

Nociones de Iluminación

INDICE

La Iluminación:

- A. Introducción
- B. Anatómo-fisiología de la visión
- C. Conceptos
- D. Objetivos
- E. Iluminación natural
- F. Iluminación artificial
- G. Condiciones de una buena iluminación

A. LA ILUMINACIÓN INTRODUCCION

La ergonomía visual tiene por objeto el estudio por una parte de las exigencias visuales de la tarea y por otra las aptitudes visuales del operador.

Este campo también es estudiado desde el punto de vista de la seguridad, debido a la conexión directa entre iluminación y accidentalidad. Tampoco se puede olvidar su relación con el aumento de rendimiento en el trabajo, que en 1927 dieron un nuevo sistema de dirección de recursos humanos, el Movimiento de Relaciones Humanas.

B. ANATOMO-FISIOLOGIA DE LA VISION

En este punto simplemente vamos a recordar algunos de los conceptos que pudieran tener importancia en la comprensión global de la iluminación.

El ojo esta formado por varias estructuras que tienen el fin de asegurar una buena imagen en la estructura sensible a la luz: la retina. Esta ultima es sensible a las ondas electromagnéticas entre 400 a 740 nm, es decir desde el violeta al rojo.

La retina posee dos tipos de células receptoras: los conos y los bastones. Los primeros están especializados en la percepción del color y los bastones en las formas. Su distribución no es en absoluto uniforme así la fovea, zona central de la retina, esta principalmente ocupada por los conos, en tanto que en la zona periférica hay prácticamente solo bastones.

Esta distribución conlleva una cierta "especialización" de las dos partes de la retina:

- central o zona de mayor resolución del ojo
- periférica más sensible a los movimientos.

La adaptación del ojo a la oscuridad conlleva consigo los fenómenos siguientes:

- a) dilatación de la pupila
- b) cambios de sensibilidad en las células receptoras de la retina.
- a) La dilatación pupilar es un fenómeno rápido, casi instantáneo.

b) La adaptación de la retina se realiza en dos fases:

- 1) Rápida realizada por los conos y que alcanza su máximo a los diez minutos
- 2) Lenta, la de los bastones, que finaliza alrededor de una hora después.

De todas maneras los conos no llegan a adaptarse a niveles de luminancia tan bajos como los bastones. Determinando una especialización de cada célula:

- * Conos son los responsables de la visión fótica (visión de día)
- * Bastones de la visión escotópica (visión nocturna).

Los límites de luminancia para cada tipo de visión citados son:

- Visión fótica : superior a 10 nits.
- Visión escotópica: inferior a 0,1 nits.
- Visión mesópica o intermedia: entre 0,1 a 10 nits.

La adaptación a la luz después de estar en la oscuridad pone en juego los mismos factores, con la diferencia de que la pérdida de la adaptación a la oscuridad es total en pocos minutos.

C.CONCEPTOS

Antes de continuar hay que hacer un alto para definir las unidades y los conceptos ligados a la iluminación:

Flujo luminoso es la potencia luminosa emitida por una fuente, o recibida por una superficie y evaluada a partir de la sensibilidad espectral del ojo de referencia.

Su unidad es el Lumen.

Intensidad luminosa: de una fuente en una dirección): describe la intensidad de la emisión luminosa de una fuente luminosa en una dirección dada. Es el cociente del flujo luminoso emitido por unidad de ángulo sólido centrado en una esta dirección.

Unidad: candela - Cd-

Iluminancia: Flux luminoso incidente por unidad de superficie:

Unidad: Lumen/m²= LUX.

Factor de reflexión es el cociente entre el flux incidente y el flux reflejado por una superficie.

Unidad: porcentaje

Luminancia:Es la intensidad luminosa de la luz emitida o reflejada, por una superficie, en una dirección dada, dividido por la superficie de este elemento proyectada en la misma dirección.

Unidad: candela/ m² = nit.



Contraste: tiene normalmente un factor subjetivo y otro objetivo:

* Subjetivo: evaluación subjetiva de la diferencia de apariencia de dos partes del campo visual vistas simultáneamente o sucesivamente.

* Objetivo: esta definido por la formula siguiente

$$C = (L2 - L1) / L1$$

L1= Luminancia del fondo

L2= