



ILUMINACIÓN EN EL PUESTO DE TRABAJO

DOCUMENTOS DIVULGATIVOS



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EMPLEO
Y SEGURIDAD SOCIAL



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO

Título:

Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación y acondicionamiento de los puestos

Autor:

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

Elaborado por:

Teresa Alvarez Bayona

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías (INSHT)

Edita:

Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT)

C/ Torrelaguna, 73 - 28027 Madrid

Tel. 91 363 41 00, fax 91 363 43 27

www.insht.es

Composición:

Azcárate & Asocia2

Edición:

Madrid, Diciembre 2015

NIPO (en línea): 272-15-089-8

Hipervínculos:

El INSHT no es responsable ni garantiza la exactitud de la información en los sitios web que no son de su propiedad. Asimismo la inclusión de un hipervínculo no implica aprobación por parte del INSHT del sitio web, del propietario del mismo o de cualquier contenido específico al que aquel redirija

Catálogo general de publicaciones oficiales:

<http://publicacionesoficiales.boe.es>

Catálogo de publicaciones del INSHT:

<http://www.insht.es/catalogopublicaciones/>



ILUMINACIÓN EN EL PUESTO DE TRABAJO

**Criterios para la evaluación ergonómica
y acondicionamiento de los puestos**

ÍNDICE

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	5
2. MAGNITUDES LUMÍNICAS.....	5
2.1. Flujo Luminoso	5
2.2. Intensidad luminosa	6
2.3. Nivel de iluminación	8
2.4. Luminancia	8
2.5. Contraste.....	11
3. ECUACIONES FUNDAMENTALES EN LUMINOTECNIA	12
3.1. Ley de la inversa del cuadrado de la distancia	12
3.2. Ley de la inversa del coseno	13
4. PROPIEDADES ÓPTICAS	14
4.1. Reflexión.....	15
4.2. Refracción	15
4.3. Transmisión	16
4.4. Absorción	16
5. PERCEPCIÓN DEL COLOR	16
6. ILUMINACIÓN NATURAL E ILUMINACIÓN ARTIFICIAL.....	17
7. SISTEMA DE ILUMINACIÓN	18
7.1. Características de las lámparas: elección y tipos	18
7.2. Luminarias: Clasificación y tipos.....	25
7.3. Alumbrado.....	27
8. CRITERIOS DE ILUMINACIÓN INTERIOR: RD 486/1997	30
8.1. Niveles de iluminación y su equilibrio	31
8.2. Luminancias y su equilibrio	33
8.3. Deslumbramientos	36
9. EVALUACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA ILUMINACIÓN. UNA HERRAMIENTA CUALITATIVA.....	39
NORMATIVA LEGAL	41
NORMAS TÉCNICAS	41
BIBLIOGRAFÍA	42

1. INTRODUCCIÓN

La iluminación es una parte fundamental en el acondicionamiento ergonómico de los puestos de trabajo. Si bien, el ser humano tiene una gran capacidad para adaptarse a las diferentes calidades lumínicas, una deficiencia en la misma puede producir un aumento de la fatiga visual, una reducción en el rendimiento, un incremento en los errores y en ocasiones incluso accidentes.

Un adecuado análisis de las características que deben disponer los sistemas de iluminación, la adaptación a las tareas a realizar y las características individuales, son aspectos fundamentales que se deben considerar.

En esta publicación se pretende dar a conocer los conceptos básicos para poder identificar, evaluar y adaptar una iluminación adecuada en función de las exigencias de las tareas.

2. MAGNITUDES LUMÍNICAS

2.1. Flujo Luminoso

Es la cantidad de energía, en forma luminosa, emitida por una fuente (Figura 1). Su unidad es el lumen (Lm) y su símbolo es Φ .



Figura 1. Flujo luminoso.

Una lámpara fluorescente puede emitir unos 4.000 Lm mientras que la luz que entra por la ventana puede oscilar entre 2.000 y 20.000 Lm. Esta magnitud es característica de cada bombilla y, por tanto, es un dato facilitado por los fabricantes.

2.2. Intensidad luminosa

Es el flujo luminoso por unidad de ángulo sólido en una dirección concreta (Figura 2). Su símbolo es I y la unidad en el sistema internacional es la candela (Cd).



Figura 2. Intensidad luminosa.

Por tanto:

$$I = \Phi/w$$

donde:

I es la Intensidad luminosa expresado en candelas.

Φ es el flujo luminoso contenido en el ángulo sólido en lúmenes.

w es el ángulo sólido en estereorradianes.

Angulo Sólido: El ángulo sólido podemos imaginarlo como el espacio contenido dentro de un cono (este sería el caso de un haz de luz). El ángulo sólido se expresa en estereorradianes. Si imaginamos una esfera de un metro de radio y desde su centro trazamos un cono que delimite en su superficie un casquete esférico de un metro cuadrado, el valor del ángulo sólido determinado por dicho cono es igual a un estereorradián.

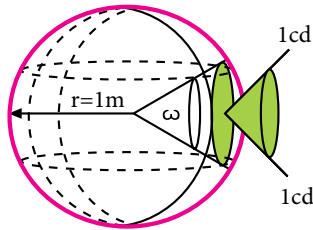


Figura 3. Ángulo sólido.

Es decir: si se observa una fuente de luz, esta va a emitir en muchas direcciones (flujo luminoso). Si el interés se dirige hacia una dirección determinada, se necesitará conocer la intensidad luminosa. La intensidad se utiliza para caracterizar las diferentes luminarias en las distintas direcciones. Se puede expresar gráfica o numéricamente.

Con un goniómetro se puede determinar la intensidad luminosa de una fuente de luz en todas las direcciones del espacio con relación a un eje vertical. Si se representa por medio de vectores la intensidad luminosa (I) de una fuente de luz en las infinitas direcciones del espacio, se obtiene un volumen que representa el valor del flujo total emitido por la fuente, el cual viene definido por la expresión:

$$\theta = \int I \cdot d\omega$$

El sólido que se consigue recibe el nombre de sólido fotométrico (Figura 4).

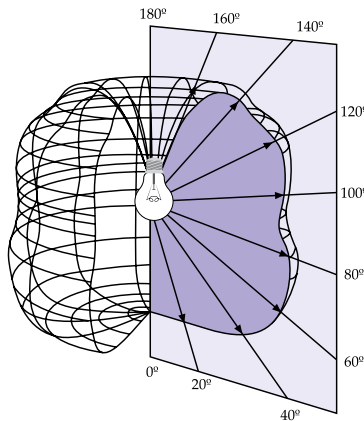


Figura 4. Sólido fotométrico de una lámpara incandescente.

Si se hace pasar un plano por el eje de simetría de la fuente luminosa, por ejemplo, un plano meridional, se obtiene una sección limitada por una curva que se denomina curva fotométrica o curva de distribución luminosa (Figura 5).

Con estas curvas se puede calcular el nivel de iluminación proporcionado por la lámpara en una determinada dirección y a una distancia dada. Para ello se utiliza la denominada “ley de la inversa del cuadrado de la distancia”. Esta ley se describirá más adelante.

2.3. Nivel de iluminación

Se conoce también como iluminancia. Es el cociente del flujo luminoso incidente sobre un elemento de la superficie que contiene el punto por el área de ese elemento (Figura 6). Se representa con el símbolo E y su unidad es el lux ($Lx=Lm.m^{-2}$).

Se expresa mediante la fórmula:

$$E = \Phi/S$$

donde:

E es el nivel de iluminación expresado en luxes.

Φ es el flujo luminoso incidente en una superficie en lúmenes.

S es la superficie en m^2 .

2.4. Luminancia

También se denomina brillo fotométrico. Se define como la intensidad luminosa por unidad de superficie aparente de una fuente de luz primaria (que produce la luz) o secundaria (que refleja la luz, Figura 7).

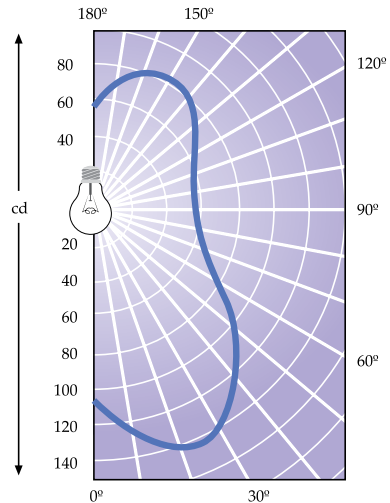


Figura 5. Curva de distribución luminosa.

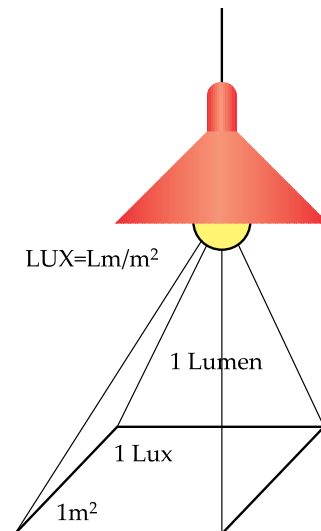


Figura 6. Nivel de iluminación.

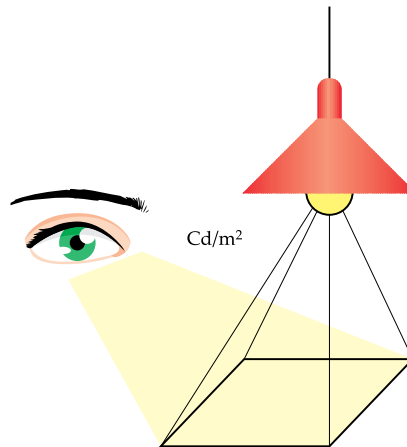


Figura 7. Luminancia.

Superficie aparente: proyección de la superficie real sobre un plano perpendicular a la dirección de la mirada (Figura 8). Así pues, el valor de la superficie aparente será igual al de la superficie real multiplicado por el coseno del ángulo que forma la línea de visión con la perpendicular a dicha superficie real.

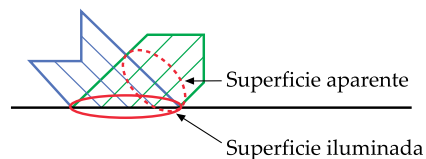


Figura 8. Superficie aparente.

