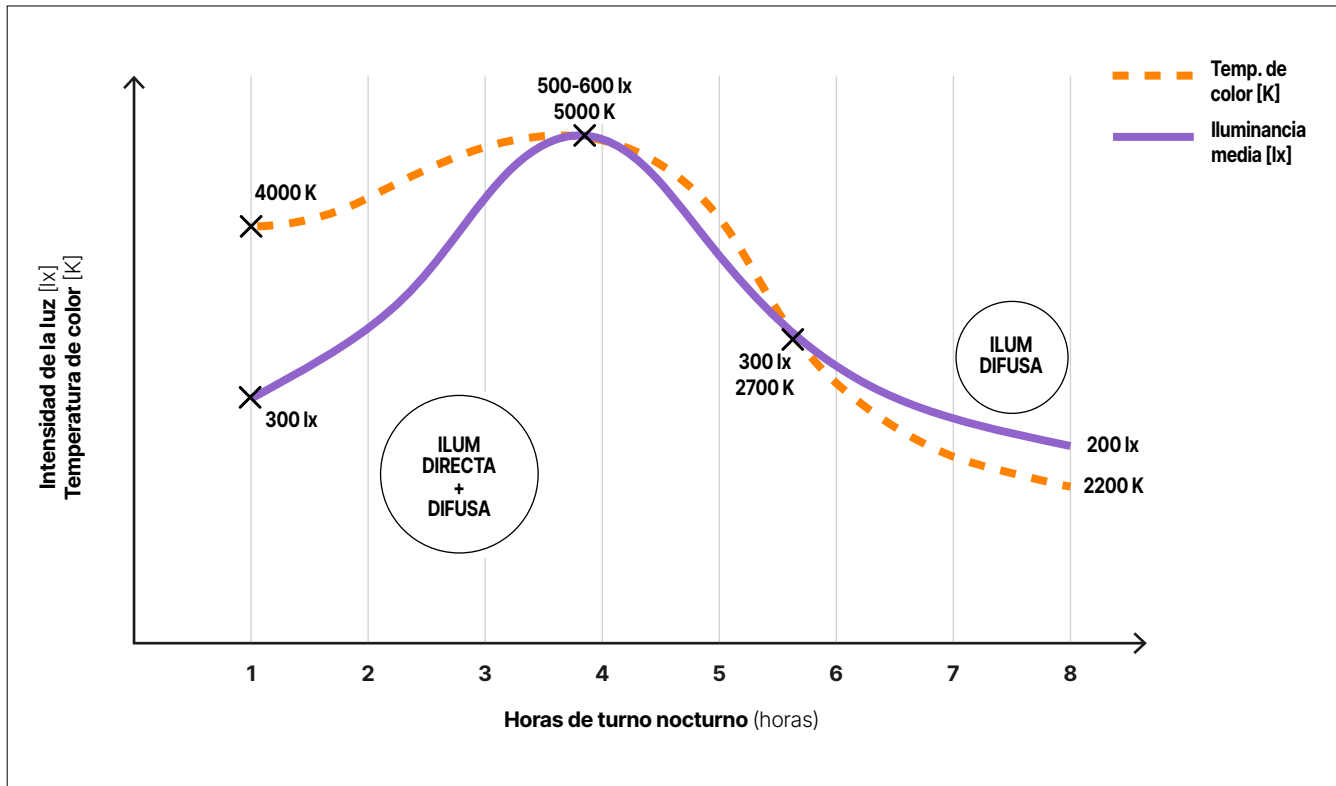
- + Temperatura de color general: 4000°K (blanco neutro)
- + Iluminancia en puesto de trabajo: 300 – 400 lux
- + Objetivo: interrumpir progresivamente, de manera temporal y con baja intensidad, la producción de melatonina.
- + Se recomienda emplear luz difusa en mayor proporción y, en menor medida, luz directa, con el fin de favorecer una adecuada adaptación visual al inicio del turno trabajo.

C. Fase final del turno (últimas 1–2 horas):

- + Temperatura de color general: 2700 – 2200°K (blanco cálido)
- + Iluminancia en puesto de trabajo: 200 – 250 lux
- + Objetivo: reducir la estimulación circadiana y reiniciar la producción plena de melatonina, favoreciendo la preparación para el sueño posterior.
- + En esta etapa, se recomienda privilegiar la iluminación difusa y reducir progresivamente la componente directa.

