PREMIUM LIGHT PRO

Conceptos básicos de diseño de iluminación interior

Elaboración: ISR - Universidad de Coimbra - Julio 2017
Traducción: Ecoserveis - Noviembre 2017

Sobre Ecoserveis

¿Quiénes somos?

- Asociación sin ánimo de lucro creada en 1992.
- Promovemos un modelo energético **justo** y **sostenible**, que construya puentes entre la **tecnología** y la **sociedad**, la investigación y la innovación para identificar las **necesidades energéticas** de la población y aportar **soluciones** efectivas.

Nuestras líneas de actuación

- **Investigación e innovación**
- **Formación especializada**
- **Divulgación**
- **Consultoría técnica y social**
- **Dinamización comunitaria**
- **Intervenciones energéticas**

PREMIUM LIGHT PRO

Funded by the European Union

Conceptos básicos de diseño de iluminación interior

Contenido:

1. Introducción
2. Importancia de una buena iluminación interior
3. Requisitos de nivel de iluminación
4. Fotometría
5. Parámetros de iluminación
6. Deslumbramiento
7. Parpadeo
8. Depreciación del lumen
9. Método de diseño del lumen
10. Reproducción cromática
11. Herramientas de *software*

PREMIUM LIGHT PRO

Funded by the European Union

1. Introducción

¿Por qué Lighting Design?

- Lighting Design sirve para proporcionar condiciones visuales adecuadas para los ocupantes del edificio.
- El objetivo es proporcionar la «Luz correcta en el momento correcto en el lugar correcto» para obtener :
  - Rendimiento visual para realizar las tareas visuales incluso en circunstancias difíciles y durante períodos más largos
  - Comodidad visual, que proporciona una sensación de bienestar y contribuye a un mayor rendimiento
- La iluminación de un objeto hace que los detalles sean más fáciles de ver, pero la cantidad de luz en términos de iluminancia, luminancia y uniformidad necesaria para una visibilidad adecuada no es la misma para todos los objetos.
- Algunas características y técnicas de diseño presentadas en este módulo, tales como: Requisitos de nivel de iluminación, fotometría, parámetros de iluminación, reproducción cromática, herramientas de *software*, etc., son esenciales para proporcionar una buena calidad de luz.

2. Importancia de una buena iluminación interior

- Los efectos positivos de una buena iluminación en la calidad de vida son vitales: la salud humana, la productividad, la comodidad y el rendimiento dependen en gran medida de una iluminación adecuada.

- La iluminación consume aproximadamente el 20% de la energía eléctrica en los edificios. Es imprescindible abordar el valor que la luz nos brinda, al tiempo que abordamos los problemas energéticos.

- La iluminación se usa para crear los entornos visuales necesarios para que las personas vivan, trabajen, jueguen, aprendan, compren, se comuniquen y hagan negocios. La luz es un elemento especialmente esencial en los espacios más personales: nuestros propios hogares.

- Una **buena iluminación** significa lograr un equilibrio óptimo entre las necesidades humanas, las consideraciones arquitectónicas y la eficiencia energética.

2. Importancia de una buena iluminación interior

- La iluminación juega un papel importante en nuestro estado emocional y físico.

- La iluminación excesiva puede causar un exceso de estimulación de los nervios en el ojo humano, lo que produce dolor relacionado con los ojos y una visión y un malestar parcialmente discapacitados.

- Los niveles de luz insuficientes pueden causar fatiga ocular, debido a que los músculos oculares se esfuerzan por enfocar y compensar la escasa luz.

- La iluminación proporciona iluminación para un paso seguro a través de espacios o propiedades específicos y la seguridad contra lesiones corporales por obstáculos o condiciones peligrosas.

2. Importancia de una buena iluminación interior

- Una buena iluminación mejora el estado de ánimo y la deseabilidad de dichos espacios y puede contribuir en gran medida a una sensación de bienestar.

- La iluminación adecuada de nuestra área de trabajo es primordial para lograr y mantener un ambiente de trabajo y de vida saludable.

- Es importante hacer un diseño de proyecto de iluminación, que tenga en cuenta el trabajo saludable, la seguridad y proporcione un ambiente más agradable, pero llevarlo a cabo es fundamental para considerar otros aspectos importantes como:
    - Eficiencia energética del sistema;
    - Costes del ciclo de vida.

3. Requisitos de nivel de iluminación

- Los requisitos de nivel de iluminación interior proporcionan la cantidad mínima de luz que puede lograr:
  - Seguridad contra lesiones corporales por obstáculos o condiciones peligrosas;
  - Rendimiento visual para realizar las tareas visuales incluso en circunstancias difíciles y durante períodos más largos
  - Comodidad visual, que proporciona una sensación de bienestar y contribuye a un mayor rendimiento

- Los requisitos de nivel de iluminación interior dependen de la legislación de cada país, pero generalmente siguen los estándares
  - EN 12464-1 – Luz e iluminación – Iluminación de lugares de trabajo - Parte 1: Lugares de trabajo en interiores
  - EN 15193 – Rendimiento energético de los edificios — Requisitos energéticos para la iluminación

3. Requisitos de nivel de iluminación

- Los niveles de iluminación considerados satisfactorios bajo fuentes de luz artificial en diferentes actividades son:

Illuminace (lux)	Activity	Area
100	Casual seeing	Corridors, changing rooms, stores
150	Some perception of detail	Loading bays, switch rooms, plant rooms
200	Continuosly occupied	Foyers, entrance halls, dinig rooms
300	Visual tasks moderately easy	Libraries, sports halls, lecture theatres
500	Visual tasks moderately difficult	General offices, kitchens, laboratories, retail shops
750	Visual tasks difficult	Drawing offices, meat inspection, chain stores
1000	Visual tasks very difficult	General inspection, electronic assembly, paintwork, supermarkets
1500	Visual tasks extremely difficult	Fine work and inspection, precision assembly
2000	Visual tasks exceptionally difficult	Assembly of minute items, finished fabric inspection

3. Requisitos de nivel de iluminación

- Educativo

Area	Illuminace (lux)	Limiting Glare rating	Minimum colour rendering (R_a)
Classrooms	300	19	80
Technical drawing rooms	750	16	80
Computer practice rooms	300	19	80

- Oficinas

Area	Illuminace (lux)	Limiting Glare rating	Minimum colour rendering (R_a)
Filling, copying etc.	300	19	80
Writing, typing, reading	500	19	80
Technical drawing	750	16	80
CAD work stations	500	19	80
Conference & meeting	500	19	80
Reception desk	300	22	80
Archives	200	25	80

3. Requisitos de nivel de iluminación

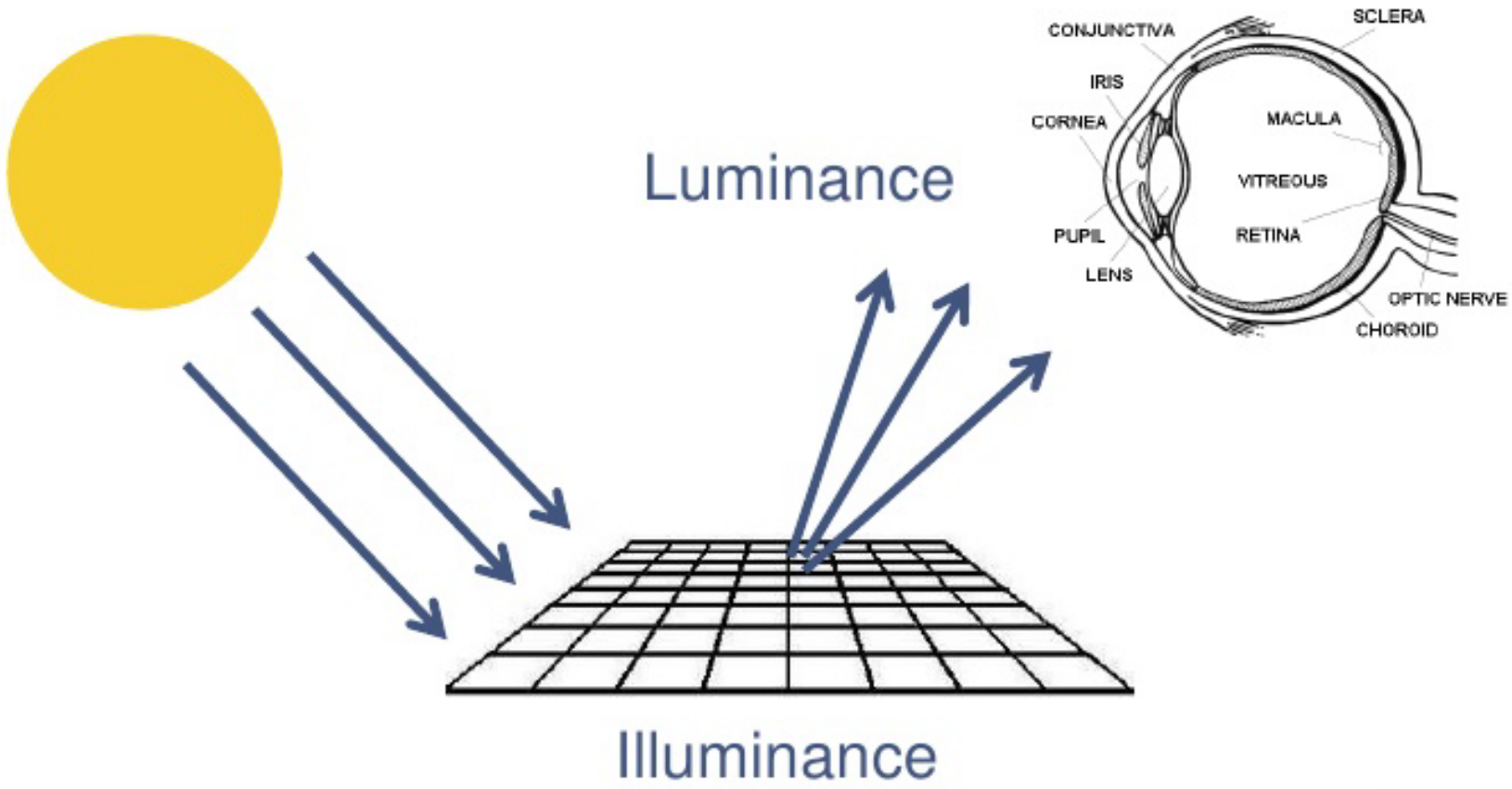
- Atención médica - Salas

Area	Illuminace (lux)	Limiting Glare rating	Minimum colour rendering (R_a)
General lighting	100	19	80
Reading lighting	300	19	80
Simple examinations	300	19	80
Examination & treatment	1000	19	80