La luminancia de una superficie viene determinada por el flujo luminoso incidente y por el flujo luminoso reflejado. Ambos flujos están relacionados mediante un factor de reflexión característico del material de la superficie. En definitiva, es la magnitud que mide la claridad o el brillo con que vemos los objetos iluminados. Se representa con el símbolo L y su unidad es la candela/m² (cd/m²).

2.4.1. La percepción de luminancias

La luminancia es el parámetro que produce un estímulo visual de luminosidad o brillo de una superficie.

La luminancia de una superficie o fuente luminosa es la intensidad de luz emitida por cada unidad de superficie. En fuentes secundarias, aquellas que reflejan la luz procedente de otra fuente, la luminancia depende de la reflectancia de la superficie y del nivel de iluminación.

El ojo humano tiene la facultad de adaptarse a muy distintos niveles de luminancia. El nivel al que se encuentra adaptado el ojo en un momento dado se conoce como "luminancia de adaptación". El ojo necesita tiempo para adaptarse a un cambio en el nivel de luminancia.

El tiempo de adaptación cuando la luminancia crece es pequeño comparado con el requerido cuando la luminancia disminuye (en este último caso se pueden requerir hasta varios minutos). Durante ese intervalo de tiempo un trabajador puede quedar "cegado" o su capacidad de visión notablemente disminuida. Por esta razón, se recomienda introducir periodos de adaptación antes de comenzar a trabajar en ambientes poco iluminados después de haber permanecido en otro muy iluminado. En cada caso, las curvas de adaptación permitirán estimar la duración de la adaptación necesaria para trabajar en lugares donde exista riesgo de accidente o de pérdidas materiales (Figura 9).

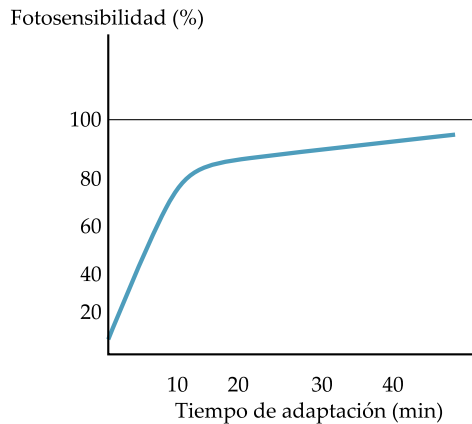


Figura 9. Curva de sensibilidad en función del tiempo de adaptación.

Otro aspecto importante que se debe contemplar es el siguiente: en condiciones normales, un aumento de luminancia conlleva una mejora del rendimiento visual. Esta mejora crece hasta un punto en el que ya no aumenta más aunque siga aumentando la luminancia.

La mejora se manifiesta sobre todo cuando se ejecutan trabajos minuciosos o de poco contraste. Sin embargo, en tareas visuales bien contrastadas y que no pre-

cisan la percepción de detalles finos, el rendimiento visual máximo se consigue con niveles moderados de luminancia.

Para una tarea dada, el aumento de luminancia se puede conseguir incrementando el nivel de iluminación. Este es el fundamento de las tablas de iluminación, donde para cada tarea se estima el nivel mínimo de iluminación necesario para alcanzar el máximo rendimiento visual.

2.5. Contraste

Hay dos tipos de contraste: el contraste relacionado con las luminancias y el contraste de color.

Respecto al contraste de luminancias, la percepción de un objeto estará relacionada con las diferencias de luminancias entre el objeto o el detalle que se esté observando y el fondo.

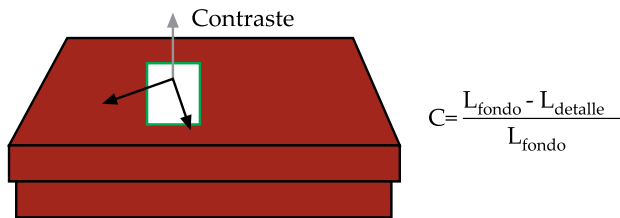


Figura 10. Contraste de luminancias.

Respecto a la percepción del objeto también se debe tener en cuenta el contraste de color. Se puede observar en la Figura 11 cómo en el primer recuadro apenas se puede distinguir el texto, mientras que en el último caso se distingue perfectamente.



Figura 11. Contraste de colores.

2.5.1. La percepción del contraste

La mayor parte de la información visual que recibimos no se debe a la luminancia sino a las variaciones de luminancia que detecta el ojo en el campo visual, es decir, el contraste de luminancias.

La sensibilidad del ojo a la detección del contraste también aumenta con la “luminancia de adaptación”. En general, esta sensibilidad crece hasta llegar a una luminancia media del fondo de unas 100 cd/m². Naturalmente, esta luminancia depende tanto del nivel de iluminación como de la reflectancia de las superficies del entorno.

3. ECUACIONES FUNDAMENTALES EN LUMINOTECNIA

3.1. Ley de la inversa del cuadrado de la distancia

La ley de la inversa del cuadrado consiste en que el nivel de iluminación es proporcional a la intensidad luminosa e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. Esto se produce en una dirección determinada en la que emite una fuente luminosa (Figura 12).

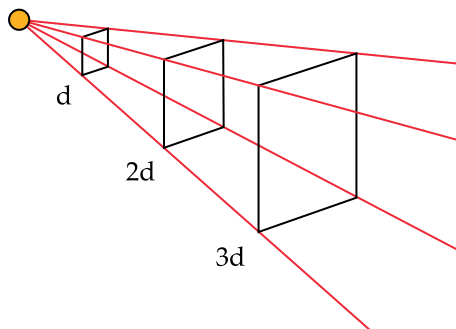


Figura 12. Correspondencia de las superficies de los casques.

La consecuencia es que el nivel de iluminación se reduce a la mitad, pero permanece la misma intensidad luminosa. Por tanto:

$$E = I/d^2$$

donde:

E es el nivel de iluminación expresado en luxes.

I es la Intensidad luminosa expresado en candelas.

d es la distancia en metros.

A modo de ejemplo supongamos una fuente que emita con una intensidad de 500 candelas en una dirección determinada (este dato nos lo podría facilitar el fabricante o instalador):

- A un metro el nivel de iluminación sería: $E = 500 \text{ cd}/12 \text{ m}^2 = 500 \text{ lux}$.
- A 2 metros el nivel de iluminación sería: $E = 500 \text{ cd}/ 22 \text{ m}^2 = 125 \text{ lux}$.
- A 3 metros el nivel de iluminación sería: $E = 500 \text{ cd}/ 32 \text{ m}^2 = 55.6 \text{ lux}$.

3.2. Ley de la inversa del coseno

La ley indicada anteriormente se cumple sólo en el supuesto en el que el haz de luz incida perpendicularmente a la superficie. Si el plano de la superficie forma algún ángulo con respecto al haz luminoso, se debe considerar dicho ángulo. La relación se convierte en:

$$E = I/d^2 (\cos \theta)$$

donde:

E es el nivel de iluminación expresado en luxes.

I es la Intensidad luminosa expresado en candelas.

d es la distancia en metros.

θ es el ángulo formado por el plano de trabajo con el plano perpendicular a la dirección del flujo de luz.

Se puede observar que, si el plano de trabajo y el plano perpendicular a la dirección del flujo coinciden, entonces el coseno de θ es igual a 1, con lo que la fórmula se convierte en la anterior.

En la mayoría de las ocasiones lo que se conoce es la altura de la luminaria (h) y no el ángulo (θ).Entonces la situación es la que se observa en la Figura 13.

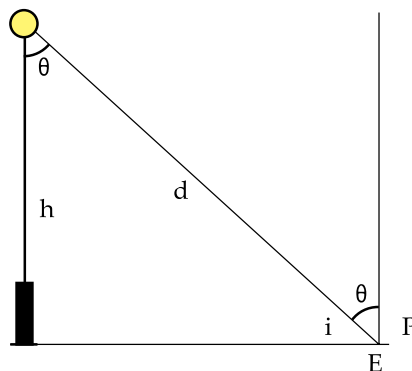


Figura 13. Transformación de la ley del coseno en función de la altura.

Por tanto:

$$E = I/d^2 (\cos \theta)$$

$$d = h/\cos \theta$$

$$E = I \cos^3 \theta / h^2$$

De aquí se deduce que el nivel de iluminación es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y directamente proporcional al cubo del coseno del ángulo de incidencia.

4. PROPIEDADES ÓPTICAS

La luz está relacionada con la emisión de radiación electromagnética, sus propiedades físicas van a ser similares al resto de las radiaciones electromagnéticas, pues forman parte del espectro electromagnético. La diferencia que existe respecto a las radiaciones ultravioleta o infrarrojas, por ejemplo, se debe a la longitud de onda a la que emite una fuente de radiación. En el caso de la luz visible, la longitud de onda a la que emiten estas fuentes se encuentra entre 380 nm y 760 nm. A esas longitudes de onda se produce la sensación visual. Nuestro ojo tiene también la capacidad de distinguir en ese espectro visual las pequeñas diferencias y de esta forma se diferencian los colores (Figura 14).

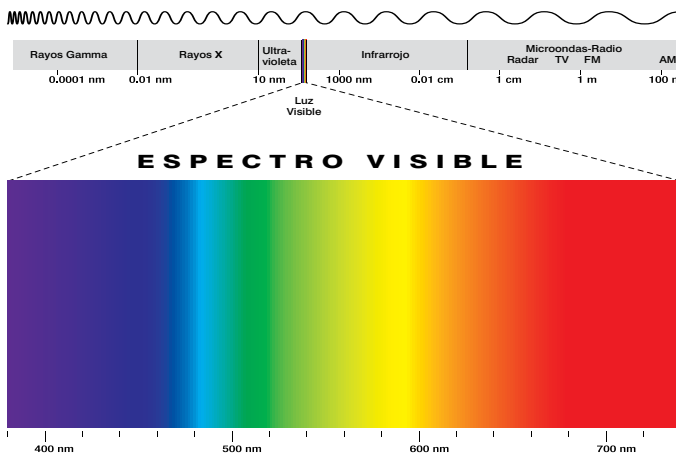


Figura 14. El espectro visible.

Las propiedades ópticas están relacionadas con la característica de la luz al comportarse como una radiación e incidir sobre superficies: la luz puede sufrir reflexiones, refracciones, transmisiones y absorciones.

4.1. Reflexión

La reflexión es la propiedad física que se produce cuando la luz incide en una superficie (ya sea de un sólido, líquido o gas) y refleja un haz de luz siguiendo la ley de la reflexión (Figura 15).