B. Fase activa (tramo medio del turno):

- + Temperatura de color general: 5000 – 6000°K (blanco frío)
- + Iluminancia en puesto de trabajo: 500 – 600 lux
- + Objetivo: maximizar la alerta y la vigilancia, reduciendo la somnolencia.
- + En esta fase, se sugiere emplear luz directa e indirecta en proporciones similares. En este punto, el sistema de iluminación operaría a su máxima capacidad (potencia y flujo lumínico), por lo que se debe verificar la ausencia de deslumbramiento y controlar los reflejos en pantallas.



Fuente: propia.

Fig. 7. Resumen esquemático de la variación de temperatura de color e iluminancia media en puestos de trabajo.

2.5 / Ventajas del sistema de iluminación circadiana para trabajadores diurnos y vespertinos

Los trabajadores diurnos y vespertinos también pueden beneficiarse de la capacidad circadiana del sistema de iluminación. Para ello, es posible programar escenas de iluminación similares, con los ajustes particulares según el horario de trabajo.

La regla general es que tanto la intensidad de la luz como su temperatura de color (componente espectral) deben seguir la dinámica de la luz natural (especialmente el comportamiento del sol), empleando mayor intensidad hacia el mediodía junto con la máxima temperatura de color, y luego disminuyendo progresivamente tanto la intensidad

como la temperatura de color hacia el atardecer, de manera análoga a lo que ocurre con la luz natural, de este modo se refuerza la adaptación circadiana y se logra fortalecer la dinámica natural del ciclo circadiano para estos trabajadores.



0.3/ Iluminación de exteriores

Este aspecto debe diseñarse y/o programarse de manera cuidadosa, en el sentido de proveer iluminación únicamente en aquellas áreas donde sea estrictamente necesaria. Ejemplos de ello son accesos a edificios, escaleras, rampas, cambios de nivel en suelo, zonas de fondo de estacionamiento, entre otros.

En este contexto, no debe adoptarse el criterio tradicional de uniformidad lumínica en vías de tránsito, ya sean peatonales o vehiculares, ni en otro tipo de áreas, debido a que la naturaleza del sitio implica reducir al mínimo el volumen de luz implementada. En consecuencia, no resulta adecuado iluminar de forma continua la totalidad de estas superficies.

Actualmente, el D.S. N°01 (norma lumínica de Chile, 2022) establece que las luminarias ubicadas en Áreas de Protección Especial (Comunas Astronómicas) deben cumplir con las siguientes exigencias:

- A. Exigencia de cerramiento total:** Las luminarias deben presentar un flujo hemisférico superior nulo, emitiendo como máximo 0,49 cd/klm a un ángulo gamma de 90°, y con emisión nula por sobre dicho ángulo en cualquier plano C fotométrico, considerando la luminaria en su posición de montaje, generalmente a 0° respecto de la horizontal. Con esto se garantiza un flujo hemisférico superior -FHS- (en inglés *Upward Light Ratio* -ULR-) igual a cero.
- B. Exigencia espectral:** Las luminarias deben emitir menos del 1% de flujo en la banda azul (380–499 nm), menos del 1% en el ultravioleta (300–379 nm) y menos del 10% en el infrarrojo (780–1000 nm). Todo esto en base al contenido total de radiancia en el espectro visible (380–780nm).

C. Exigencia de certificación: Las condiciones anteriores deben verificarse mediante un proceso de certificación, en el cual estos parámetros son evaluados, medidos y debidamente acreditados.

Ahora bien, las luminarias a especificar en un proyecto de instalaciones para un observatorio óptico que opera en el espectro visible e infrarrojo deberían, idealmente, sobrecumplir estas exigencias, considerando la naturaleza del sitio y la alta sensibilidad de los instrumentos a implementar.

3.1/ Necesidad de luminarias de espectro ultra acotado

Actualmente existen tecnologías LED diseñadas específicamente para reducir aún más el espectro de emisión, con el objetivo de minimizar el impacto ambiental de la iluminación exterior y, al mismo tiempo, mejorar la eficiencia lumínica mediante la concentración de la emisión en el rango de mayor sensibilidad del ojo humano.

Una de las soluciones más relevantes en este contexto corresponde a las luminarias LED ámbar de aproximadamente 590 nanómetros, especialmente adecuadas para entornos con alta sensibilidad ecológica o cercanos a hábitats naturales. Por ejemplo, la empresa Access Fixtures (EE. UU.) ofrece productos tanto en versiones “PC ámbar” como en “590 Nanometer Amber”, abarcando así dos categorías espectrales diferenciadas.