- Residencial - Pisos / Estudios

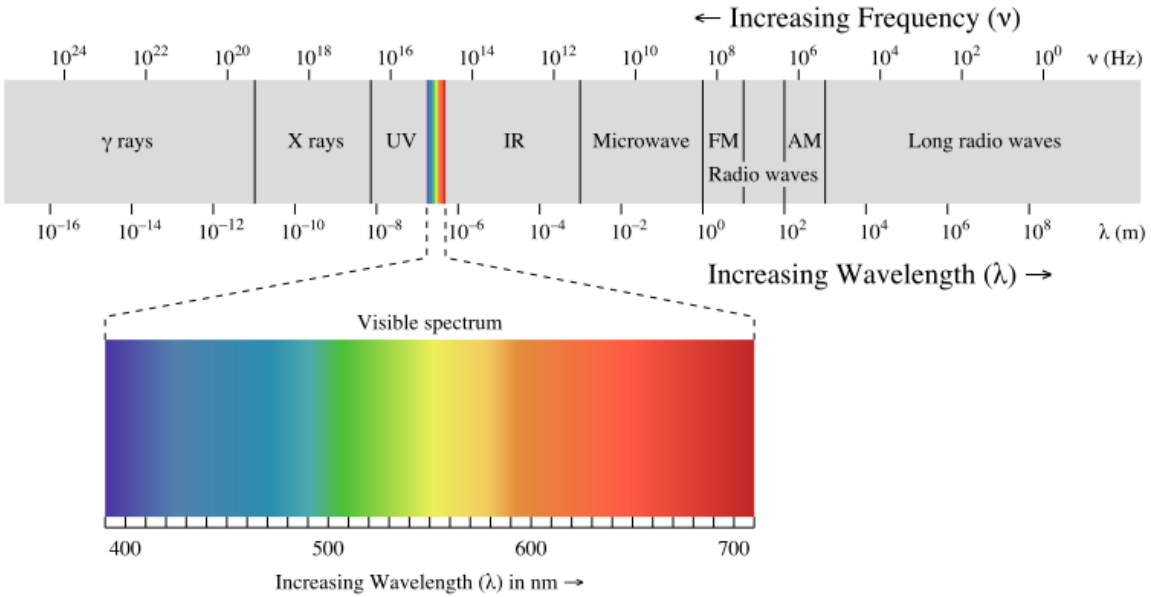
Area	Illuminace (lux)	Limiting Glare rating	Minimum colour rendering (R_a)
Lounge	100 - 300	19	80
Kitchens	150 - 300	-	80
Bathrooms	150	-	80
Toilets	100	-	80

4. Fotometría



4. Fotometría
Luz visible

- La radiación electromagnética cubre una gran diversidad de radiaciones que van de unas ondas de radio a otras. La luz es una radiación cuyo rango de longitudes de onda (λ) del espectro de radiación electromagnética puede ser detectado por el ojo humano. Este rango es entre ultravioleta (380 nm) e infrarrojo (760 nm).



4. Fotometría
Conceptos

- La radiometría y la fotometría han desarrollado una cantidad de métodos y procesos para medir cantidades luminosas;

- Mientras que la radiometría se ocupa de toda la radiación del espectro electromagnético emitido por una fuente, la fotometría se relaciona con la radiación visible (comúnmente conocida como luz);

- La fotometría es la ciencia de medir la luz visible en unidades ponderadas según la sensibilidad del ojo humano;

- Es una ciencia cuantitativa basada en un modelo estadístico de la respuesta visual humana a la luz, es decir, nuestra percepción de la luz bajo condiciones cuidadosamente controladas.

4. Fotometría
Conceptos

- El equivalente fotométrico de Radiance se llama Iluminancia y se mide en **lúmenes por metro cuadrado (lux);**

- La sensibilidad del ojo humano a la luz varía con la longitud de onda. Vemos la luz de diferentes longitudes de onda como un continuo de colores que van del espectro visible: 650 nm es rojo, 540 nm es verde, 450 nm es azul, y así sucesivamente;

- Una fuente de luz con una irradiancia de un W/m^2 de luz verde, por ejemplo, parece mucho más brillante que la misma fuente con una irradiancia de un W/m^2 de luz roja o azul;

- La fotometría no mide vatios de energía radiante. Intenta medir la impresión subjetiva producida por la estimulación del sistema visual ojo-cerebro con energía radiante.

PREMIUM LIGHT PRO
Funded by the European Union

4. Fotometría
Conceptos

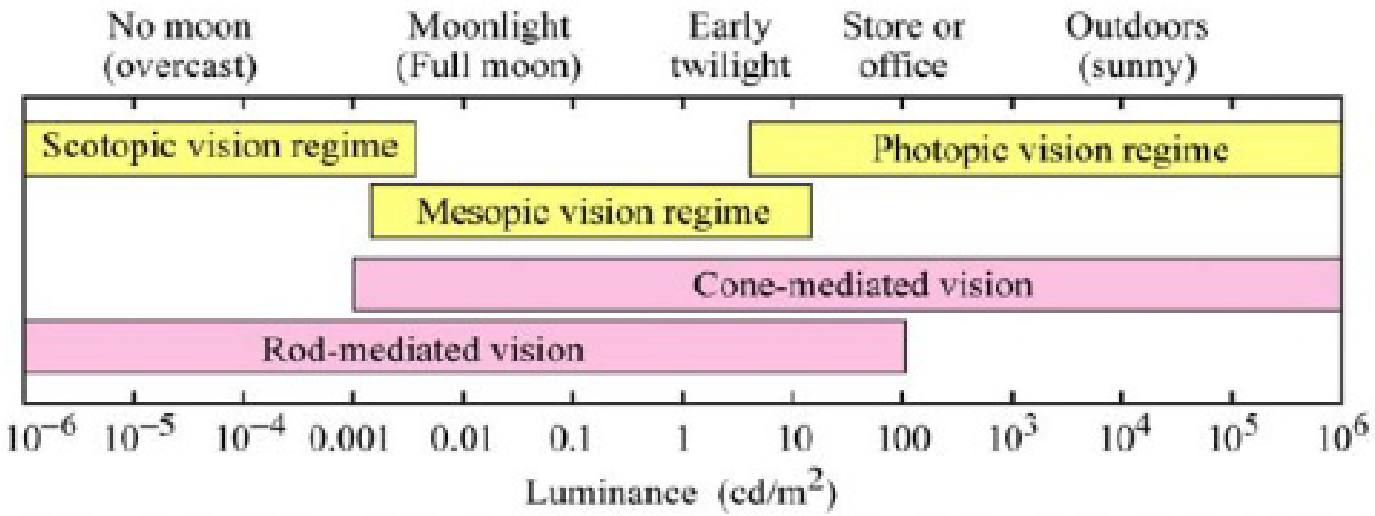
- Esta tarea se complica enormemente por la respuesta no lineal del ojo a la luz;
- Varía no solo con la longitud de onda sino también con la cantidad de flujo radiante, si la luz es constante o parpadea, con la percepción de la complejidad espacial de la escena, con la adaptación del iris y la retina, con el estado psicológico y fisiológico del observador, y con muchas otras variables;
- La impresión subjetiva de ver se puede cuantificar para condiciones de visión «normales». La Comisión Internacional de la Iluminación (CIE, por sus siglas en francés) pidió a más de un centenar de observadores que igualen visualmente el «brillo» de las fuentes de luz monocromáticas con diferentes longitudes de onda en condiciones controladas. Tomar un promedio de las mediciones da como resultado la llamada «respuesta fotópica» del observador humano «promedio» percibido.

4. Fotometría
Conceptos

- Hay tres tipos de visión:
  - **Fotópica** – Visión de colores en los humanos, bajo condiciones normales de luz diurna (> 3 cd / m2). Los conos del ojo están activos.
  - **Escotópica** – Visión humana en la oscuridad (<0.001 cd / m2). Solo están activos los bastones del ojo;
  - **Mesópica** - una combinación de visión fotópica y escotópica en situaciones con poca luz, pero no totalmente oscura. Estas son las condiciones en el alumbrado público, donde tanto conos como los bastones (células fotoreceptoras) del ojo están activos