En superficies pulidas o brillantes, como puede ser un espejo, esta reflexión va a ser regular mientras que en superficies mates la reflexión va a ser difusa. Se puede considerar otro tipo de reflexión de la luz mixta, donde parte del haz de luz sigue una reflexión regular y otra parte sigue una reflexión difusa.

Esta propiedad es importante pues, si en el entorno laboral las superficies son brillantes, es más probable que existan problemas de deslumbramientos. Por este motivo se va a recomendar, en líneas generales, que las superficies del mobiliario, paredes, etc. del entorno laboral sean mates.

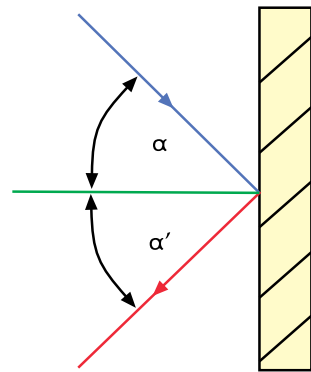


Figura 15. Reflexión.

4.2. Refracción

Se produce una refracción cuando el haz de luz es desviado de la trayectoria al atravesar una superficie que separa dos medios diferentes (Figura 16). En este caso va a seguir la ley de la refracción que consiste en que el producto del índice de refracción del medio 1 por el seno del ángulo de incidencia (α) es igual al producto del índice de refracción del medio 2 por el seno del ángulo de refracción (β), entonces:

el producto del índice de refracción del medio 1 por el seno del ángulo de incidencia (α) es igual al producto del índice de refracción del medio 2 por el seno del ángulo de refracción (β), entonces:

$$n_1 \text{ sen } \alpha = n_2 \text{ sen } \beta$$

donde:

n_1 es el índice de refracción del primer medio.

α es el ángulo de incidencia.

n_2 es el índice de refracción del segundo medio.

β es el ángulo de refracción.

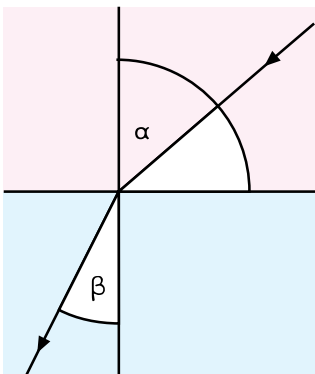


Figura 16. Refracción.

4.3. Transmisión

La transmisión es una doble refracción. El paso de la luz por una ventana con cristal se encontraría en este caso. En primer lugar la luz llega al cristal con un ángulo determinado, el primer medio es el aire. A continuación tiene que atravesar otro medio que es el propio cristal, se produce entonces una primera refracción. La segunda refracción se producirá al pasar del cristal al aire interior. Dependiendo de la característica del cristal, se puede ver cómo se modifica la luz que entre por esa ventana: un cristal traslúcido o labrado va a modificar la dirección del haz de luz que incide sobre él. Dependiendo de las características de los medios la transmisión se clasifica en regular, difusa o mixta.

4.4. Absorción

La absorción es un fenómeno que está muy relacionado con el color.

Al incidir una luz blanca (luz que emite en todas las longitudes de onda del espectro visible) en una superficie, esta va a absorber la luz procedente de unas longitudes de onda y va a transmitir otras. Este fenómeno va a determinar que el ojo humano detecte el color que corresponde a aquellas longitudes de onda que esa superficie haya emitido. No podrá detectar aquellas que se hayan absorbido. Por ejemplo: si, al mirar un objeto iluminado con luz blanca, se ve de un color determinado, por ejemplo rojo, significa que esa superficie ha absorbido todas las longitudes de onda excepto alguna que se encuentre en torno a 627-770 nm, que corresponden al rojo.

La propiedad de absorber energía a unas longitudes de onda determinadas corresponde a la materia, y al ojo le corresponde la percepción de esas longitudes de onda en forma de color.

5. PERCEPCIÓN DEL COLOR

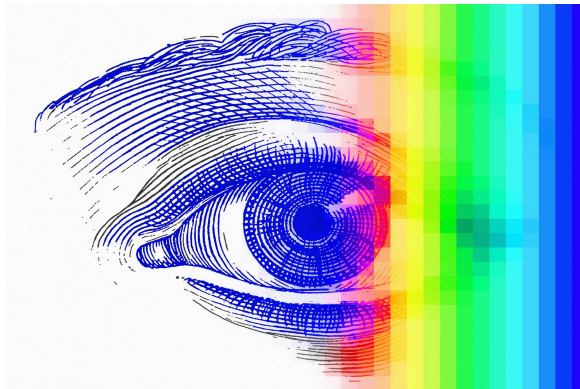


Foto 1: Percepción del color

El color constituye otro parámetro importante de estímulo visual. En la retina existen dos tipos de células fotosensibles: los conos y los bastones. Los bastones permiten la visión con niveles muy bajos de luz (visión escotópica o nocturna) pero no permiten la visión en color. Por el contrario, los conos son menos sensibles que los bastones pero son los responsables de la visión en color (visión fotópica).

El ojo humano es capaz de percibir diferencias extraordinariamente pequeñas de color entre superficies adyacentes (sensibilidad al contraste de color). Pero la capacidad de reconocer colores (memorizados) es reducida. Este es el motivo por el que, en la identificación basada en códigos de color, no se recomienda emplear más de 10 colores distintos.

Para garantizar una buena percepción del color es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- El nivel de luminancia de adaptación debe ser suficientemente elevado, para permitir la “visión fotópica” del ojo, responsable de la visión en color.
- Las lámparas utilizadas deben emitir la luz en un espectro continuo (característico de la emisión del llamado “cuerpo negro” a elevada temperatura).
- La tonalidad de la luz no se debe alejar mucho de la tonalidad de la luz natural.

6. ILUMINACIÓN NATURAL E ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

Cuando se hace referencia a la iluminación se debe considerar tanto la iluminación natural como la iluminación artificial. A la hora de diseñar un área de trabajo siempre se deben considerar ambas.

La luz natural causa menor fatiga visual que la iluminación artificial. Por eso, en la actualidad se han desarrollado técnicas que maximizan el aprovechamiento de la luz natural. Muchos proyectos de centros de trabajo tienen en consideración tragaluzes, ventanales, etc.

Las principales ventajas de la iluminación natural son las siguientes:

- Produce menor cansancio a la vista.
- Permite apreciar los colores tal y como son.
- Es la más económica.
- Psicológicamente un contacto con el exterior a través de una ventana, por ejemplo, produce un aumento del bienestar.
- Salvo en situaciones muy concretas en las que el trabajador se encuentre situado en una determinada posición e incida un haz de luz de forma directa, la iluminación natural suele producir un deslumbramiento tolerable.

No obstante, su principal inconveniente es la gran variabilidad que se produce al cabo del tiempo. No va a ser lo mismo la luz natural de la que se puede disponer un día de invierno nublado, a las 8:00 h de la mañana, que un día de verano soleado a las 12:00 h.

La iluminación artificial se debe usar cuando no se puede emplear la luz natural o, como ocurre en la mayoría de los casos, para complementar la luz natural.

La calidad de la luz artificial será mejor cuanto más próximo esté el espectro de esa luz al que produce el sol.

A la hora de evaluar o adecuar una iluminación artificial en un puesto de trabajo se deben considerar aspectos relacionados con el trabajador, con el tipo de tarea que vaya a desempeñar y los propiamente relacionados con la iluminación. Por un lado, la iluminación se produce gracias a unas lámparas, que son las que van a emitir la luz; esas lámparas se encontrarán colocadas en unas luminarias concretas que modificarán las características de la luz y formarán parte de todo un sistema de iluminación que también modificará las características de la luz conseguida en el local. Todos estos aspectos se deberán considerar, pues un fallo en uno solo hará que la iluminación no sea la adecuada. Si las lámparas no emiten suficiente flujo luminoso, si hay zonas donde no se dispone de luminarias, si la luz no es la adecuada para la tarea del trabajador, sólo uno de estos aspectos será suficiente para que la luz no sea adecuada y se deba rectificar.

A continuación se van a describir las características de las lámparas, de las luminarias y de los sistemas de alumbrado. Por último, se va a indicar qué criterios se deben considerar en un entorno laboral.

7. SISTEMA DE ILUMINACIÓN

Un aspecto imprescindible para la adecuación de la iluminación en los lugares de trabajo es la adecuada elección de la iluminación artificial. Para ello se deben conocer las características y los tipos de lámparas. Las luminarias van a ser los dispositivos donde se van a alojar las lámparas junto con otros componentes como reflectores, lentes, pantallas, difusores, etc. Al conjunto de estas luminarias se le denomina alumbrado.

7.1. Características de las lámparas: elección y tipos

El término “lámpara” se aplica al dispositivo que genera la luz, en la actualidad casi todos son eléctricos (Figura 17). A la hora de seleccionar una lámpara, se deben conocer las exigencias visuales de las tareas que se vayan a realizar. Posteriormente se debe ajustar el tipo de lámparas a esas necesidades.

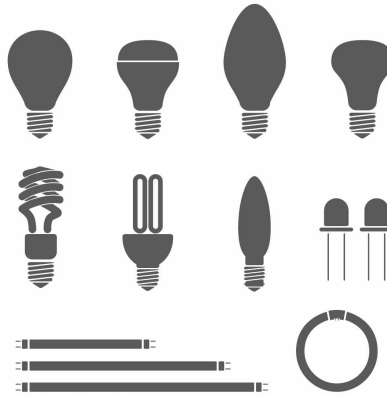


Figura 17. Distintos tipos de lámparas.

Los aspectos que se deben contemplar estarán relacionados con la cantidad y la calidad de la luz que produzca esa lámpara.

La característica luminotécnica relacionada con la cantidad de luz es el flujo luminoso. Se deberá considerar también la dependencia luminosa, que va a representar la pérdida de flujo luminoso a lo largo de su vida útil. Cuanto mayor sea el flujo luminoso, mayor será el nivel de iluminación final en el puesto de trabajo. Pero no es el único aspecto que se debe considerar, hay otros que están relacionados con la calidad de la luz. Para ello se deben conocer otros aspectos de la lámpara como son:

- **Color aparente:** es la apariencia cromática de la luz emitida por esa lámpara. La temperatura de color es una característica que describe el color aparente. Consiste en comparar la temperatura emitida por una lámpara y compararla con la temperatura de un “cuerpo negro” que emita una radiación con un espectro cromático igual al de la luz considerada.