El PC ámbar corresponde típicamente al espectro de luz considerado típicamente admisible bajo el D.S. N°01 en Chile, ya que reduce significativamente las emisiones en la banda azul-violeta (entre 380 y 499 nm), manteniéndola por debajo del 1% respecto del total espectral (entre 380-780nm).

Por otro lado, el “590 Nanometer Amber” presenta un corte espectral aún más estricto, limitando prácticamente toda la emisión en el azul y parte del verde (aproximadamente hasta los 570 nm). Esto podría contribuir a una reducción aún mayor de la contaminación lumínica, al minimizar la dispersión en la atmósfera y el impacto sobre la biodiversidad sensible a estas longitudes de onda.

Este tipo de espectro puede describirse como un estado intermedio entre el espectro de un LED sin azul (con menos del 1% de emisión entre 380 y 499 nm), comúnmente denominado “LED ámbar”, y el espectro del sodio a baja presión, tecnología prácticamente monocromática en el rango amarillo-naranja, actualmente en desuso. Esto se puede visualizar en la figura 8.

A. Beneficios principales de la tecnología “590 Nanometer Amber”

- + **Amigables con la fauna silvestre:** La longitud de onda de 590 nm es prácticamente imperceptible para muchas especies nocturnas

(como tortugas marinas, aves e insectos), lo que reduce su perturbación.

- + **Baja contaminación lumínica:** Estas luminarias minimizan el deslumbramiento y la dispersión hacia el cielo (skyglow), favoreciendo la conservación del cielo nocturno.
- + **Alta eficiencia energética:** Requieren menor consumo de energía, presentan una larga vida útil y contribuyen a la reducción de costos de mantenimiento y emisiones de carbono.

B. Limitaciones

- + Debido a su bajo índice de reproducción cromática (CRI), estas luminarias no son adecuadas para aplicaciones que requieran una percepción precisa del color, como espacios de trabajo interior o tareas de inspección.
- + Su aplicación debe reservarse a contextos donde la protección ambiental y la mitigación del impacto sobre la fauna sean prioritarias.

Mas información: <https://www.accessfixtures.com/590-nm-led-lighting/>

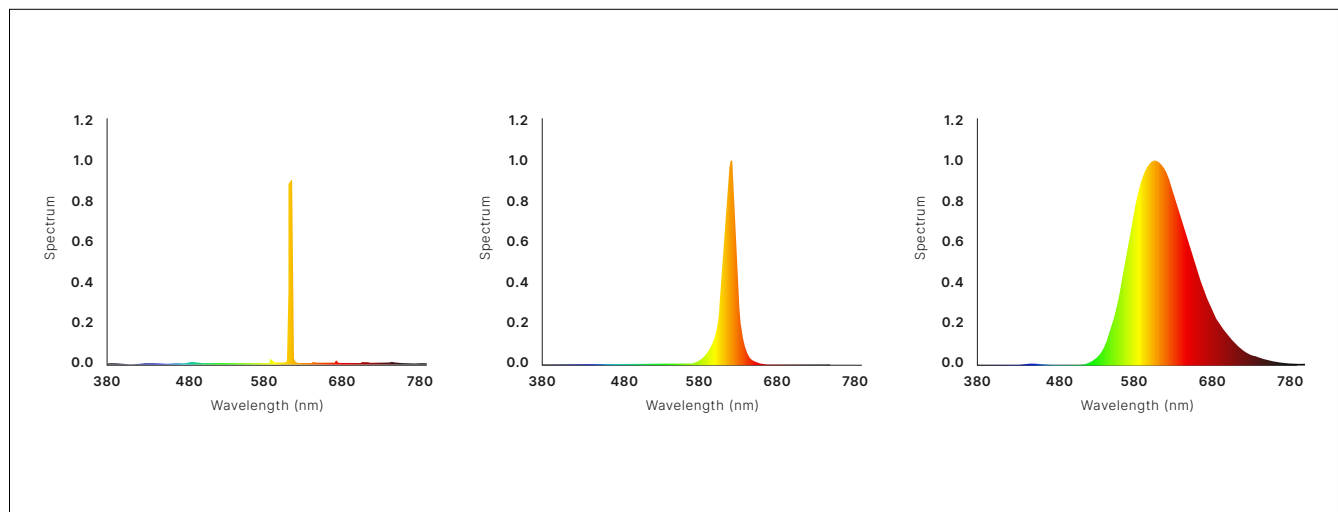


Fig. 8. Comparación entre espectros de luz: sodio a baja presión (izq.); “590 Nanometer Amber” (centro) y “PC Amber” (der.).

Fuente: Access Fixtures, *590nm Light: Amber LED Fixtures - FWC, PC Amber, and 2200K*.