4. Fotometría
Conceptos

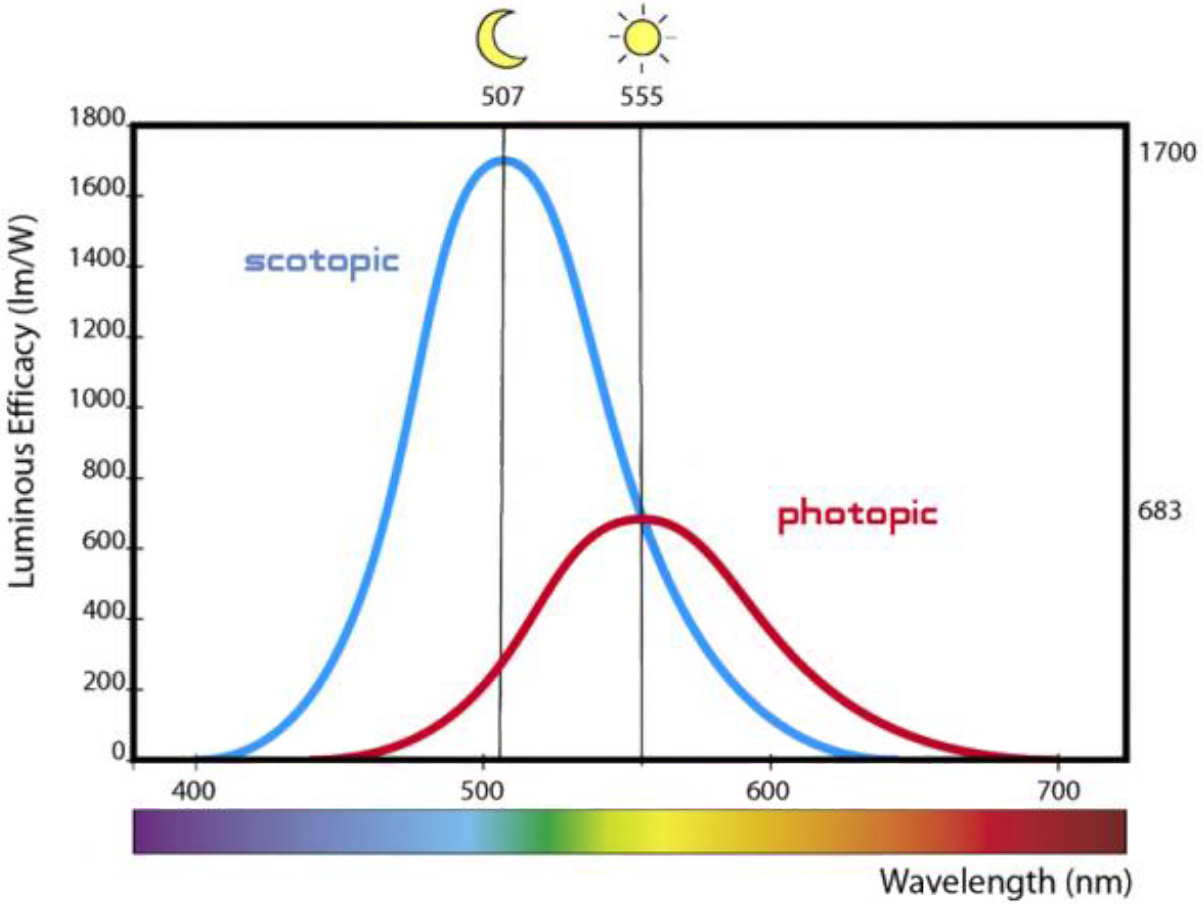
- Rango dinámico del ojo humano (escala logarítmica)



- Los bastones responden a luz de baja luminancia, los conos a alta

4. Fotometría
Conceptos

- Respuesta escópica y fotópica (curvas de sensibilidad)



4. Fotometría
Conceptos

- En áreas de intensidad de luz media, la sensibilidad espectral del ojo se encuentra en algún lugar del área entre la visión nocturna y la visión diurna;

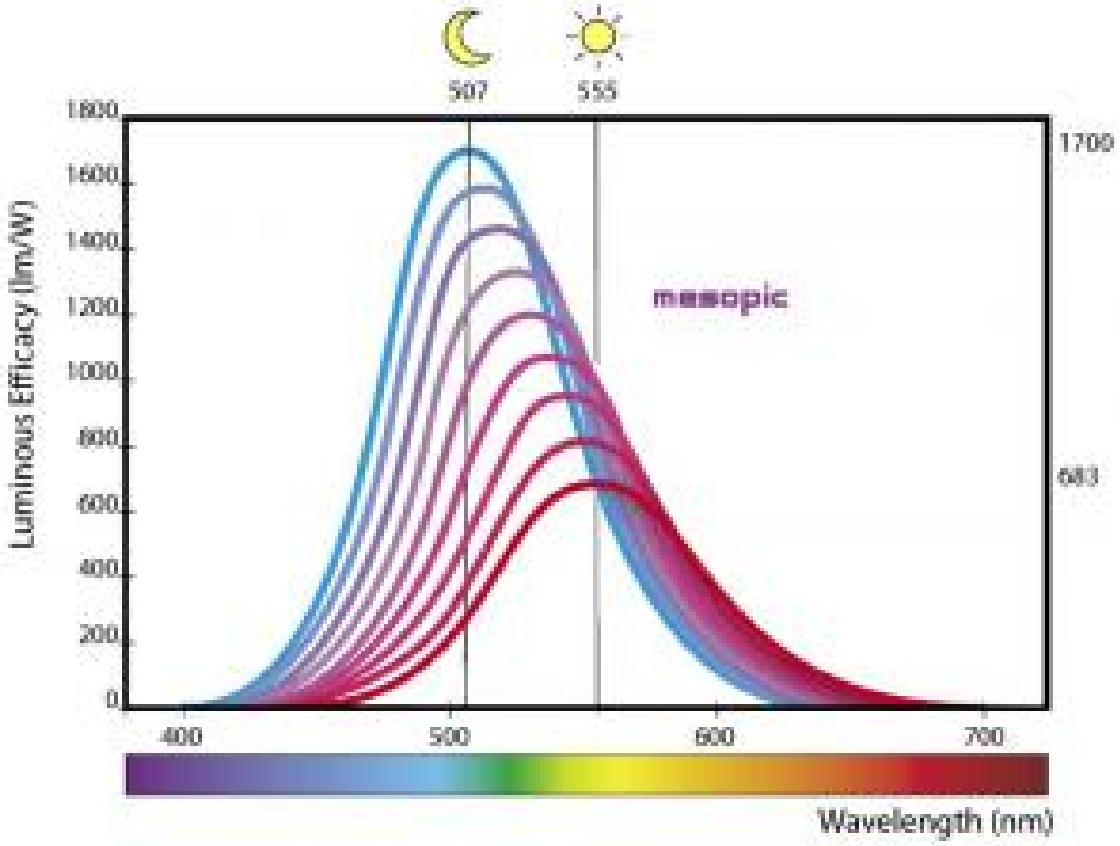
- Esto es a menudo cierto al anochecer y al amanecer o bajo las luces de la calle y en nuestros hogares;

- El ojo responde no solo al brillo, sino a la distribución espectral de la luz entrante al decidir cuándo cambiar entre los estados fotópico y escotópico;

- Esta visión se llama visión mesópica y se debe a que tanto los bastones como los conos son necesarios para la visión.

4. Fotometría
Conceptos

- Visión mesópica



4. Fotometría
Conceptos

- Los métodos tradicionales de uso de "Lúmenes Fotópicos" para describir la intensidad de la luz en un área de este tipo subestiman la intensidad de la luz, ya que ignora por completo la contribución de los bastones a la visión o los "Lúmenes Escópicos";

- Los científicos del Laboratorio Lawrence Berkley-EE.UU. Desarrollaron un factor denominado relación Escópica/Fotópica (en inglés Scotopic/Photopic ratio [S/P ratio]). Esta relación ayuda a convertir los lúmenes tradicionales en lúmenes reales percibidos por el ojo en condiciones de luz Mesópica y proporciona una estimación más precisa de la cantidad de luz:

Lúmenes fotópicos * [S/P ratio] = Lúmenes de la pupila

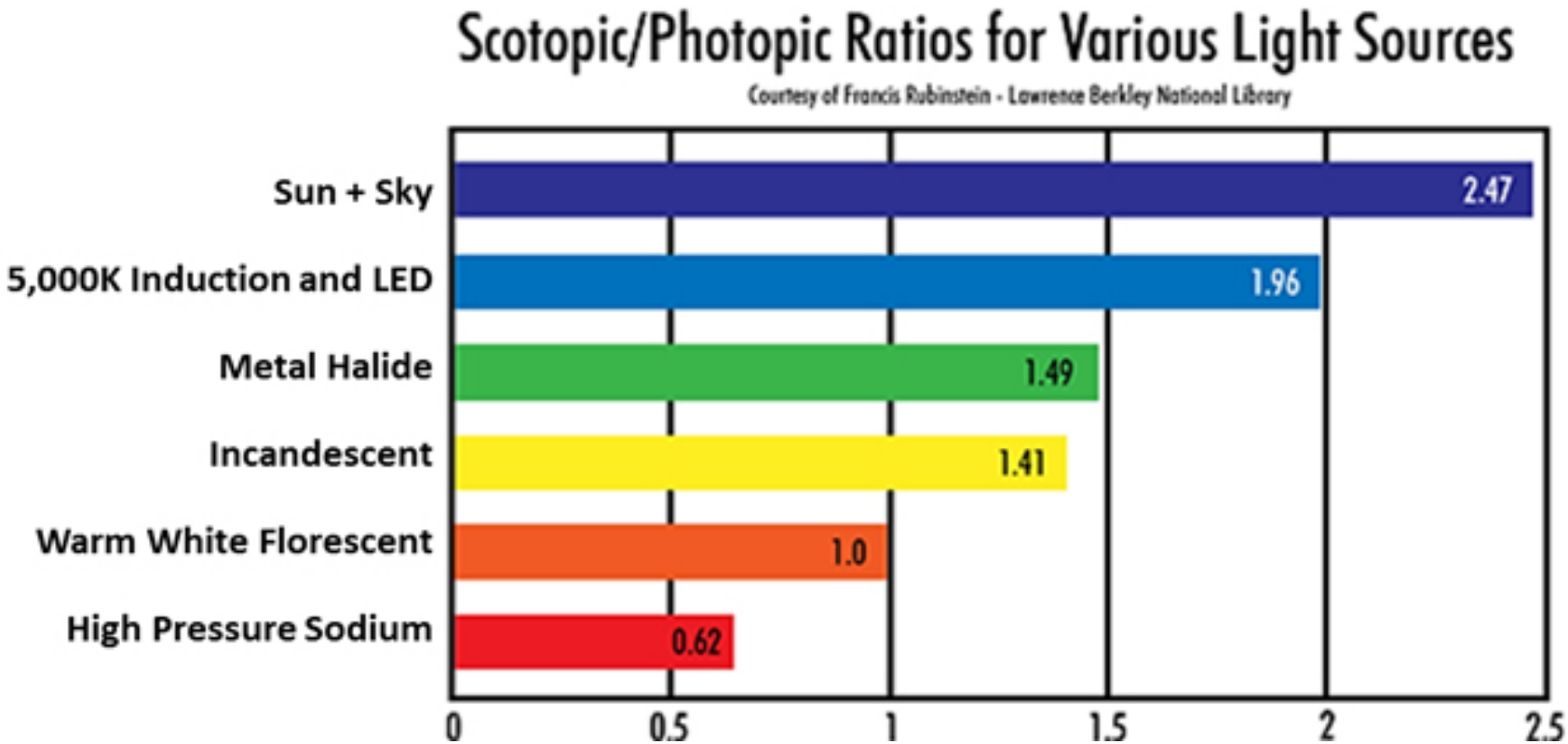
4. Fotometría
Conceptos

- Esta relación determina el brillo visual aparente de una fuente de luz;

- Esta es la razón por la cual una lámpara de LED o Inducción de menor vatio, que produce una relación S / P alta, aparece como más brillante o más brillante para el ojo humano que una lámpara de Sodio de Alta Presión (HPS) con el doble de potencia;

- Las lámparas HPS no tienen el espectro de luz necesario para iluminar adecuadamente los objetos y obtener la respuesta óptima de la retina humana en condiciones de iluminación Mesópica.