Se clasifica en función del grupo:

Clase de color aparente	Color aparente	Temperatura de color aproximada K	Recomendación
1	Cálido	< 3.300	Locales residenciales
2	Medio	3.300 a 5.300	Lugares de trabajo
3	Frío	>5.300	Niveles de iluminación elevados Ambiente caluroso Tareas particulares

- **Rendimiento de color:** es la capacidad de la luz que emite la lámpara para reproducir fielmente los colores de los objetos iluminados. Se emplea el índice de rendimiento de color (IRC o Ra) para poder objetivar esta propiedad. Es un sistema internacional que se emplea para medir la capacidad de la fuente de luz para reproducir los colores fielmente. La luz del día tiene una Ra = 100, lo que significa que los colores se reproducen fielmente. Cuanto más próximo a 100 emita la lámpara, más reales serán los colores del objeto iluminado.

Las lámparas por tanto se podrán clasificar en función de su índice de rendimiento cromático:

Clase	IRC (Ra)	Clase	IRC (Ra)
1 A	≥ 90	2 B	60 - 69
1 B	80 - 89	3	40 - 59
2 A	70 - 79	4	< 20

Para conocer las características de una lámpara es el fabricante quien las facilita. El ejemplo de la Figura 18 corresponde a una lámpara fluorescente.



Figura 18. Especificaciones de una lámpara.

En este caso, es de 18 W y emite 1300 lm tal y como se indica.

Su índice cromático es de 80-90 y su temperatura de color, de 6.500 K. Esto se deduce de 18W/865, en donde 865 indica: el 8 = 80 de Ra y el 65 = 6500K de temperatura de color. Su Ra es adecuado para interiores y su temperatura de color indica que su color aparente es frío y, por tanto, adecuado para lugares con un nivel de iluminación elevada, ambientes calurosos o para tareas en las que sea necesario, una distinción de colores.

Hay que evitar lámparas con R_a próximo a 100 pero con una temperatura de color baja.

7.1.1. Lámparas incandescentes

En estas lámparas la luz se produce en un filamento calentado hasta la incandescencia por el paso de una corriente eléctrica (Figura 19). Habitualmente el filamento es de tungsteno.

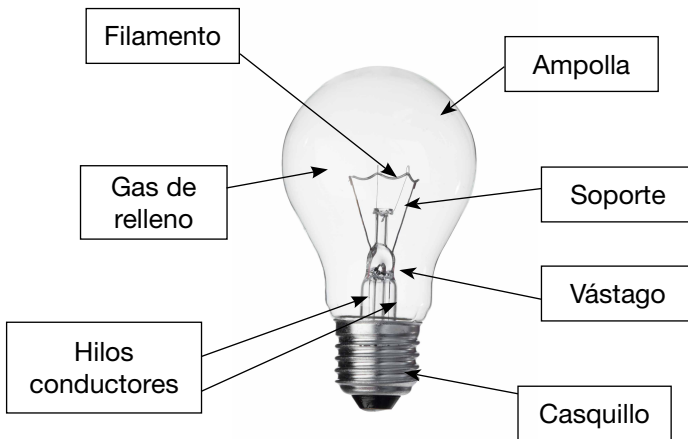


Figura 19. Partes de una bombilla incandescente.

La eficiencia energética es bastante pequeña y tienen una vida media muy limitada. Esta es la razón por la que en la actualidad ya no se fabrican y se están retirando de forma gradual. La retirada de bombillas incandescentes finaliza por completo en el año 2016.

No obstante, estas lámparas tienen la ventaja de emitir luz en un espectro cromático continuo y su capacidad de reproducir los colores es excelente; su rendimiento en color, R_a , es de 100. Por lo que respecta a la temperatura de color, es de unos 2.700 K, que corresponde a un tono de luz cálido.

Las lámparas halógenas son un tipo especial de lámpara incandescente. En estas lámparas se introduce un gas de relleno inerte junto con una pequeña cantidad de yodo, en forma de yoduro, cuyo efecto es retardar el deterioro producido por la evaporación del filamento. Debido a ello, estas lámparas pueden funcionar con temperaturas de filamento más elevadas, lo que proporciona una tonalidad de la luz más blanca y una eficiencia energética más elevada (se pueden obtener en torno a los 35 lúmenes/vatio). También la vida media de la lámpara es mayor que en las estándar.

7.1.2. Lámparas de descarga

Las lámparas de descarga abarcan una serie de lámparas entre las que se encuentran las lámparas fluorescentes.

7.1.2.1. Lámparas fluorescentes

En este tipo de lámparas la luz se genera en la película fluorescente que recubre la pared interior del tubo de vidrio. La fluorescencia de dicho recubrimiento se produce al incidir en él la radiación ultravioleta generada por la descarga eléctrica en el vapor de mercurio que está encerrado en el citado tubo (Figura 20).

En estas lámparas la tonalidad de la luz emitida depende de la composición del material fluorescente que recubre el interior del tubo.

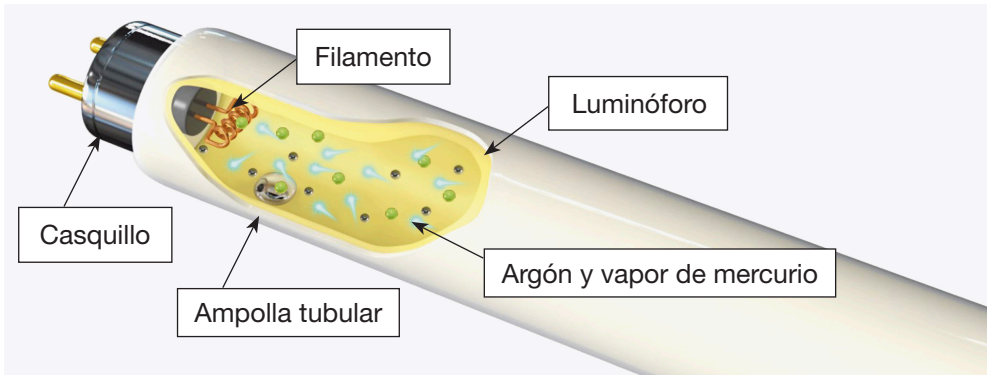


Figura 20. Partes de una lámpara fluorescente.

Las lámparas fluorescentes tienen una eficiencia energética mucho más elevada que las lámparas incandescentes y su vida media también es bastante mayor.

La capacidad de reproducción cromática no es tan grande como en las incandescentes, su rendimiento en color, R_a , suele estar comprendido entre 70 y 90, según el modelo de lámpara. Este rendimiento de color se suele considerar suficiente para la mayoría de los lugares de trabajo. Hay que tener en cuenta que la luz emitida por estas lámparas es una combinación de espectro cromático continuo y espectro cromático discontinuo.

El flujo de luz emitido por las lámparas fluorescentes (como en todas las lámparas de descarga alimentadas con corriente alterna) fluctúa con una frecuencia igual al doble de la frecuencia de la red eléctrica, que es de 50 Hz en Europa. Esto puede dar lugar a parpadeos y efectos estroboscópicos que deben ser atenuados mediante el empleo de montajes compensados o con dispositivos electrónicos auxi-

liares que convierten la corriente eléctrica de 50 Hz en otra de varios miles de Hz. Mediante el empleo de lámparas fluorescentes se pueden diseñar con facilidad sistemas de iluminación homogéneos y con niveles de brillo moderados, que producen poco deslumbramiento.

7.1.2.2. Lámparas de vapor de mercurio

Estas lámparas están constituidas por un pequeño tubo de vidrio de cuarzo dentro del cual se produce una descarga eléctrica en vapor de mercurio con alta presión. Este tubo de cuarzo se coloca en el interior de una ampolla de vidrio de dimensiones bastante mayores. La descarga se inicia mediante un circuito eléctrico auxiliar que posibilita la formación de la descarga normal de trabajo y la emisión de un flujo importante de luz visible. Esta es la razón por la cual dichas lámparas, una vez conectadas, necesitan un cierto tiempo hasta lograr el régimen normal de funcionamiento.

La eficiencia energética de las lámparas de mercurio y su vida media son similares a las de las lámparas fluorescentes, pero se pueden fabricar para potencias más elevadas.

La luz emitida presenta un espectro cromático discontinuo que se traduce en una capacidad limitada para reproducir los colores.

Con el fin de mejorar el rendimiento en color se recubre la ampolla exterior de vidrio con una capa de polvo corrector. En otro tipo de lámparas la ampolla de vidrio contiene un filamento incandescente conectado al tubo de descarga. Estas lámparas, denominadas de luz mezcla, también proporcionan un mayor rendimiento en color.

7.1.2.3. Lámparas de vapor de sodio

A grandes rasgos, el funcionamiento de las lámparas de vapor de sodio es similar al de las lámparas de mercurio, con la diferencia de que en este caso la descarga se produce en el seno del vapor de sodio contenido en una ampolla de vidrio especial resistente al ataque químico de este elemento. Dentro de esta clase de lámparas hay que distinguir dos tipos con características diferentes: de sodio de baja presión y de sodio de alta presión.

Las lámparas de sodio de baja presión son muy eficientes (hasta 200 lúmenes/vatio), pero emiten solamente luz monocromática, es decir, no permiten distinguir los colores. La aplicación de estas lámparas se limita a las actividades donde es necesario iluminar grandes espacios pero no se requiere la apreciación de los colores. Su vida media es de unas 7.000 horas.

Por lo que se refiere a las lámparas de sodio de alta presión, su eficiencia energética no es tan elevada como en las de baja presión (unos 100 lúmenes/vatio), pero el espectro cromático emitido permite una cierta distinción, aunque limitada, de los

colores. Se emplean principalmente en alumbrado de exteriores: áreas industriales, alumbrado público, etc.

7.1.3. LED

LED son las siglas en inglés de “diodo emisor de luz” (*light emitting diode*). La tecnología LED actualmente está cobrando mayor peso pues parece que este tipo de tecnología supera en prestaciones al resto (Figura 21).



Figura 21. Ejemplo de LED.

No es una tecnología nueva: el primer LED se desarrolló en el año 1927, si bien el LED blanco, que es el que se utiliza para el alumbrado, sí es relativamente moderno.

La tecnología LED utiliza diodos (Figura 22). Esos diodos tienen la característica de emitir energía en forma de luz.