Enlace: <https://www.accessfixtures.com/amber-led-fixtures-fwc-pc-amber-590nm-amber-and-2200k/>

3.2 / Necesidad de luminarias ultra apantalladas

Respecto a las luminarias a instalar en exteriores, destinadas principalmente a funciones de circulación, resulta necesario sobrecumplir el requisito de cerramiento total establecido en el D.S. N°01. En otros términos, se debe reducir al máximo la probabilidad de visión directa de las fuentes emisoras de luz desde cualquier posible punto de observación asociado a instrumentos fotosensibles.

A. Ejemplo práctico: Cerro Tololo (AURA-NOIRLab)

En la Figura 9 se puede observar un tipo de luminaria implementada en las instalaciones de los observatorios de Cerro Tololo. Esta se caracteriza por presentar un color monocromático dentro de la zona del rojo; sin embargo, su cerramiento está lejos de considerarse total, generando aproximadamente un flujo hemisférico superior del orden del 30-40%.

La reja de protección es un accesorio destinado a prevenir la rotura del cierre de vidrio (protección mecánica) y reduce la salida de flujo luminoso de manera marginal; sin embargo, no está diseñada para aportar al apantallamiento hacia el hemisferio superior.

Cabe destacar que estas luminarias se encuentran actualmente fuera de servicio.

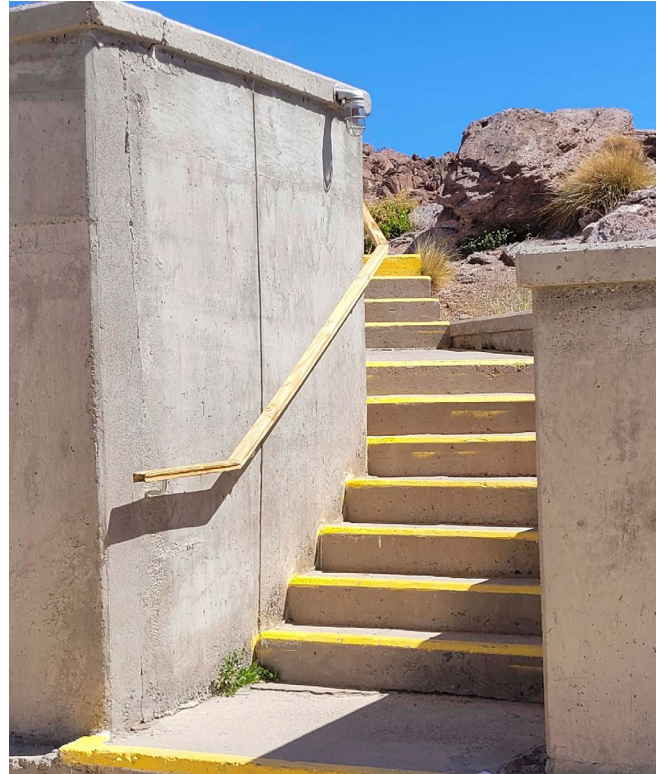


Fig 9. Fotografías de las luminarias existentes en las instalaciones de Cerro Tololo (AURA-NOIRLab).

Crédito: OPCC

B. Ejemplo práctico: Instalaciones provisionarias del futuro observatorio Giant magellan Telescope (GMT)

Las luminarias actualmente instaladas para el alumbrado de circulación corresponden a apliques de muro LED montados a baja altura. Desde el punto de vista espectral, presentan características adecuadas para este tipo de emplazamiento, ya que su emisión se concentra dentro del rango del rojo monocromático (Figura 10).

No obstante, en cuanto a su grado de cerramiento, presentan ciertas deficiencias. En particular, estos apliques no se encuentran completamente apantallados, debido a que la superficie emisora de luz presenta una leve inclinación con un ángulo superior a 0° respecto de la horizontal. Como consecuencia, se produce una emisión residual hacia el hemisferio superior, lo que resulta incompatible con los criterios más estrictos de control de la contaminación lumínica requeridos para instalaciones astronómicas.