4. Fotometría
Conceptos



60 Watt LED 140 lm/w – 8,400 [Photopic] * 1.96 [S/P]= 16,464 [Pupil Lumens]
150 Watt HPS 90 lm/w– 13,500 [Photopic] * 0.62 [S/P]= 8,370 [Pupil Lumens]

5. Parámetros de iluminación

Cantidades y unidades fotométricas

- ✓ Flujo luminoso
- ✓ Intensidad luminosa
- ✓ Iluminancia
- ✓ Luminancia
- ✓ Reflectancia

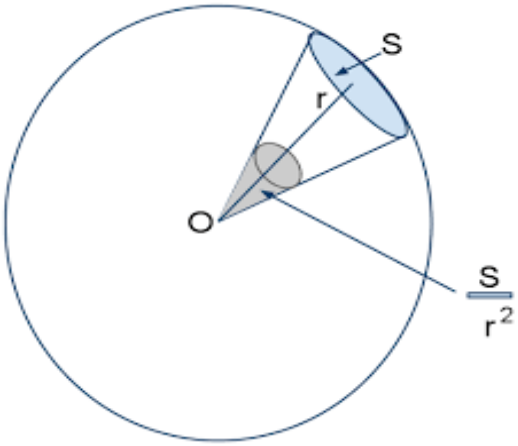
5. Parámetros de iluminación
Flujo luminoso

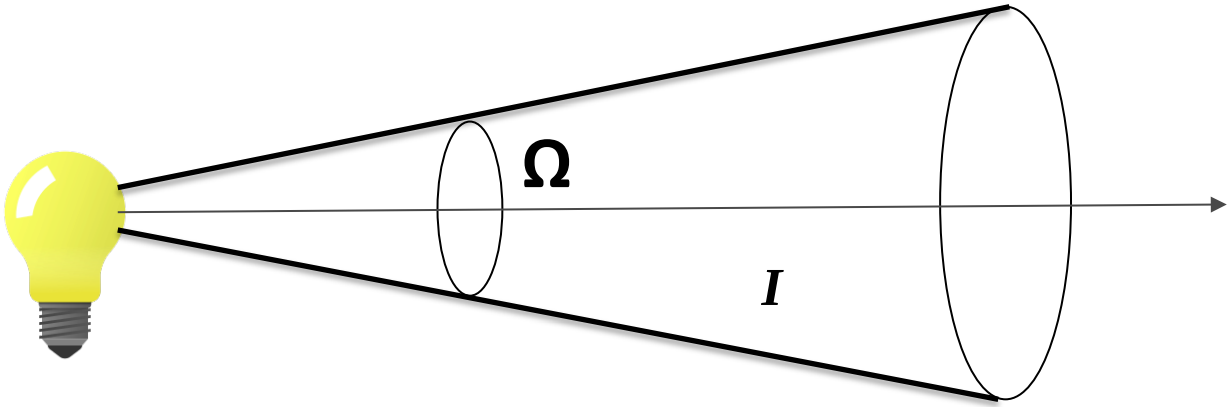
- **Flujo luminoso (F)**
  - Es la cantidad de luz radiada en todas las direcciones por una fuente de luz por segundo.
  - La unidad es el **lumen (lm)**
  - El símbolo es **Φ**

- Esta cantidad a menudo se incluye en las especificaciones de la lámpara en catálogos, hojas de datos y en el embalaje de una lámpara.

5. Parámetros de iluminación
Intensidad luminosa

- **Intensidad luminosa (I)**
  - Es la cantidad de luz emitida por segundo en una dirección específica en un ángulo sólido **Ω = (S/r²)**
  - La unidad es la **candela (cd)**



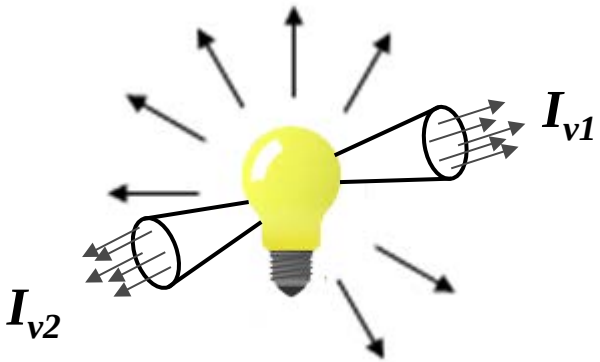


$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

5. Parámetros de iluminación
Flujo e intensidad luminosos

El flujo luminoso es la medida de la potencia total percibida de luz, mientras que ***la intensidad luminosa*** es una medida de la potencia percibida emitida por una fuente de luz en una dirección particular por unidad de ángulo sólido.

Flujo luminoso total, F



Intensidad luminosa, I

5. Parámetros de iluminación

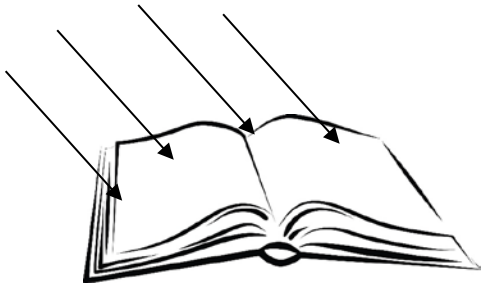
Eficacia luminosa de la lámpara

La eficacia luminosa de una lámpara es la relación entre el flujo luminoso producido y la potencia eléctrica utilizada y se expresa en lúmenes por vatio (lm/W), cuanto mayor sea, más eficiencia.

$$\frac{\textbf{Flujo luminoso}}{\textbf{Potencia consumida}} = \textbf{Eficacia luminosa (lm/W)}$$

5. Parámetros de iluminación
Illuminance

- **Iluminancia (E)**
  - Es la cantidad de flujo luminoso que cae sobre un área unitaria de una superficie.
  - La unidad de iluminancia es **lux (lx)**.



Incidente de flujo luminoso en la superficie

$$E = \frac{\Phi}{A}$$

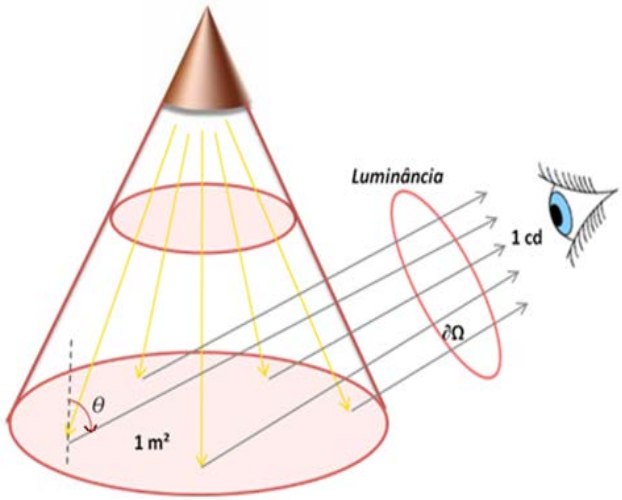
Superficie afectada por el flujo luminoso

Iluinancia (lux) valores típicos	
Verano – Día soleado	100 000 lux
Cielo cubierto	5 000 lux
Oficina, iluminada	500 lux
Salón o habitación de hotel	100 lux
Luz de la luna – cielo despejado	0,25 lux

PREMIUM LIGHT PRO
Funded by the European Union

5. Parámetros de iluminación
Luminance

- La luminancia es una medida de la densidad de la intensidad de la luz reflejada en una dirección dada, que describe la cantidad de luz que atraviesa o emite desde una superficie, de acuerdo con un ángulo sólido (∂Ω).



$$L = \frac{I}{A.\cos(\theta)} \quad (cd/m^2)$$

- La luminancia indica la cantidad de energía luminosa que detectará un ojo que mira la superficie desde un ángulo de visión particular.
- La unidad es la **candela por metro cuadrado** (**cd/m²**).

5. Parámetros de iluminación
Contrast

- **Contraste (**Contraste de luminancia**)**
  - es la relación entre la *luminancia* de un área de interés más brillante y la de una más oscura adyacente.

Cada detalle crítico de una tarea de visualización debe diferir en brillo o color del fondo circundante para poder verse. La visibilidad es máxima cuando el *contraste de luminancia* (y el contraste de color, si está presente) de los detalles con el fondo es máximo.

5. Parámetros de iluminación
Repaso

Variables y terminología de iluminación

Cantidad y símbolo	Unidad	Símbolo de la unidad	Explicación
Flujo luminoso (F)	Lumen	lm	Índice de luz emitida por una lámpara
Intensidad luminosa (I)	Candela	cd	Flujo luminoso en una dirección
Eficacia luminosa	Lumen por Vatio	lm/W	Eficiencia energética: flujo luminoso por vatio
Iluminancia (E)	Lux	lx	Flujo luminoso en una superficie determinada
Luminancia (L)	Candela por metro cuadrado	cd/m^2	Brillo percibido de una superficie
Reflectancia	Porcentaje %	ρ	Relación de la luz reflejada a la luz incidente

6. Deslumbramiento

Deslumbramiento: sensación producida por áreas brillantes dentro del campo visual, como superficies iluminadas, partes de las luminarias, ventanas y/o luces de techo.