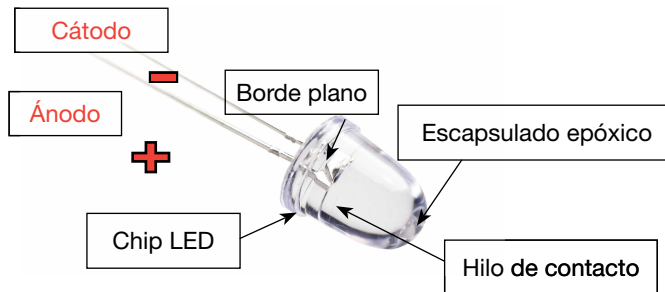


Figura 22. Diodo LED.

Un diodo es un componente electrónico, incluye un chip, que permite el paso de corriente eléctrica en un sentido pero no en el contrario, como un interruptor. La tecnología LED está basada en las características fotoluminiscentes de algunos semiconductores. El paso de corriente por esos compuestos semiconductores produce energía luminosa en una longitud de onda determinada. La combinación de los distintos semiconductores es lo que permite que emitan en diferentes longitudes de onda y se produzca finalmente una luz blanca.

Sus principales ventajas son: rápida respuesta al encendido y apagado, larga duración, robustez mecánica, reducido tamaño, bajo calentamiento y menor mantenimiento en general y, por supuesto, el ahorro energético. Expertos han determinado que el ahorro energético puede oscilar en torno a un 92% respecto a bombillas incandescentes y a un 30% respecto a los fluorescentes.

Su principal problema es el coste de la instalación. Muchas empresas han optado por retirar otro tipo de alumbrado e instalar iluminación LED, esta medida reduce el consumo pero el coste inicial de la inversión no siempre es rentable. Otro posible inconveniente es que cada diodo produce una luz relativamente direccional de tal manera que se pueden producir sombras y desequilibrios en las luminancias. Otro problema que surge con los LED es que en ocasiones puede resultar una luz más fría (temperatura de color).

En la actualidad este tipo de lámparas se encuentra en una fase de implantación tanto en los interiores de empresas como en el alumbrado exterior.

Hay otro tipo de tecnología que se está desarrollando denominada OLED (*Organic light-emitting diode*). Esta tecnología va a facilitar la posibilidad de su uso en la iluminación de espacios amplios. Consiste en el paso de la corriente por unas capas delgadas del material semiconductor orgánico que emiten luz.

7.2. Luminarias: Clasificación y tipos

De acuerdo con la definición dada por la Comisión Internacional de la Iluminación (CEI), las luminarias son “aparatos que distribuyen, filtran o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen todos los accesorios necesarios para su fijación, protección y conexión al circuito de alimentación”. Habitualmente, se incluye dentro de la luminaria el balastro necesario para su funcionamiento.

Lo primero que hay que plantearse, a la hora de seleccionar luminarias, son las características del ambiente del lugar de trabajo donde se vayan a instalar. Un entorno polvoriento, húmedo o con riesgo de explosión requerirá unas características determinadas tanto de luminaria como de toda la instalación.

Mediante los elementos que integran la luminaria es posible distribuir adecuadamente el flujo de luz de las lámparas y determinar la proporción de luz directa o indirecta requerida. De forma análoga, las luminarias permiten ocultar el cuerpo brillante de las lámparas evitando así el deslumbramiento.

Las luminarias también pueden ir equipadas con elementos difusores que dispersan la luz y reducen los reflejos de velo originados en las superficies pulidas de la tarea o del entorno.

Finalmente, a través de los reflectores las luminarias pueden concentrar en un haz más o menos estrecho el flujo luminoso procedente de las lámparas.

Por tanto, mediante la elección adecuada de las luminarias se pueden controlar, en cierta manera, la distribución del flujo luminoso, el grado de deslumbramiento producido por la luminaria, el grado de direccionalidad y difusión de la luz.

Las luminarias pueden ser clasificadas de varias formas. Si consideramos la relación entre el flujo luminoso directo e indirecto; las luminarias pueden emitir la luz de forma: directa, semi-directa, uniforme, directa-indirecta, semi-indirecta e indirecta (Figura 23).

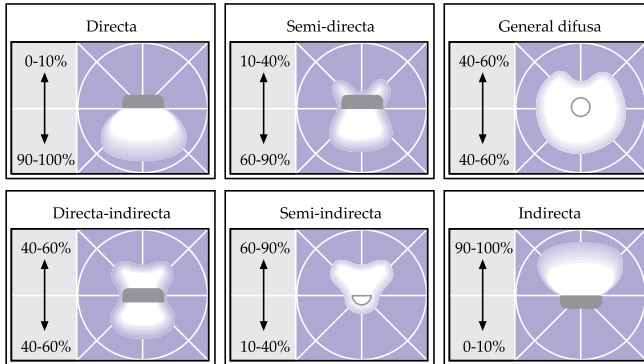


Figura 23. Clasificación en función del flujo luminoso.

Atendiendo a la amplitud del haz luminoso emitido pueden clasificarse en intensivas, semi-intensivas, dispersoras, semi-extensivas, extensivas e hiper-extensivas (Figura 24).

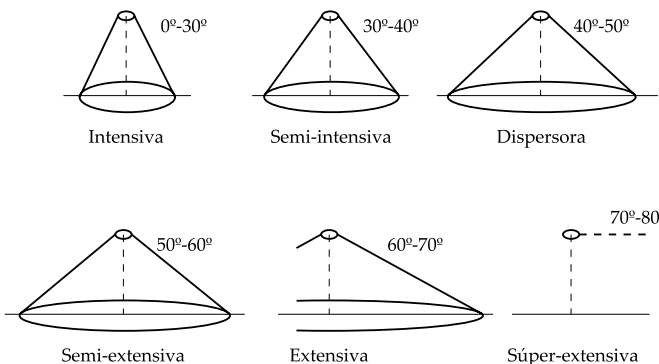


Figura 24. Clasificación en función de la amplitud del haz luminoso.

Un aspecto que también hay que tener en cuenta es el tipo de lámpara que puede contener la luminaria, pues en ocasiones son específicas para un tipo u otro de lámpara.

Finalmente, una vez trazado el perfil básico de la luminaria requerida, es posible elegir entre los diferentes modelos existentes en el mercado atendiendo a otros criterios: el grado de deslumbramiento que provocan, su apariencia estética, etc.

7.3. Alumbrado

La distribución de las luminarias va a ser determinante para un reparto de luz adecuado en función de las características del uso que se realice del local o área. Una colocación errónea de las luminarias puede producir zonas con un nivel de iluminación elevado y zonas oscuras y, lo que puede resultar peor, una diferencia de luminancia elevada.

En ocasiones, cuando, en fase de proyecto de un local, la luminaria o el tipo de ocupación no son parámetros que se contemplen, resultará imprescindible modificar espacialmente los puestos de trabajo para evitar reflejos y deslumbramientos fruto de una mala distribución de las luminarias.

Se habla de alumbrado para referirse de forma general al conjunto de la distribución de las luminarias. El **alumbrado general** proporciona una iluminación uniforme sobre toda el área iluminada. Es un método de iluminación muy extendido. Se consigue distribuyendo las luminarias de forma regular por todo el techo del local.

El **alumbrado general localizado** proporciona una distribución no uniforme de la luz de manera que esta se concentra sobre las áreas de trabajo. El resto del local, formado principalmente por las zonas de paso, se ilumina con una luz más tenue. Se consiguen así importantes ahorros energéticos puesto que la luz se concentra allá donde hace falta. Claro que esto presenta algunos inconvenientes respecto al alumbrado general. En primer lugar, si la diferencia de luminancias entre las zonas de trabajo y las de paso es muy grande, se puede producir deslumbramiento molesto. El otro inconveniente es la rigidez a la hora de colocar los puestos de trabajo. Se puede conseguir este alumbrado concentrando las luminarias sobre las zonas de trabajo.

El **alumbrado localizado** se emplea en caso de necesitar una iluminación suplementaria cerca de la tarea visual para realizar un trabajo concreto. El ejemplo típico son las lámparas de escritorio. Se recurre a este método siempre que el nivel de iluminación requerido sea superior a 1000 lux, haya obstáculos que tapen la luz proveniente del alumbrado general, cuando no sea necesaria permanentemente el aporte extra de luz o para personas con problemas visuales. Un aspecto que se debe cuidar cuando se emplea este método es que la relación entre las luminancias de la tarea visual y el fondo no sea muy elevada pues en caso contrario se podría producir deslumbramiento molesto.

Respecto al alumbrado general, se puede clasificar en función de la distribución espacial del flujo, de tal manera que la iluminación que se consigue es: directa, semi-directa, uniforme, semi-indirecta e indirecta.

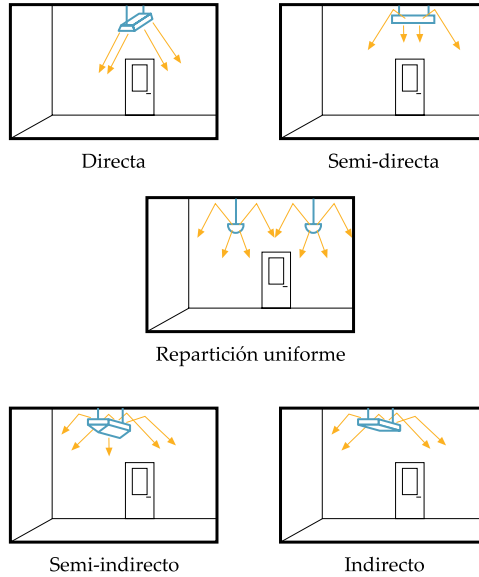


Figura 25. Clasificación en función de la distribución espacial del flujo

Iluminación directa

Con este tipo de iluminación todo el flujo luminoso se dirige directamente a la zona que se desea iluminar. En la práctica no se suele obtener una iluminación totalmente directa, dado que casi siempre existe una componente indirecta procedente de la reflexión de la luz en las paredes y techo de la sala.

La iluminación directa se suele utilizar cuando se requieren altos niveles de iluminación en la zona de trabajo; por ejemplo, con iluminación localizada.

Este sistema resulta económico, pero produce sombras duras y aumenta el riesgo de deslumbramiento. Por otra parte, el sistema de iluminación directa presenta el inconveniente de dejar en sombra los techos y las paredes del local pudiendo originar grandes desequilibrios de luminancia.