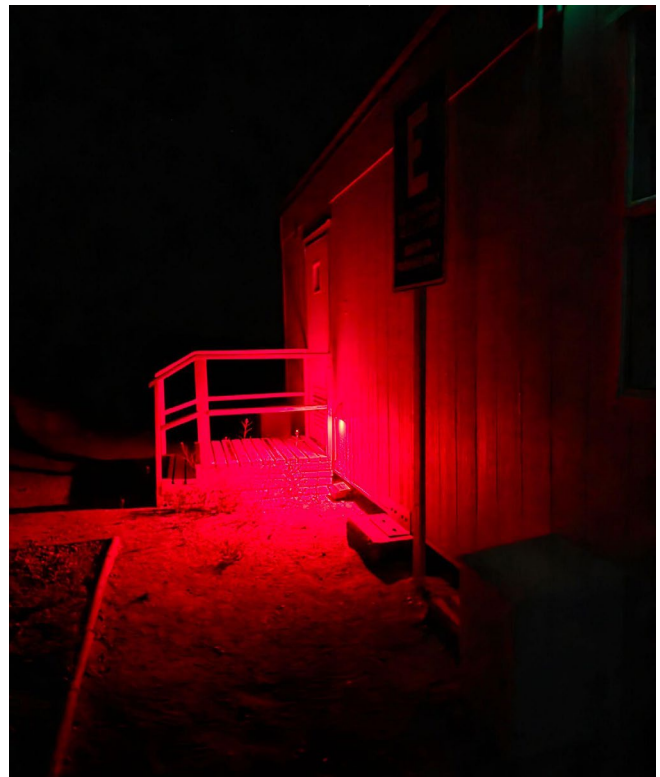


Fig 10. Fotografías de las luminarias existentes en las instalaciones temporales del futuro sitio de GMT.

Crédito: OPCC

C. Ejemplo práctico: Diferencias entre luminarias tipo embutido de escalón instaladas en Giant Magellan Telescope (GMT) y Las Campanas Observatory (LCO).

Respecto a las luminarias embutidas en muro para iluminación de escalones y circulación peatonal, actualmente existen dos configuraciones distintas en este tipo de instalaciones. Independientemente del componente espectral de la fuente de luz empleada, la diferencia fundamental entre una luminaria adecuadamente apantallada y otra que no lo está radica en el diseño de su cierre frontal y, particularmente, en la disposición de las lamas o rejillas de control óptico.

La primera configuración incorpora un accesorio frontal con lamas inclinadas, diseñado para limitar la emisión luminosa hacia el hemisferio superior. Mediante esta disposición geométrica, la visión directa de la fuente luminosa queda restringida desde ángulos elevados, favoreciendo el cumplimiento de criterios estrictos de control de la contaminación lumínica.

La segunda configuración utiliza una rejilla frontal con lamas paralelas que no proporcionan un apantallamiento efectivo hacia el hemisferio superior. Esta condición se ve agravada cuando la luminaria incorpora un cierre de vidrio difusor (opal o translúcido), ya que la luz se distribuye en múltiples direcciones.

En este último caso, la combinación entre la posición de montaje y la configuración óptica de la luminaria puede provocar que una fracción importante del flujo luminoso emitido, estimada del orden del 50%, se dirija hacia el hemisferio superior. El accesorio tipo rejilla contribuye principalmente a la protección mecánica del cierre de vidrio y a una leve reducción del flujo emitido, pero no cumple la función de redirigir la luz hacia el hemisferio inferior.

La Figura 11 ilustra las diferencias entre ambas configuraciones. Desde el punto de vista del control de la contaminación lumínica y de los requerimientos propios de instalaciones astronómicas, las luminarias que no incorporan sistemas efectivos de apantallamiento superior se consideran no adecuadas para este tipo de proyectos.

Crédito: OPCC.



Fig. 11. Fotografía de dos tipos de luminarias embutidas para iluminación de paso o escalón. La luminaria de la izquierda, debido a la morfología de su cierre frontal, se considera totalmente apantallada. En contraste, la luminaria de la derecha presenta una configuración que permite la emisión de flujo luminoso hacia el hemisferio superior, por lo que no puede considerarse totalmente apantallada.

D. Luminarias exteriores con diferente grado de cerramiento:

Al momento de la especificación de luminarias, se deben considerar alternativas cuyo grado de cerramiento minimice la probabilidad de visión directa de las fuentes de luz (por ejemplo, placas LED), tanto por parte de instrumentos como de personas.

Esto se logra mediante el uso de elementos ópticos opacos perimetrales a la fuente lumínica, lo que

permite además instalar las luminarias a mayores alturas de montaje sin aumentar la exposición directa de su fuente lumínica.

A modo de ejemplo, la empresa Access Fixtures (EE. UU.) dispone de una gama de productos denominados “FWC Sea Turtle Lighting”, cuya calidad óptica puede describirse como de ultra cerramiento.