- El deslumbramiento estará limitado para evitar errores, fatiga y accidentes.
- Normalmente, el ojo se adapta a cualquier tipo de situación de iluminación, pero si la iluminación del objeto o el fondo es demasiado brillante o el contraste es demasiado grande, la visión sufre ya sea por:
  - **Brillo incómodo**: cuando la visión es incómoda, por ejemplo cuando la luz 'corta' en los ojos y quieres sombrear los ojos. Esto puede causar fatiga y dolor de cabeza.
  - **Deslumbramiento por incapacidad**: cuando el objeto es difícil de ver, por ejemplo cuando los ojos se han adaptado a la iluminación artificial, o el sol cayendo sobre el papel blanco, puede ser difícil de leer.

6. Deslumbramiento

Deslumbramiento incómodo

La clasificación del deslumbramiento incómodo provocada directamente por las luminarias de una instalación de iluminación interior se determinará mediante el método tabular CIE Unified Glare Rating (UGR), basado en la fórmula:

"8" da números UGR que se sientan agradablemente en un rango de aproximadamente 5 a 40

Esta suma simplemente significa tener en cuenta todas las luminarias en la sala

Luminancia de una luminaria al cuadrado

$$UGR = 8\log_{10}\left(\frac{0{,}25}{L_B}\sum\frac{L^2\Omega}{p^2}\right)$$

El ángulo sólido de la luminaria desde la posición del espectador

Nuestros ojos responden logarítmicamente a la luz

La división por la luminancia de fondo tiene el efecto de reducir el valor UGR

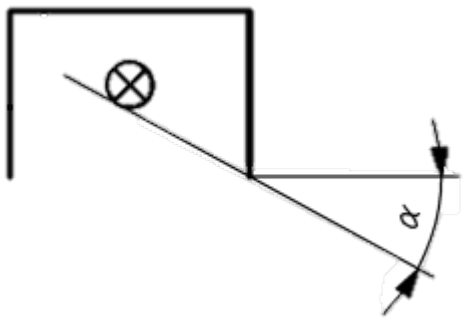
El índice Guth se agranda cuanto más lejos está la luminaria de la línea de visión del espectador

6. Deslumbramiento

Blindaje contra el resplandor

- Las fuentes de luz brillantes pueden causar reflejos y pueden dañar la visión de los objetos. Se evitará, por ejemplo, protegiendo adecuadamente las lámparas y las luces del techo, o sombreando adecuadamente la luz del día a través de las ventanas.

Luminancia de la lámpara $\mathrm{kcd/m^{-2}}$	**Ángulo de blindaje mínimo α**
20 a < 50	15°
50 a < 500	20°
≥ 500	30°



6. Deslumbramiento
Control de deslumbramiento

El deslumbramiento se puede evitar por:

- Sin transiciones/contraste nítidos en el sistema de iluminación
- Control de la luz desde ventanas, por ejemplo con persianas o cortinas delgadas
- Adecuar el edificio con escudos fijos para altas temperaturas
- Control manual de los protectores de ventana, muchas personas quieren ver la luz del sol en un día de invierno.
- Instalación de acristalamiento reflectante o absorbente en ventanas. Se debe evitar el vidrio coloreado porque reduce la luz.
- Los techos, paneles y paredes brillantes pueden proporcionar una buena distribución de la luz.
- Uso de luz suave y difusa en salas con pantallas de datos y con luz dirigida a aquello con lo que trabajas.
- Uso de fuentes de luz más grandes con menos concentración de luz
- Uso parcial de up-lighting
- Uso de difusores y rejillas en luminarias
- Proteja las lámparas de los ojos de ángulos de vision normales.

PREMIUM LIGHT PRO
Funded by the European Union

7. Parpadeo

El parpadeo se define como variaciones en la luminancia (brillo) a lo largo del tiempo, y generalmente se refiere al parpadeo directo de la superficie de una fuente de luz.

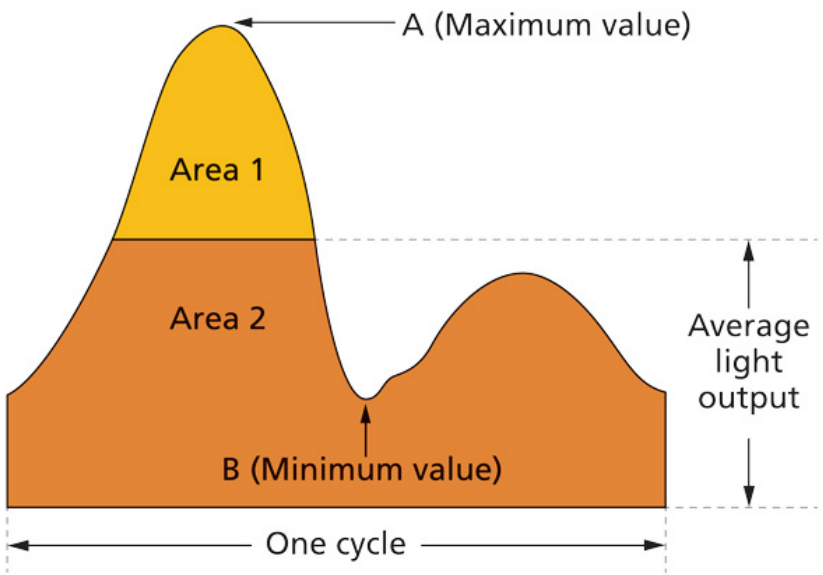
- El parpadeo normalmente trae a la mente un parpadeo, destello o estroboscopio visiblemente perceptivo. Esto es cierto cuando la frecuencia del parpadeo es inferior a 90 HZ.
- Por encima de esta frecuencia de percepción visual y hasta 2000 Hz, el parpadeo no visible aún puede tener efectos sobre la fisiología y la cognición.
- Otras definiciones que rodean lo que se describe como variaciones en la luminancia a lo largo del tiempo pueden ser:
    - True Light Source Glare
    - Efectos estroboscópicos
    - Artefactos de iluminación temporal

7. Parpadeo

Cuantificando parpadeo

- El parpadeo depende del brillo cambiante, y no del tipo de fuente de luz. Todas las fuentes de luz pueden parpadear, y la mayoría de los productos modernos tienen la capacidad de eliminar el parpadeo.

El porcentaje de deslumbramiento es una métrica definida por IES, basada en el cambio relativo en la modulación de la luz. No tiene en cuenta la frecuencia ni la forma de onda.
Porcentaje de deslumbramiento$o = 100 \times \frac{A-B}{A+B}$



Parpadeo Index is es una métrica definida por IES, considera la forma de onda indirectamente y se basa en las áreas superiores e inferiores a la salida de luz promedio, pero también es independiente de la frecuencia

$$\text{Parpadeo Index} = \frac{\text{Área 1}}{\text{Área 2}}$$

7. Parpadeo

Por qué las fuentes de luz producen Parpadeo

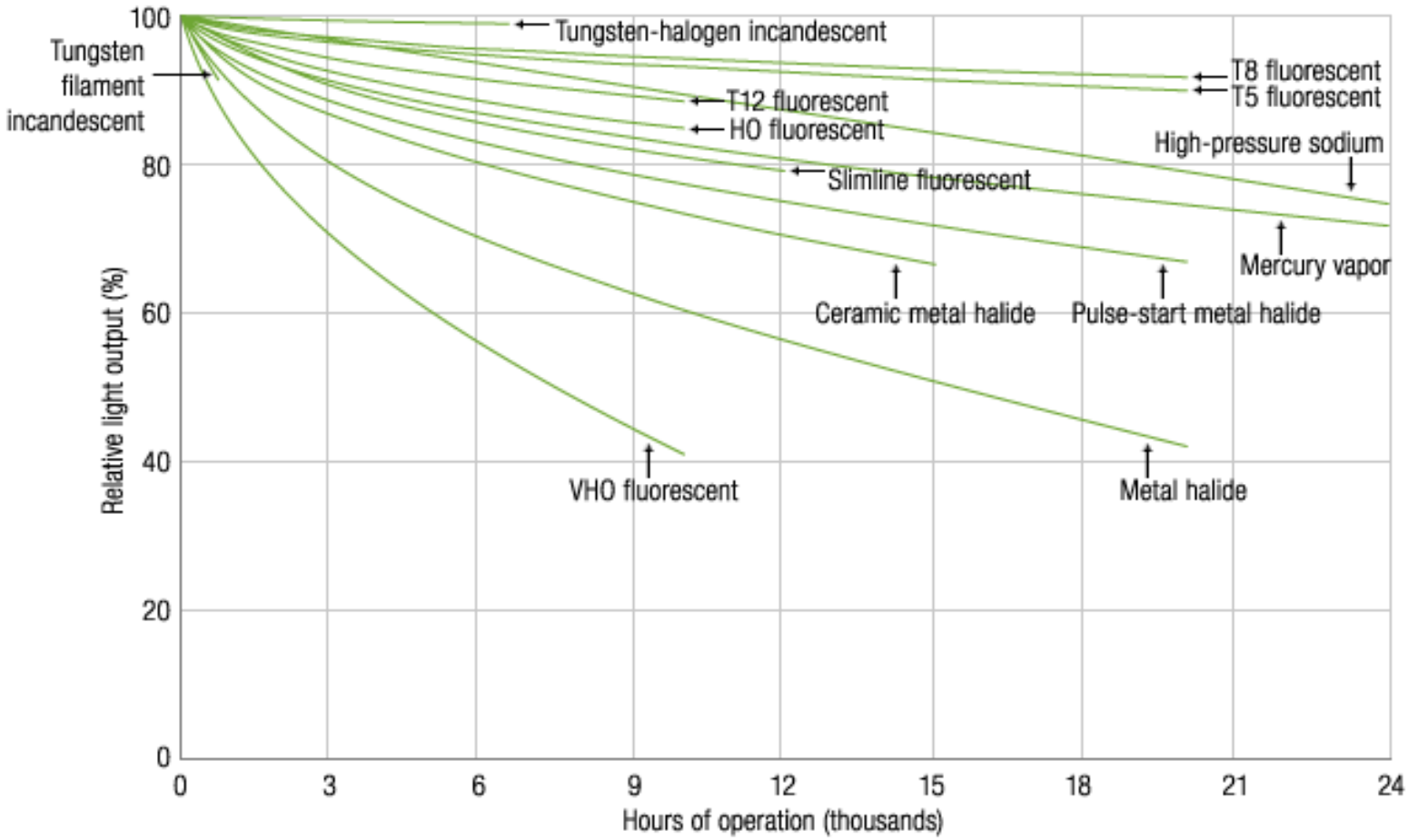
- Fluctuación en la fuente de energía de una luz.
- Red de CA;
- Balastos magnéticos y electrónicos
- Dimming sources