Iluminación semi-directa

En este caso la mayor parte del flujo luminoso se dirige hacia la zona que se desea iluminar, pero una pequeña parte se envía hacia el techo o las paredes con el fin de obtener una cierta componente de iluminación indirecta.

Con este sistema las sombras no son tan duras como en el caso de la iluminación directa y se reduce el riesgo de deslumbramiento y el desequilibrio de luminancias en la zona de trabajo con respecto al techo y las paredes.

Un sistema de iluminación directa puede transformarse en un sistema de iluminación semi-directa añadiendo a las luminarias una placa o pantalla difusora de vidrio o plástico.

El sistema de iluminación semi-directa es muy utilizado en locales de oficina y de talleres en general.

Iluminación uniforme

Con este sistema de iluminación el flujo luminoso se distribuye en todas las direcciones de manera que un parte de él llega directamente a la tarea mientras el resto se refleja en el techo y las paredes.

La combinación de luz directa e indirecta que se obtiene produce sombras muy suaves. En general el efecto producido por este sistema de iluminación es agradable, dado que proporciona una distribución armoniosa de luminancias en todo el campo visual. Este tipo de iluminación también está indicado para locales de oficina y otras actividades diversas.

Iluminación semi-indirecta

En este caso solo una pequeña parte del flujo luminoso se dirige directamente hacia abajo, en tanto que la mayor parte del mismo sufre varias reflexiones en el techo y las paredes antes de iluminar cualquier zona.

Con este sistema se obtiene una buena calidad de iluminación, con sombras muy suaves y prácticamente sin riesgo de deslumbramiento. No obstante, el rendimiento obtenido es bajo porque una parte importante del flujo luminoso es absorbido por el techo y las paredes. Esto obliga a que dichas superficies se recubran con pinturas muy claras, que reflejen bien la luz.

En las actividades que requieran una buena percepción de la textura y del relieve de los objetos no es recomendable este tipo de iluminación debido a la ausencia casi total de sombras, necesarias para favorecer la percepción de los objetos en sus tres dimensiones.

Iluminación indirecta

En este tipo de iluminación todo el flujo luminoso se dirige hacia el techo, quedando las luminarias totalmente ocultas. El observador no ve ningún objeto luminoso, únicamente aprecia las áreas iluminadas. Las sombras desaparecen casi por completo y también todo riesgo de deslumbramiento.

Esta forma de iluminación es la que presenta una menor eficiencia energética; su utilización suele quedar reservada a los lugares donde no se requieran niveles relevantes de iluminación pero donde es importante conseguir un ambiente relajante y agradable.

8. CRITERIOS DE ILUMINACIÓN INTERIOR: RD 486/1997

En el artículo 8 y el anexo IV del REAL DECRETO 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, se describen los aspectos mínimos que se deben cumplir en un lugar de trabajo.

El artículo 8 indica: *“La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para poder circular por los mismos y desarrollar en ellos sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud”*.

El anexo IV indica lo siguiente:

ANEXO IV: ILUMINACIÓN EN LOS LUGARES DE TRABAJO

1. La iluminación de cada zona o parte de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella, teniendo en cuenta:

- a) Los riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores dependientes de las condiciones de visibilidad.
- b) Las exigencias visuales de las tareas desarrolladas.

2. Siempre que sea posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá complementarse con una iluminación artificial cuando la primera, por sí sola, no garantice las condiciones de visibilidad adecuadas. En tales casos se utilizará preferentemente la iluminación artificial general, complementada a su vez con una localizada cuando en zonas concretas se requieran niveles de iluminación elevados.

3. Los niveles mínimos de iluminación de los lugares de trabajo serán los establecidos en la siguiente tabla:

ZONA O PARTE DEL LUGAR DE TRABAJO (*)	NIVEL MÍNIMO DE ILUMINACIÓN (Lux)
Zonas donde se ejecuten tareas con:	
• Bajas exigencias visuales	100
• Exigencias visuales moderadas	200
• Exigencias visuales altas	500
• Exigencias visuales muy altas	1000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

(*) El nivel de iluminación de una zona en la que se ejecute una tarea se medirá a la altura donde ésta se realice; en el caso de zonas de uso general a 85 cm. del suelo y en el de las vías de circulación a nivel del suelo.

4. Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias:

- a) En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.
- b) En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de las mismas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil. No obstante lo señalado en los párrafos anteriores, estos límites no serán aplicables en aquellas actividades cuya naturaleza lo impida.

5. La iluminación de los lugares de trabajo deberá cumplir, además, en cuanto a su distribución y otras características, las siguientes condiciones:

- a) La distribución de los niveles de iluminación será lo más uniforme posible.
- b) Se procurará mantener unos niveles y contrastes de luminancia adecuados a las exigencias visuales de la tarea, evitando variaciones bruscas de luminancia dentro de la zona de operación y entre ésta y sus alrededores.
- c) Se evitarán los deslumbramientos directos producidos por la luz solar o por fuentes de luz artificial de alta luminancia. En ningún caso éstas se colocarán sin protección en el campo visual del trabajador.
- d) Se evitarán, asimismo, los deslumbramientos indirectos producidos por superficies reflectantes situadas en la zona de operación o sus proximidades.
- e) No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión visual de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos.

6. Los lugares de trabajo, o parte de los mismos, en los que un fallo del alumbrado normal suponga un riesgo para la seguridad de los trabajadores dispondrán de un alumbrado de emergencia de evacuación y de seguridad.

7. Los sistemas de iluminación utilizados no deben originar riesgos eléctricos, de incendio o de explosión, cumpliendo, a tal efecto, lo dispuesto en la normativa específica vigente.

8.1. Niveles de iluminación y su equilibrio

Cada tarea va a requerir un nivel de iluminación concreto. A la hora de diseñar un puesto de trabajo, se deberá considerar en primer lugar cual es el tipo de tarea que se va a realizar.

El RD 486/1997 indica una serie de niveles mínimos en función de las exigencias visuales de la tarea, pero en ocasiones se desconoce exactamente a qué exigencia visual corresponde la tarea objeto de estudio. Para resolver este problema la Guía Técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de lugares de trabajo describe en su anexo una tabla de iluminación que incluye

tanto zonas como actividades de diversa índole. En la actualidad una tabla similar y actualizada se puede obtener de la norma UNE-EN 12464-1 Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.

En ocasiones, para aumentar el nivel de iluminación en una zona de trabajo se emplea una iluminación localizada. Esta hace referencia a un aporte extra de iluminación, en una zona concreta de trabajo. Esto permite incrementar el nivel de iluminación, pero puede producir una serie de molestias visuales por ese desequilibrio entre los niveles de iluminación. Se debe mantener la siguiente relación entre el alumbrado general (A_g) y el alumbrado localizado (A_l):

$$A_g \geq 3 \sqrt{A_l}$$

En la Guía Técnica, el INSHT recomienda que la relación entre el valor mínimo y el máximo de los niveles de iluminación existentes en el área del puesto donde se realiza la tarea sea superior a 0,8.

En un puesto de trabajo con dos tareas con requerimientos lumínicos distintos, las diferencias entre los niveles de iluminación no debería superar la relación de 0,8.

El nivel de iluminación en los alrededores debe estar en relación con el nivel existente en el área de trabajo. Se recomienda que dichos niveles no difieran en un factor mayor de cinco, por ejemplo: el acceso y los alrededores de una zona de trabajo cuyo nivel de iluminación sea de 500 lux, debería tener una iluminación de, al menos, 100 lux.

8.1.1. Medición de niveles de iluminación

Para medir el nivel de iluminación se emplea un equipo denominado luxómetro (Figura 26). Este equipo dispone de una célula fotoeléctrica con capa barrera basada en el efecto fotoeléctrico, es decir: cuando incide sobre la célula un haz de luz, los electrones son capaces de emitir una señal eléctrica. Esta señal es proporcional al nivel de iluminación. Para que la señal se ajuste adecuadamente debe disponer de una corrección de coseno, así se evitan los errores procedentes del ángulo de incidencia de la luz.

Otro aspecto que se debe considerar es que el luxómetro disponga de un filtro corrector de color, así cambia la sensibilidad de la célula para adaptar su respuesta a la sensibilidad espectral del ojo humano.

Como cualquier equipo de medición, el luxómetro se debe calibrar periódicamente.



Figura 26. Luxómetro.

Las mediciones deben cumplir las siguientes condiciones:

- Se llevarán a acabo a la altura del plano de trabajo y donde se encuentren los elementos de la tarea visual.
- Se deben llevar a cabo con el trabajador en su puesto de trabajo. No se debe producir ninguna sombra añadida. Especial cuidado hay que tener con las sombras que pueda provocar la persona que está realizando las mediciones.
- No se deben llevar objetos, como, por ejemplo, un bolígrafo plateado, que pueda producir reflejos en la fotocélula del equipo. Tampoco es conveniente llevar bata blanca u otro tipo de prenda que pueda reflejar la luz.
- Es conveniente separarse de la fotocélula lo más posible. Es, por tanto, preferible que el luxómetro disponga de una fotocélula independiente del resto del equipo.
- Se deben comprobar las unidades que esté indicando en la pantalla del equipo.
- Se debe encender el luxómetro y esperar un rato hasta que se estabilice la señal; el fabricante dará unas indicaciones al respecto.
- Es conveniente mantener la fotocélula a 25 ° C, pues es sensible a los cambios de temperatura. Por este motivo en ocasiones se aconseja realizar las mediciones lo más rápidamente que sea posible una vez que se ha estabilizado la señal.
- Cuando el área donde se realiza la tarea es pequeña, puede bastar con una sola medición en el centro de la superficie. Para obtener mediciones detalladas en un área de trabajo extensa se puede dividir la superficie en una cuadrícula para localizar las diferentes mediciones.
- El resultado de la medición debe ir acompañado del grado de incertidumbre, por ejemplo: 350 ± 5 lux. Para determinar el grado de incertidumbre del resultado de la medida es necesario conocer el grado de exactitud del equipo y, en su caso, su curva de calibración.

8.2. Luminancias y su equilibrio

La “luminancia de adaptación” del ojo está determinada por la luminancia existente en el campo visual. Las percepciones del contraste, del color y, en general, el rendimiento visual, aumentan con “la luminancia de adaptación”.