Fig. 12. Para cada tipología (en columnas) se presentan tres luminarias destinadas a distintos usos (apliques de muro en dos escalas y luminarias de techo), con diferentes grados de cerramiento.

Desde el punto de vista de su morfología, en la columna de la izquierda ninguna de estas luminarias cumple con el D.S. N°01. La columna central muestra luminarias que pueden cumplir con dicha normativa, mientras que la columna de la derecha presenta luminarias con ultra cerramiento, adecuadas para este tipo de instalaciones.

En caso de requerirse la especificación de otros proveedores de luminarias, puede resultar factible considerar la fabricación ad-hoc de accesorios que permitan maximizar el cerramiento de luminarias de morfología tradicional (compatibles con el D.S. N°01), como las correspondientes a la columna central de la Fig. 10.

E. Flujo luminoso e iluminancia:

En cuanto al volumen de flujo luminoso de salida de las luminarias, es necesario adoptar criterios prudentes, con el objetivo de minimizar la cantidad total de luz instalada. En este sentido, un valor máximo del orden de 1500 lúmenes resulta adecuado para luminarias tipo aplique de muro o de techo, instaladas a alturas normales (2,5–3 m).

Para luminarias destinadas a escaleras o instaladas a menores alturas, se recomienda reducir el flujo luminoso a valores del orden de 500 lúmenes como máximo, de modo de evitar sobre iluminación y limitar la emisión innecesaria de luz.

Desde el punto de vista de los niveles de iluminancia, resultan adecuados valores del orden de 0,25 a 5 lux promedio, con valores máximos puntuales que no superen los 15 lux aproximadamente.

3.3 / Balizamientos y luces piloto

Estas fuentes de luz cumplen funciones de señalización y seguridad. Sin embargo, la gran mayoría de las alternativas disponibles en el mercado están diseñadas para ser visibles a distancias relativamente grandes, en contextos interiores o exteriores

iluminados. Por lo tanto, en un entorno donde se requiere un alto grado de oscuridad, su flujo luminoso y su deficiente cerramiento las convierten en fuentes potencialmente contaminantes y disruptivas.

Por esta razón, resulta necesario especificar y desarrollar accesorios tipo louver que limiten la emisión de estas fuentes únicamente a las direcciones estrictamente necesarias para su visualización.

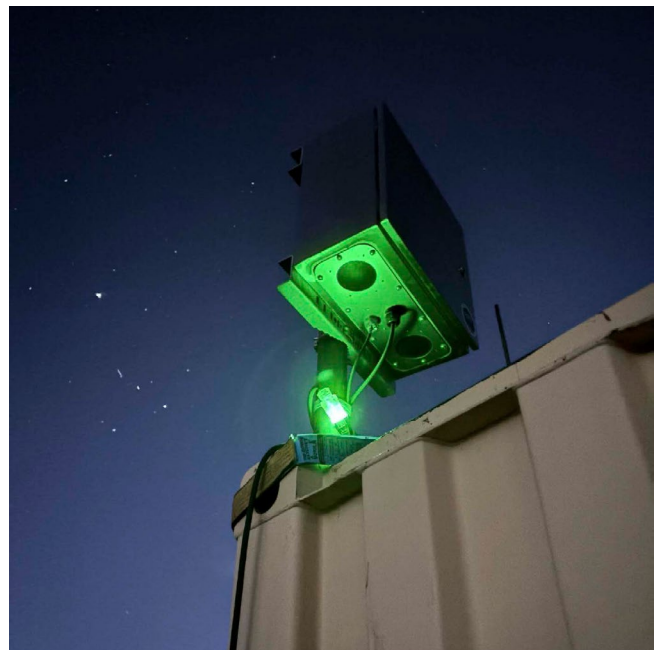
Un louver puede definirse como un elemento de control óptico, generalmente constituido por aletas, lamas o celdillas opacas, cuya función es limitar, dirigir y bloquear la emisión luminosa en determinadas direcciones, reduciendo el deslumbramiento y evitando la emisión directa hacia ángulos no deseados, en particular hacia el hemisferio superior o hacia el campo visual del observador. Desde el punto de vista constructivo, estos elementos pueden fabricarse en aluminio, acero, polímeros u otros materiales opacos, y disponerse en configuraciones lineales, transversales o tipo panal (*honeycomb*), según el control fotométrico requerido.



Fig. 13. Ejemplo de luminaria con louver para el apantallamiento hacia el hemisferio superior.

Dado que no existen louvers comerciales disponibles como accesorios independientes para este tipo de luminarias, se propone su fabricación ad hoc, utilizando materiales opacos, preferentemente metálicos u otros equivalentes, con una terminación interior de alta reflectancia, de modo de aprovechar y redirigir el flujo luminoso bloqueado hacia direcciones útiles.