IEA SSL recomienda requisitos de parpadeo

f: Frecuencia del parpadeo (Hz)	FM: Máximo de modulación de parpadeo(%)
f ≤ 90Hz	FM ≤ (0,025 x f)
90 ≤ 1250Hz	FM ≤ (0,08 x f)
f > 1250Hz	Sin requisitos de FM

Tipo de lámpara	Parpadeo factor
LED atenuado al 50%	99%
Lastre magnético de haluro de metal	40 - 70%
Lastre magnético fluorescente	30 - 60%
Balastro electrónico fluorescente	0 - 12 %
Incandescente	0 - 10%
lastre electrónico de haluro de metal	1 - 3%
Luz de sol	0%

8. Depreciación del lumen



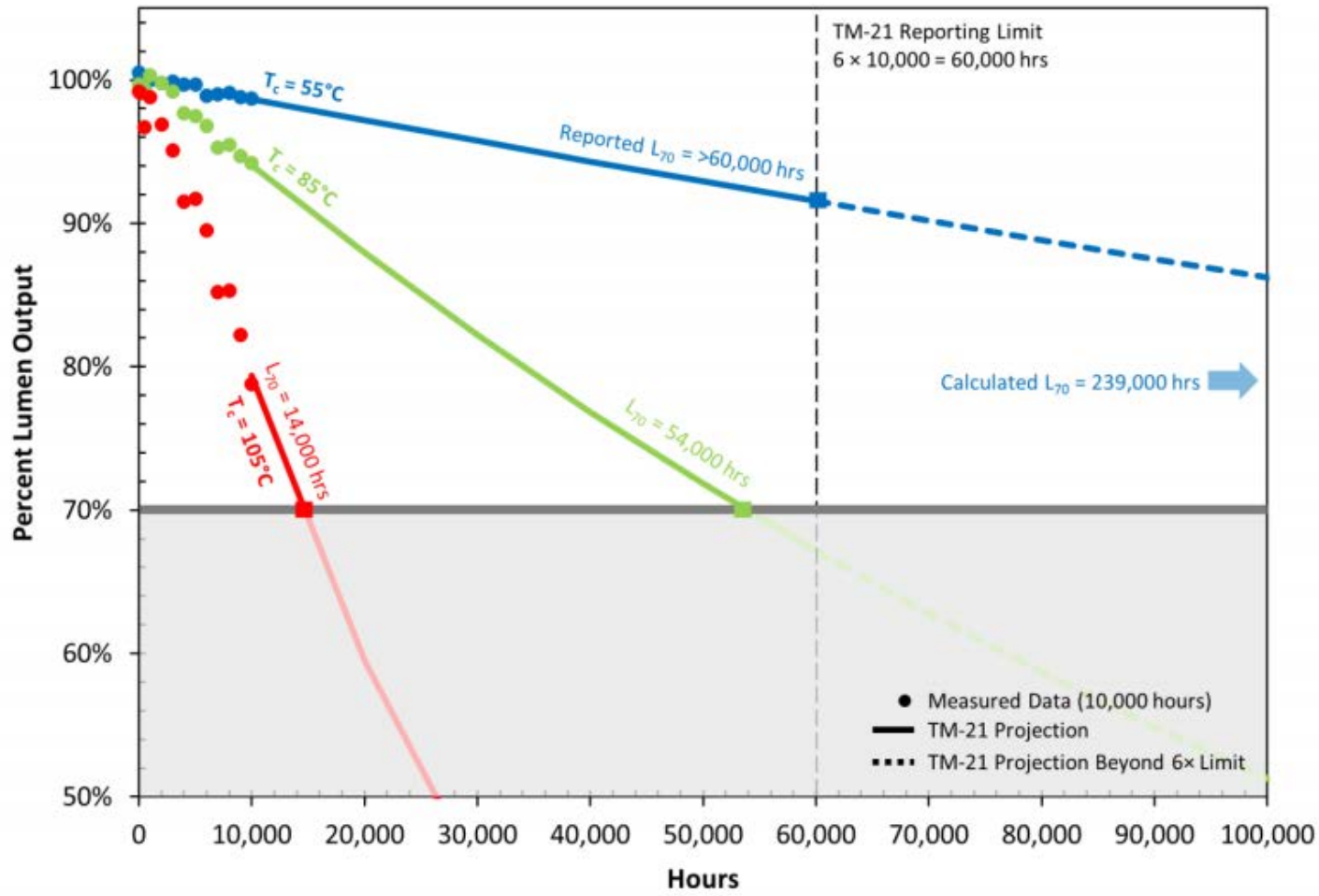
Notes: HO = high output; VHO = very high output.

© E Source; data from National Lighting Bureau

8. Depreciación del lumen

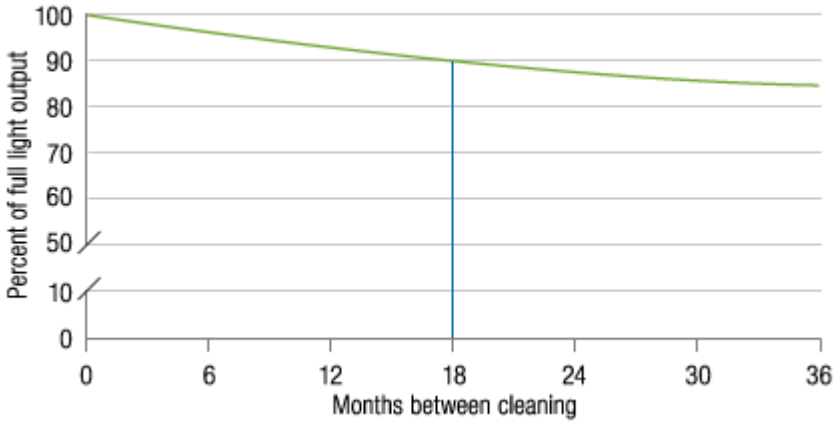
Fuentes de LED

- La depreciación del lumen para los paquetes LED se ve afectada por las condiciones de operación y varía sustancialmente entre los diferentes productos:
  - Temperatura de union;
  - Temperaturas extremas;
  - humedad;
  - fluctuaciones de tensión y corriente;



8. Depreciación del lumen

Acumulación de suciedad



- La depreciación de la producción de luz debida a la acumulación de suciedad depende tanto de la frecuencia de limpieza como de la limpieza del medio ambiente.

- RP-36-03 describe un proceso para calcular los factores de depreciación de suciedad de la luminaria (LDD), que dependen del tipo de accesorio en uso, cuán limpio es el ambiente y el tiempo transcurrido desde la última limpieza.

	LDD factors	
	18 months since last cleaning	36 months since last cleaning
Fixture: open, unventilated, direct Environment: clean	0.92	0.89
Fixture: open, unventilated, indirect Environment: moderate	0.76	0.67
Fixture: other types, semi-indirect Environment: dirty	0.65	0.48

© E Source; data from RP-36-03

9. Método de diseño del lumen

- El método del lumen se basa en cálculos de iluminación fundamentales. La fórmula es fácil de aplicar de la siguiente forma, pero para proyectos complejos se necesita una herramienta de *software*:

$$\boldsymbol{E = \frac{n \times F \times N \times UF \times LLF}{A}}$$

E = iluminación horizontal promedio en el plano de trabajo en Lux.
n = número de lámparas en cada luminaria
F = Diseño de iluminación de la lámpara lúmenes
N = Número de luminarias
UF = factor de utilización para el plano de trabajo horizontal
LLF = factor de mantenimiento
A = Área del plano de trabajo en metros cuadrados (m^2)

9. Método de diseño del lumen

- **Factor de Mantenimiento (FM)** importante en la fase de planificación de instalaciones de iluminación;

- FM expresa la reducción habitual de la luminosidad durante la vida útil de un sistema de iluminación;

- FM es el producto de otros cuatro factores:
  - **FM = FMLL x FSL x FML x FMH**
  - FMLL = factor de mantenimiento de la luz de la lámpara;
  - FSL = factor de supervivencia de la lámpara;
  - FML = factor de mantenimiento de la luminaria;
  - FMH = factor de mantenimiento en una habitación

9. Método de diseño del lumen

- El **factor de mantenimiento de la luz de la lámpara (FMLL)** es la proporción de la salida de luz inicial de una lámpara producida después de un tiempo establecido, en relación con la luz producida cuando es nueva;

- Hace que pueda haber una disminución de la salida del lumen de una lámpara con el tiempo. Su valor se puede determinar de dos maneras:
  - (a) consultando el catálogo de un fabricante de lámparas para una tabla de depreciación del lumen, y
    (b) en una instalación en funcionamiento, dividiendo los lúmenes en el momento por las lámparas en él momento de instalación.

9. Método de diseño del lumen

- El **factor de supervivencia de la lámpara (FSL)** tiene en cuenta la variación de la vida útil de las lámparas individuales con respecto a la vida media de las lámparas;
- El FSL depende de la vida útil de la lámpara;
- Aquí se deben tener en cuenta los últimos datos proporcionados por los fabricantes de lámparas;
- Si las lámparas defectuosas se reemplazan de inmediato, el factor de supervivencia de la lámpara que se aplica es FSL= 1;
- El plan de mantenimiento para una instalación de iluminación también debe especificar la frecuencia óptima de reemplazo de la lámpara. Esto depende del grado de uso de la lámpara y se determina analizando el período de iluminación y la vida útil media de las lámparas específicas.

9. Método de diseño del lumen

- **El factor de mantenimiento de la luminaria (FML**) es la proporción de la salida de luz inicial de una luminaria después de un tiempo establecido, a la salida de luz inicial de una lámpara después de un tiempo establecido;
- Se debe sobre todo a la acumulación de suciedad en la luminaria. Deben considerarse tres factores en su determinación:
  - (a) el tipo de luminaria,
  - (b) condiciones ambientales (por ejemplo, ambientes polvorientos), y
  - (c) interval de mantenimiento.