Ahora bien, para que el “rendimiento visual” sea efectivo en la ejecución de una tarea es necesario que la “luminancia de adaptación” no sea muy diferente a la luminancia de la tarea, entendiéndose por luminancia de la tarea principalmente la luminancia del fondo sobre el que contrastan los objetos o detalles que se visualizan.

En la práctica, se aplican los siguientes criterios para garantizar el equilibrio de luminancias en el campo visual:

- La luminancia del entorno inmediato a la tarea debe ser inferior a la luminancia de la tarea pero no inferior a 1/3 de la misma (otros autores consideran que el equilibrio de luminancias se logra siempre que la luminancia del entorno inmediato esté comprendida entre 1/3 y 3 veces la luminancia de la tarea).
- La luminancia del entorno alejado debe estar comprendida entre 1/10 y 10 veces la luminancia de la tarea.

El control de luminancias en el campo visual

Para garantizar un adecuado equilibrio de luminancias en el puesto de trabajo es importante controlar los valores de luminancia del techo y de las paredes. En general, para el diseño del alumbrado en interiores se emplea la tabla de luminancias que aparece en la Figura 27.

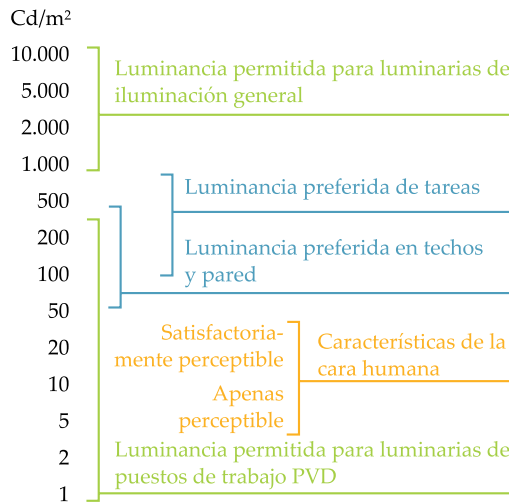


Figura 27. Escala de luminancias.

Luminancia de los techos y paredes del local

La luminancia recomendada para el techo de un local depende principalmente de la luminancia de las luminarias (Figura 28). Se puede observar que, cuando la luminancia de la luminaria alcanza 120 cd/m², el techo debería tener el mismo valor. Los valores de luminancia requeridos para el techo difícilmente se pueden conseguir mediante el empleo exclusivo de luminarias empotradas porque con ellas el techo sólo estaría iluminado por la luz reflejada en el suelo y las paredes (salvo en las horas en que se disponga de luz natural).

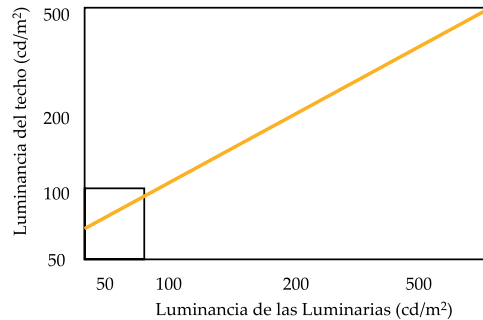


Figura 28. Relación de luminancias entre las paredes y las luminarias.

Por lo que se refiere a las luminancias recomendadas para las paredes, su valor óptimo se puede considerar casi independiente de la luminancia de los objetos existentes en el local. El valor óptimo se sitúa en unas 100 cd/m^2 cuando el nivel de iluminación está comprendido entre 500 y 2.000 lux.

La luminancia de las paredes depende de dos cosas: de la reflectancia de recubrimiento y del nivel de iluminación. Los valores adecuados de luminancia en las paredes se pueden obtener con reflectancias comprendidas entre 0,5 y 0,8 para instalaciones de 500 lux y con reflectancias comprendidas entre 0,4 y 0,6 para instalaciones de 1.000 lux.

8.2.1. Medición de la luminancia



Figura 29. Luminancímetro.

El equipo que se emplea para medir la luminancia es el luminancímetro (Figura 29). Este equipo dispone de un tubo fotoeléctrico como elemento sensible a la luz.

El equipo se dirige hacia la superficie que va a medirse y produce una corriente proporcional al brillo fotométrico.

Dependiendo del tipo de tarea que se realice, el grado de apertura angular será uno u otro. En tareas de mucha precisión y que conlleven detalles finos, los ángulos de apertura serán pequeños; en el caso de que se deseen medir luminancias medias de un área se debe disponer de un adaptador de ángulo ancho.

Como en el caso anterior, se deben realizar las mediciones en situaciones reales. En este caso el equipo medidor se colocará a la altura de los ojos y se dirigirá hacia la superficie o fuente que se esté considerando.

Al igual que en el caso anterior, el luminancímetro se debe calibrar y se debe expresar el grado de incertidumbre en el resultado final de la medición.

8.3. Deslumbramientos

El deslumbramiento se produce fundamentalmente si la incidencia de los rayos luminosos es horizontal o próxima a la horizontal. Las luminarias deben disponer de sistemas que eviten esta situación.

El deslumbramiento es uno de los factores importantes del entorno que puede perturbar la percepción y el rendimiento visual. En general, se puede producir deslumbramiento cuando:

- La luminancia de los objetos del entorno (principalmente luminarias y ventanas) es excesiva en relación con la luminancia general existente en el entorno (deslumbramiento directo).
- Cuando las fuentes de luz se reflejan en superficies pulidas (deslumbramiento por reflejos).

Ahora bien, en cualquiera de los dos casos, el deslumbramiento puede revestir dos formas distintas, aunque habitualmente se presentan juntas:

- El deslumbramiento perturbador: el efecto es reducir la percepción del contraste y, por tanto, el rendimiento visual (sin que ello provoque necesariamente discomfort).
- El deslumbramiento molesto: su efecto es producir una situación de discomfort visual (sin que ello reduzca necesariamente la percepción de contrastes).

8.3.1. Deslumbramiento perturbador

Tiene lugar habitualmente cuando una fuente de alta luminancia se percibe en las proximidades de la línea de visión. (Pequeñas fuentes de muy alta luminancia o fuentes extensas de relativamente alta luminancia). Existen dos efectos que causan este tipo de deslumbramiento: el efecto de adaptación y el efecto de velo.

Mecanismo de adaptación: se produce cuando dos objetos con luminancias diferentes se encuentran en el campo de visión. El ojo se debe adaptar a esas lumi-

nancias y va a ser difícil entonces percibir el contraste de los objetos. (Un ejemplo lo constituye la dificultad de leer un cartel situado junto a una ventana).

Mecanismo de velo: se debe a la dispersión de la luz en la córnea, el cristalino y demás medios intraoculares. La luz dispersa se proyecta sobre la retina de manera uniforme (como un velo de luz) reduciendo la sensibilidad al contraste. Este efecto suele aumentar con la edad.

8.3.2. Deslumbramiento molesto

El deslumbramiento molesto se experimenta como una sensación de discomfort que tiende a ir aumentando con el tiempo y causa fatiga visual. En los locales de oficina el deslumbramiento molesto resulta más habitual que el perturbador. Este tipo de deslumbramiento es producido por las fuentes luminosas situadas dentro del campo visual.

El grado de deslumbramiento molesto depende de los siguientes parámetros (Figura 30):

- Luminancia de las fuentes.
- Su tamaño aparente (ángulo sólido ω subtendido).
- Número de fuentes en el campo visual.
- Distancia angular θ de cada fuente al eje visual.
- Luminancia L de fondo (que determina la luminancia de adaptación).

La sensación de deslumbramiento aumenta con los tres primeros factores y disminuye con los otros. Estos parámetros son los que intervienen en los procedimientos de estimación de la sensación o grado de deslumbramiento.

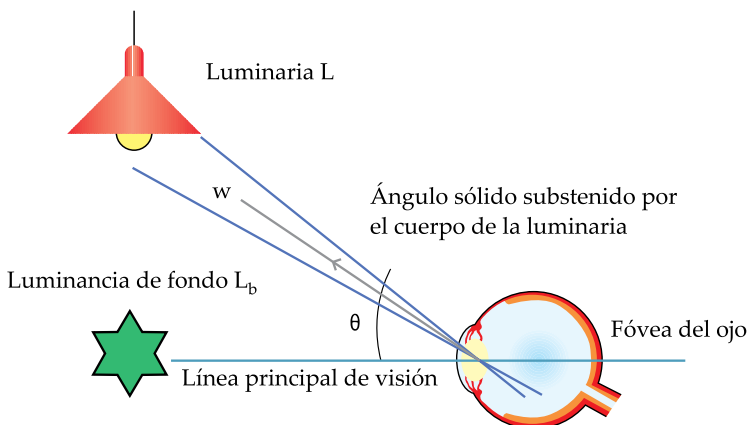


Figura 30. Deslumbramiento molesto.

La CIE (Comisión Internacional de Iluminación) define el denominado índice UGR (unified glare rating) para determinar la sensación de deslumbramiento:

$$\text{UGR} = 8 \log [0,25 / L_b \Sigma (\omega L^2 / \rho^2)]$$

donde:

L_b es la luminancia de fondo en Cd/m².

L es la luminancia de cada luminaria en la dirección de los ojos.

ω es el tamaño aparente de cada luminaria en estereorradianes.

ρ es el índice Guth de posición angular de cada luminaria (CIE 117).

Cuanto mayor sea el índice UGR, mayor será la sensación de deslumbramiento (menor calidad visual). En función del tipo de actividad se recomienda un límite máximo para dicho índice.

Por ejemplo:	En actividades de oficina:	UGR <19
	En control de procesos:	UGR <16
	En cuartos de máquinas:	UGR <25

Para controlar el deslumbramiento originado por las luminarias existen otros criterios. Uno de los más utilizados es el sistema CIE de curvas de Söllner o diagramas de curvas límite de luminancia (Figura 31).

Cada una de las curvas representa la limitación de la luminancia para diferentes valores de niveles de iluminación, estableciendo unos límites o grados que definen la calidad de la iluminación ante el deslumbramiento, para cada tarea visual.

El sistema establece cinco tipos de calidades o niveles de exigencia, según la tarea visual a cumplir (A, B, C, D y E) para diferentes valores de niveles de iluminación, todo ello por la parte superior del diagrama, que es por donde se entra en él; una vez definida la calidad y el nivel de iluminación, se baja y se localiza la línea límite de luminancia, entonces se superpone en el diagrama la curva de luminancia de la luminaria a comprobar, debiendo quedar a la izquierda de la línea límite para que no exista deslumbramiento. Si la curva de la luminaria corta la línea límite o está hacia la derecha de ella, se producirá deslumbramiento y esa luminaria no cumplirá la calidad solicitada.