Fig. 14. Arriba: fotografía de una baliza en las actuales instalaciones de GMT. Abajo: balizas actualmente instaladas en el Observatorio Simons.

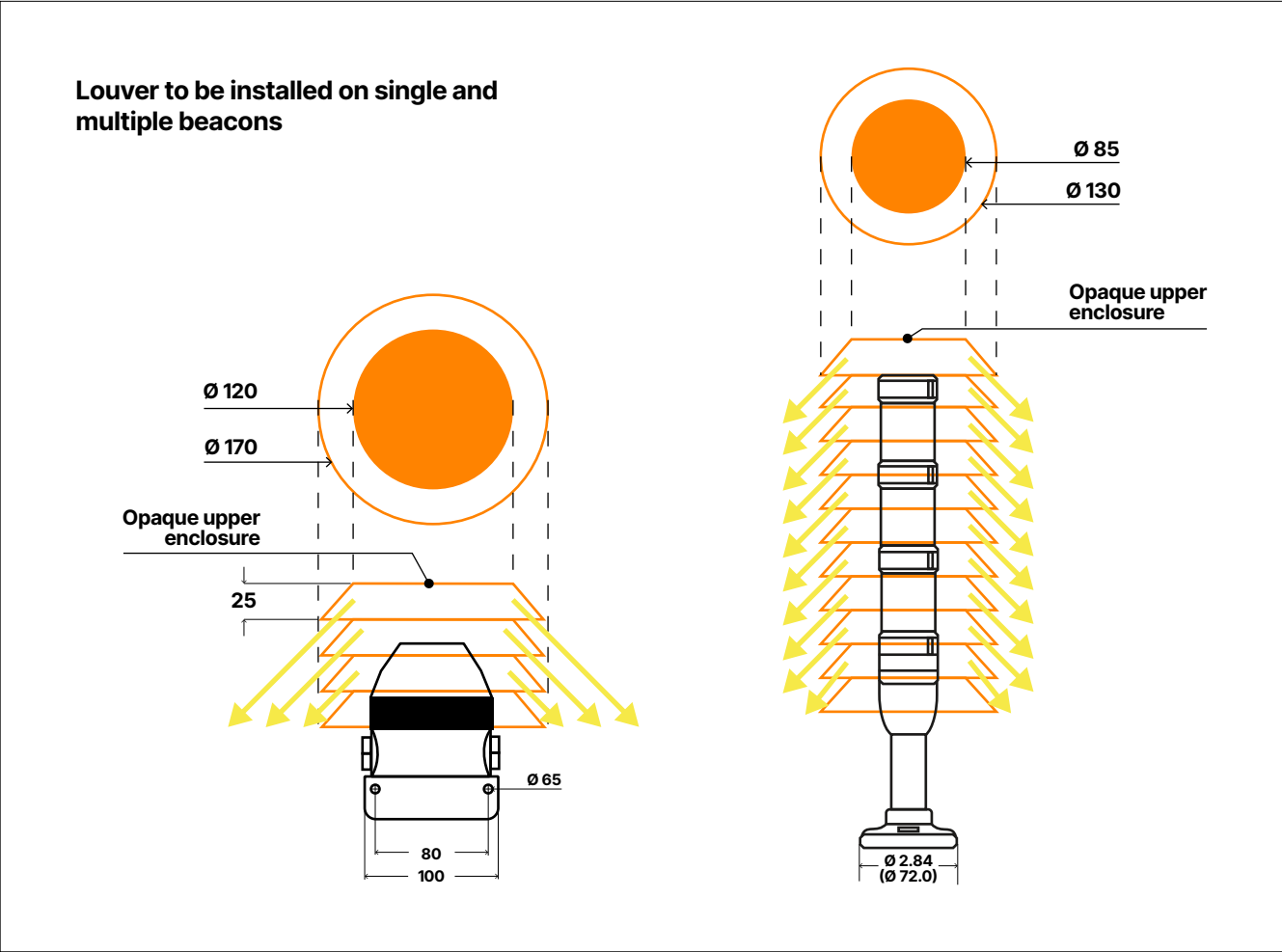


Crédito: OPCC & FCC.

Respecto a las luces piloto de tableros, y considerando que no es factible su desactivación por motivos de señalización, se recomienda incorporar cerramientos laterales y superiores (tipo mini vise-ras) que bloqueen la visión directa de estas fuentes fuera del campo de uso inmediato.