9. Método de diseño del lumen

- **El factor de mantenimiento de la habitación (FMH**) es la proporción de la iluminación que una instalación de iluminación nos da en una habitación después de un tiempo establecido en comparación con la que nos dio cuando la habitación estaba limpia;

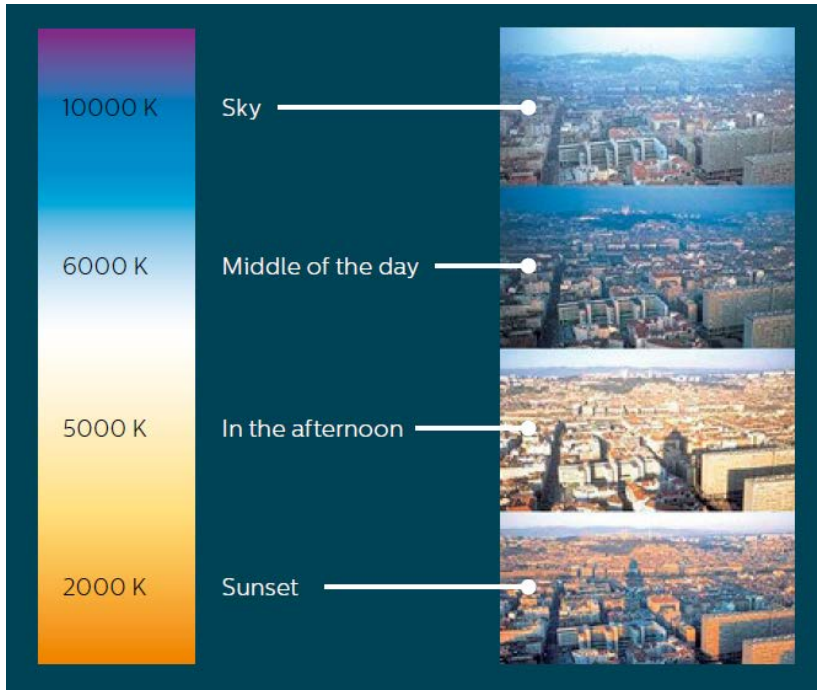
- Hay que tener en cuenta que la suciedad se acumula en la superficie de la habitación y reduce la reflectancia de la superficie;

- Limpiar las habitaciones a intervalos regulares o pintar de manera que tengan un alto coeficiente de reflexión durante un período prolongado, es la base de un factor de mantenimiento de la superficie de la habitación elevada;

- Si una pared está sucia, no puede reflejar tanta luz como cuando estaba limpia, por lo que se reduce el nivel de luz general en el espacio.

10. Reproducción cromática

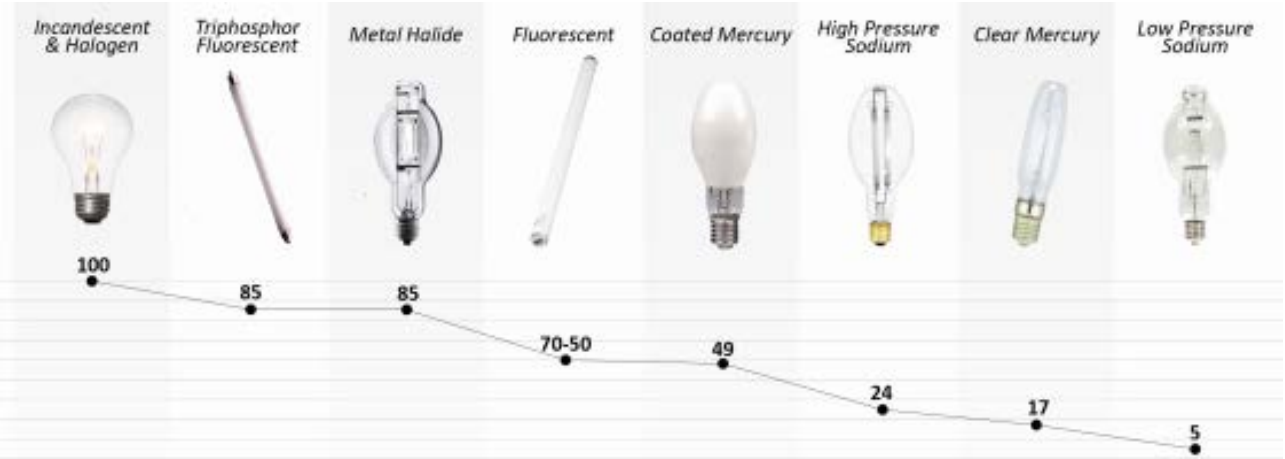
La reproducción cromática define la capacidad de una fuente de luz blanca para representar con precisión los colores del objeto. Se expresa mediante el índice general de reproducción de color (CRI, por sus siglas en inglés) con valores de 0 a 100, donde 100 es la reproducción del color de la luz del día y la mejor.



10. Reproducción cromática

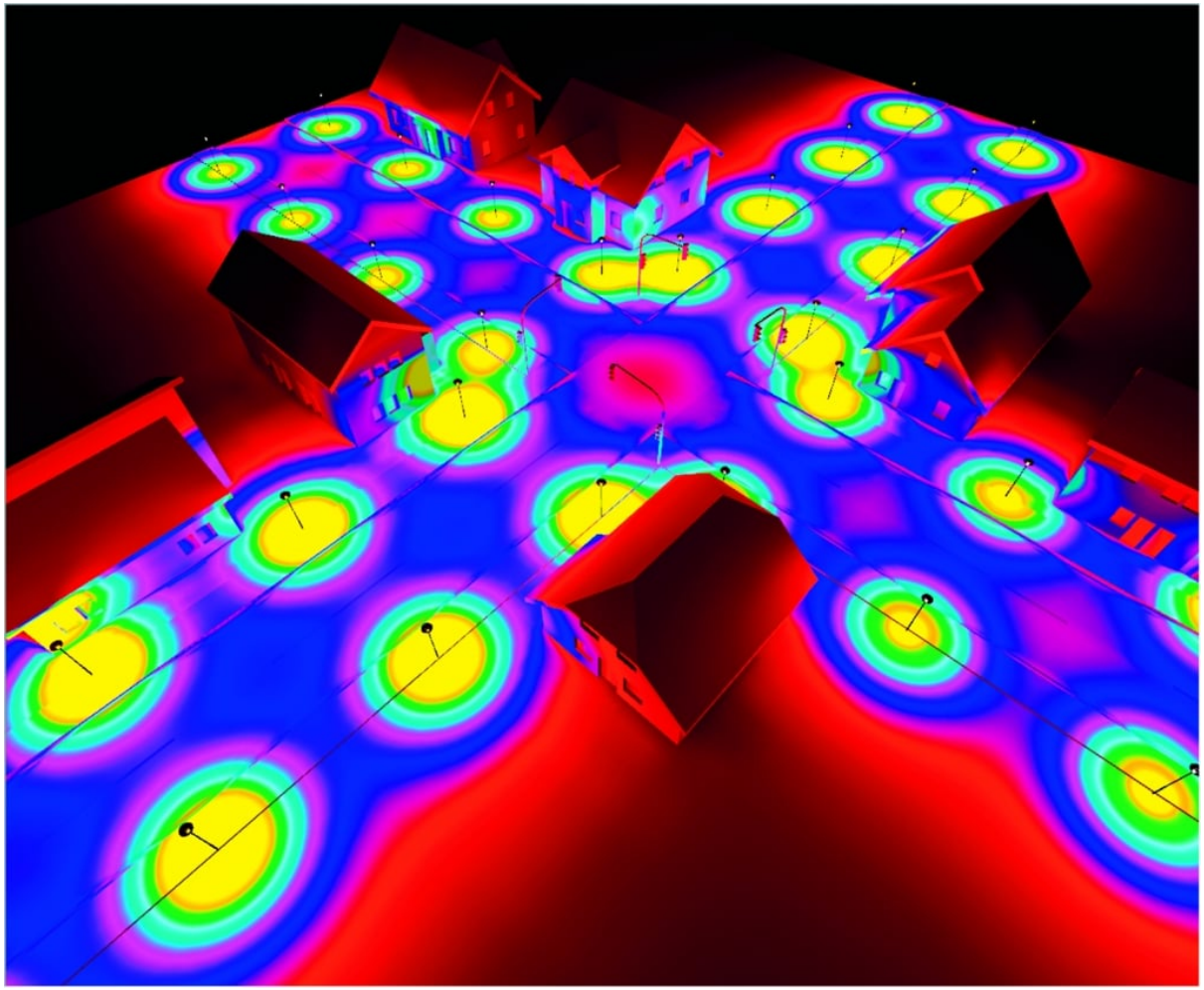
Índice general de reproducción cromática, R_a

R_a distancia	Reproducción cromática
90 - 100	Excelente
80 - 90	Bueno
60 - 80	Moderado
< 60	Malo



- El CRI fue definido por CIE como el promedio de los índices de reproducción cromática para ocho colores de prueba con baja saturación cromática.
- La investigación de EE. UU. Informa que CRI es menos adecuado para el espectro de lámparas LED debido a su falta de sensibilidad a los colores saturados.
- CIE también recomienda el desarrollo de una nueva métrica de reproducción de color para que coincida con las fuentes de luz LED blancas.

Herramientas de *software*



11. Herramientas de *software*

- Los diseñadores de iluminación utilizan el *software* como herramienta de diseño para complementar y contribuir al proceso de diseño, para cualquier cosa: desde cálculos complejos hasta representaciones de presentación;

- Hay disponibles potentes herramientas de *software* gratuitas para el diseño de iluminación, ya con bases de datos completas de varias características técnicas detalladas de fuentes de luz de diferentes fabricantes;

- Estas herramientas de *software* pueden realizar cálculos complejos, ayudar en el análisis del espacio o incluso proporcionar al cliente una representación fotorrealista del espacio que se iluminará.

11. Herramientas de *software*

- Las herramientas de *software* de iluminación dependen de dos componentes importantes para producir cálculos precisos:
  - las fuentes de luz seleccionadas;
  - las superficies permitidas dentro del modelo.