En el eje vertical izquierdo del diagrama se representan los ángulos de apantallamiento contra el deslumbramiento (ángulos críticos desde 45° hasta 85°), en el eje horizontal inferior los valores de la luminancia en Cd/m².

En la Figura 31 se ha representado la validez de una luminaria que trabaja con un nivel medio de iluminancia de 500 lux, para una calidad (C), destacando la curva límite del deslumbramiento.

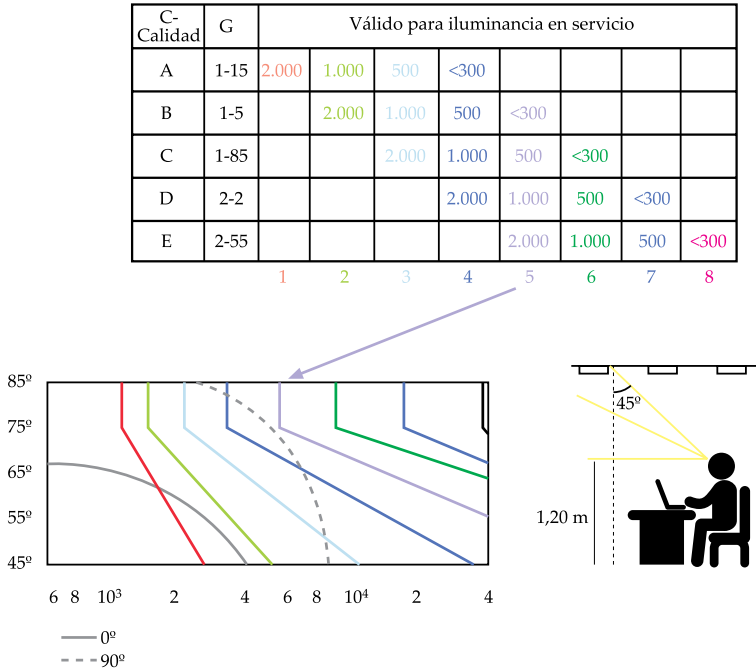


Figura 31. Diagrama de curvas límite de luminancia.

9. EVALUACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA ILUMINACIÓN. UNA HERRAMIENTA CUALITATIVA

Hay distintas posibilidades a la hora de evaluar la iluminación en los puestos de trabajo. Ante todo, es necesario asegurarse del cumplimiento de la normativa. Por tanto se debe llevar a cabo una evaluación. En ocasiones es necesario realizar mediciones. Pero puede haber situaciones en las que no llegue a ser necesario y en otras que el problema radique en algún aspecto que no se logre recoger con esas mediciones. Para estos casos, el INSHT ha elaborado una herramienta denominada “Cuestionario. Evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo”.

En este cuestionario de evaluación y acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo se dispone de dos herramientas juntas: por un lado, un cuestionario

para que el técnico sea capaz de llevar a cabo una evaluación, que se denomina “test de iluminación”, y, por otro lado, un apartado de “cuestionario subjetivo”. En este último cuestionario quedarán reflejadas las observaciones de los trabajadores. Finalmente esta herramienta también dispone de una breve guía de soluciones.

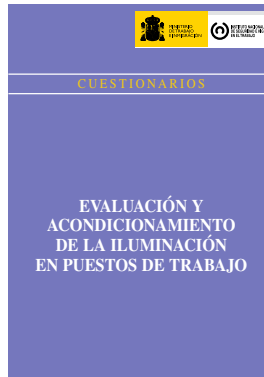


Figura 32. Cuestionario de acondicionamiento de la iluminación en puestos de trabajo.

NORMATIVA LEGAL

España. Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. En Boletín Oficial del Estado, 1997, núm 97. Pp. 12918-12926. [Consultada: 09/10/2015] Disponible en: http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/TextosLegales/RD/1997/486_97/PDFs/realdecreto4861997de14deabrilporelqueseestablecenlas.pdf

NORMAS TÉCNICAS

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). UNE-EN 12464-1: 2012. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores. Madrid: AENOR, 2012, 52p., Depósito Legal M 7333: 2012.

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). UNE-EN 12464-2: 2008. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en exteriores. Madrid: AENOR, 2008, 32p., Depósito Legal M 56058: 2008.

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). UNE-EN 72-502-84: 1984. Sistemas de iluminación. Clasificación General. Madrid: AENOR, 1984, 4p., Depósito Legal M 32299-84.

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). UNE-EN ISO 9241-6: 2000. Requisitos ergonómicos para trabajos de oficina con pantallas de visualización de datos (PDV). Parte 6: Requisitos ambientales. Madrid: AENOR, 2000, 40p., Depósito Legal M 31615: 200.

Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). UNE-EN 12665:2012. Iluminación. Términos básicos y criterios para la especificación de los requisitos de alumbrado. Madrid: AENOR, 2012, 44p, Depósito Legal M 7335: 2012.

BIBLIOGRAFÍA

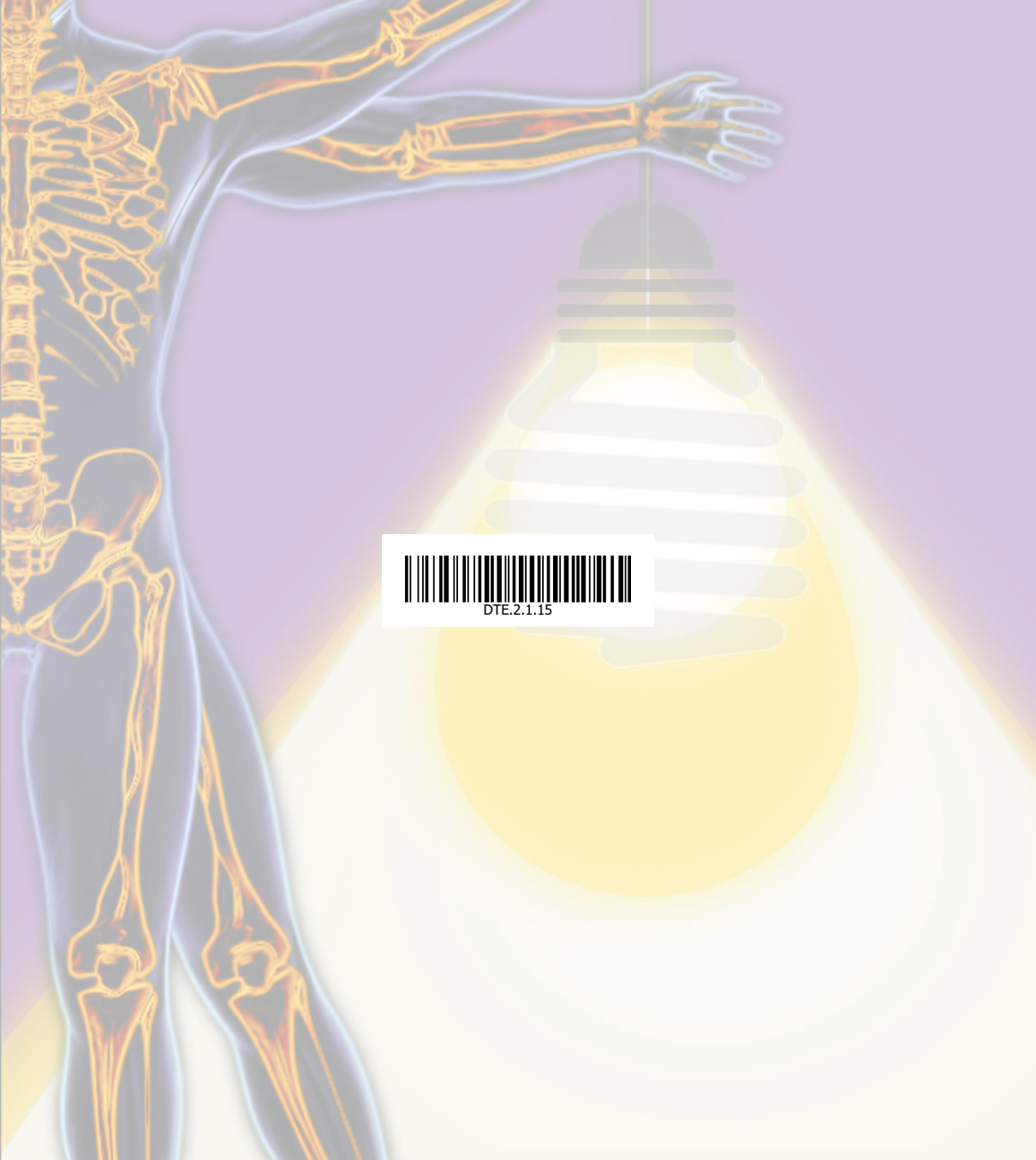
CALVO SÁEZ, J.A. *La iluminación en los lugares de trabajo*. Cantabria: Instituto Cántabro de Seguridad y Salud en el Trabajo. 2010, 347p. Depósito legal: SA-427-2010.

CARRETERO, R. (1994). *La iluminación en los lugares de trabajo*. Madrid, INSHT 101P, ISBN 84-7425-397-7.

GANDOLFO DE LUQUE, M. *Luz blanca y LED: Soluciones sostenibles para unas ciudades más habitables* [en línea] Madrid: Física y sociedad, 2011, n 21: 40-41p [Consulta 09/10/2015]. Disponible en: http://www.cofis.es/pdf/fys/fys21/fys21_40-41.pdf.

SANZ MERINO, J.A. (2001). *Curso de Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales. Ergonomía y Psicología Aplicada. U.D. 7. Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para su evaluación y acondicionamiento*. Madrid, INSHT.

INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. (2004) *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo: Real Decreto 486/1997, de 14 de abril*. Madrid, INSHT 55p., ISBN 84-7425-530-9. [Consulta 13/07/2015] Disponible en Web del INSHT: <http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Normativa/GuiasTecnicas/Ficheros/lugares.pdf>.



DTE.2.1.15



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE EMPLEO
Y SEGURIDAD SOCIAL



INSTITUTO NACIONAL
DE SEGURIDAD E HIGIENE
EN EL TRABAJO