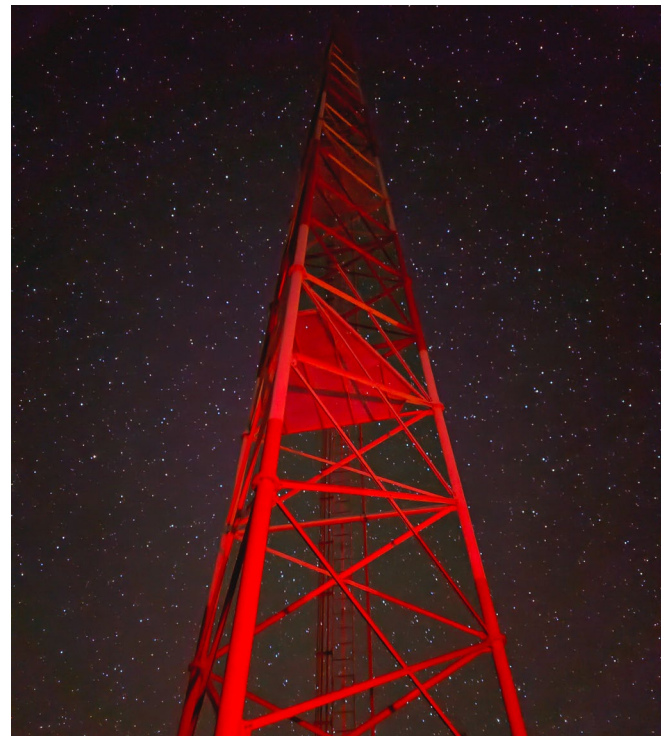
Adicionalmente, puede evaluarse la aplicación de filtros o películas atenuadoras que reduzcan su intensidad luminosa, siempre que no se comprometa su función operativa.

Fig. 15. Despiece esquemático del accesorio tipo louver requerido para una baliza luminosa típica. Como referencia se consideran los modelos de baliza simple NMS-HP LED (Auer Signal) y baliza múltiple SL4-100-L-RYG-24LED (Eaton).



Fuente: Javier Sayago.

Fig. 16. Arriba: Luces piloto de tableros existentes en Observatorio Simons. Abajo: Efectos de las luces piloto rojas en tablero cercano a antena en el futuro sitio del GMT. En imágenes de media exposición se aprecia su acción lumínica. Sector contiguo a donde la OPCC realiza mediciones de calidad del cielo.



0.4/ Discusión y conclusiones

El diseño de iluminación para observatorios astronómicos, tanto ópticos como infrarrojos, no puede abordarse bajo los criterios convencionales utilizados para proyectos de iluminación exterior general. La **extrema sensibilidad de los instrumentos científicos y la necesidad de preservar la calidad del cielo nocturno exigen una estrategia de diseño específica**, donde la minimización de la contaminación lumínica constituye un objetivo prioritario.

En este contexto, **resulta esencial restringir al máximo técnicamente posible el contenido espectral en las bandas azul y violeta**, privilegiando fuentes de luz de espectro acotado y baja dispersión atmosférica. Asimismo, todas las luminarias exteriores deberían presentar emisión nula hacia el hemisferio superior y contar con niveles de apantallamiento superiores a los exigidos por la normativas y recomendaciones, reduciendo al mínimo la probabilidad de visión directa de las fuentes luminosas desde cualquier punto de observación o instrumento fotosensible.

Del mismo modo, los niveles de flujo luminoso instalados e iluminancia deben mantenerse significativamente por debajo de los utilizados habitualmente en alumbrado exterior convencional, iluminando únicamente aquellas áreas donde la luz resulte estrictamente necesaria para garantizar la seguridad y operación de las instalaciones.

Finalmente, elementos de señalización tales como balizas luminosas, luces piloto, indicadores de estado y otros dispositivos similares requieren una consideración especial. Estos equipos suelen estar diseñados para operar en entornos con niveles de iluminación ambiental relativamente elevados y, por tanto, presentan intensidades luminosas incompatibles con un entorno de oscuridad extrema. En consecuencia, se recomienda incorporar soluciones de control óptico específicas —como louvers, viseras, apantallamientos o sistemas de atenuación— que permitan limitar su visibilidad exclusivamente a las direcciones necesarias para su función operativa, **reduciendo así su contribución a la contaminación lumínica del sitio**.

Criterios para el diseño de iluminación en instalaciones de observatorios

Javier Sayago, Especialista en Luminotecnia - Asistente Técnico OPCC