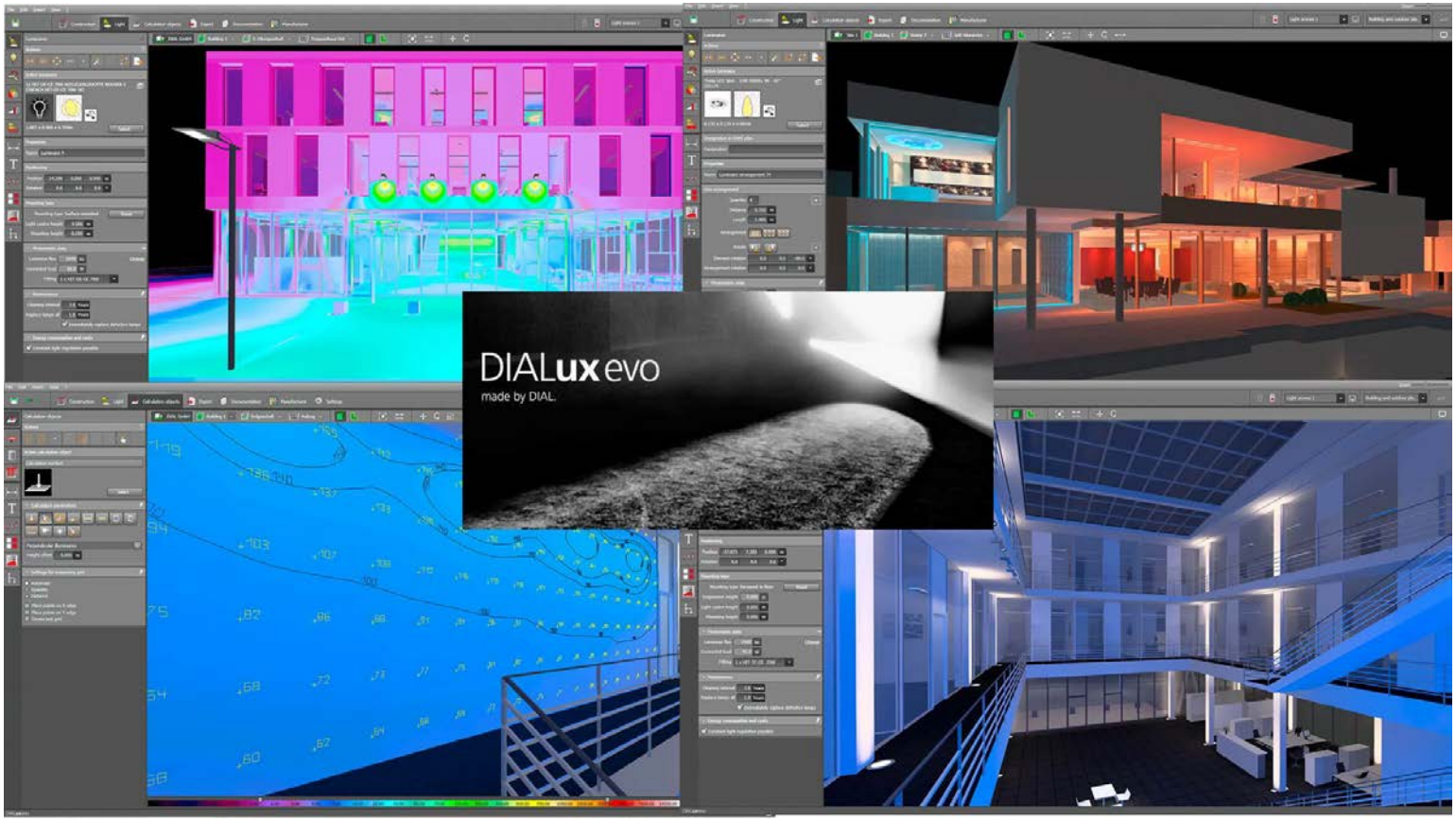
- El uso del *software* disponible suele ser uno o ambos de estos dos métodos de cálculo:
  - Radiosity => divide cada superficie en pedazos pequeños, llamados parches;
  - Raytracing => proceso de cálculo de iluminación de punto específico.

11. Herramientas de *software*

- El *software* de iluminación calcula la iluminancia (la cantidad de flujo luminoso por unidad de área) y la luminancia (la intensidad de la luz emitida desde una superficie por unidad de área en una dirección dada) de las superficies y las disposiciones para exportar los datos de cálculo de iluminación;
- Algunos de los principales paquetes de *software* de cálculo que más se usan en las oficinas de diseño de iluminación en todo el mundo incluyen:
  - DIALux (https://www.dial.de/en/dialux/)
  - Relux (https://relux.com/en/)
  - Radiance (https://www.radiance-online.org/)
  - AGI32 (http://www.agi32.com/)

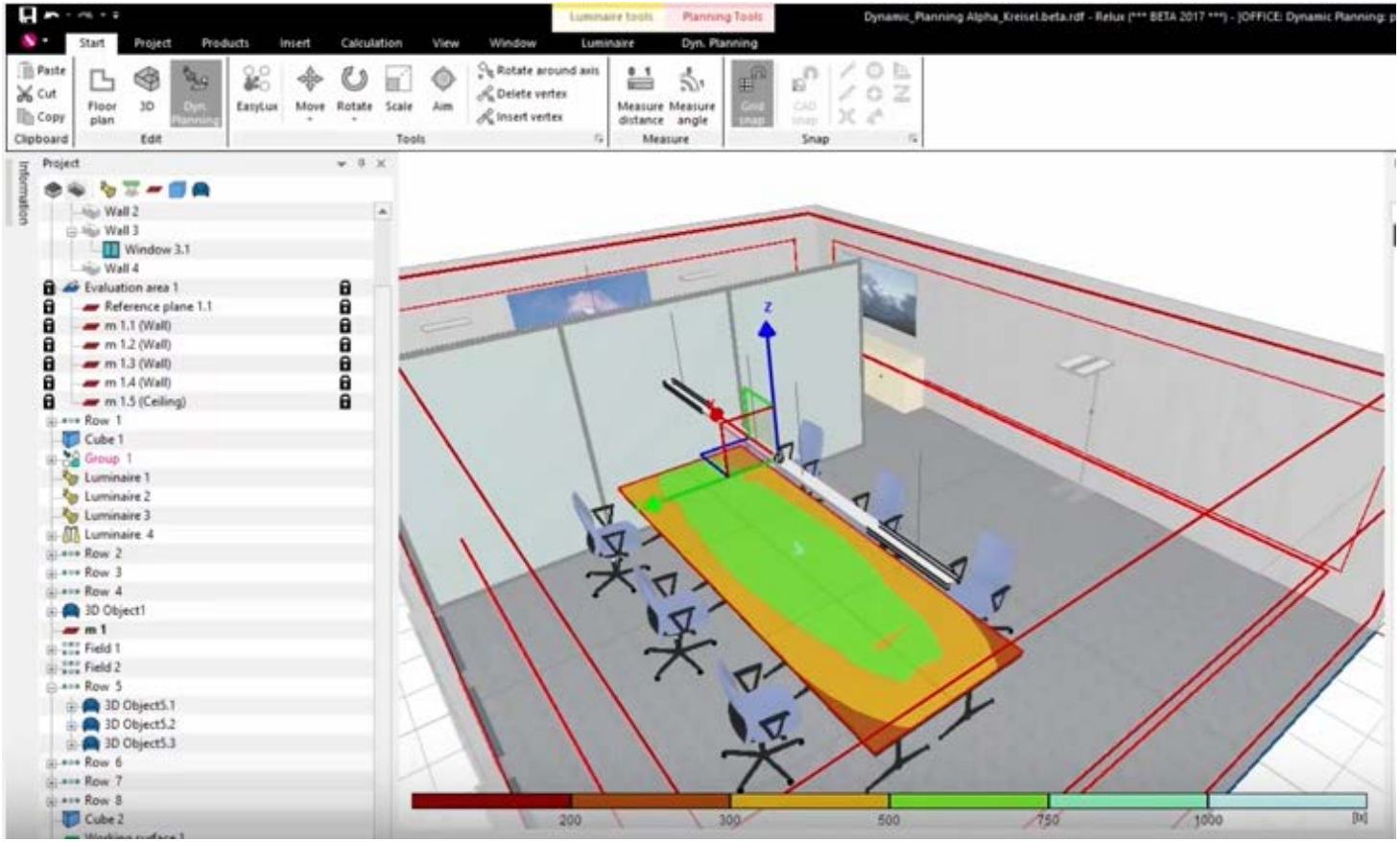
Herramientas de *software*

- DIALux



11. Herramientas de *software*

- Relux



Socios de Premium Light Pro

Financiado por la Comisión de la Unión Europea (UE) en el marco del programa Horizonte 2020

Socios de la UE

AUSTRIAN ENERGY AGENCY

ecoserveis

Energy piano

energy saving trust

Fundacja na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii

ISR - University of Coimbra

POLITECNICO DI MILANO

eERG

SEVEn

Socios de Premium Light Pro

Nombre	País	Organización	Email
Bernd Schäppi	Austria	Austrian Energy Agency www.energyagency.at	bernd.schaeppi@energyagency.at
Michal Stasa	República Checa	SEVEn www.svn.cz	michal.stasa@svn.cz
Caspar Kofod	Dinamarca	EnergyPiano	ck@energypiano.dk
Anibal T. De Almeida	Portugal	Institute for Systems and Robotics, University of Coimbra	adealmeida@isr.uc.pt
Stewart Muir	Reino Unido	Energy Saving Trust www.energysavingtrust.org.uk/	Stewart.Muir@est.org.uk
Boris Demrovski	Alemania	CO2ONLINE www.co2online.de	Boris.Demrovski@CO2Online.de
Andrea Roscetti	Italia	Politecnico Milano http://www.energia.polimi.it/index.php	andrea.roscetti@polimi.it
Aniol Esquerra	España	Ecoserveis www.ecoserveis.net	aniol@ecoserveis.net
Łukasz Rajek	Polonia	FEWE The Polish Foundation for Energy Efficiency www.fewe.pl	l.rajek@fewe.pl

Muchas grácias!

Contacto: premiumlightpro@ecoserveis.net

Funded by the European Union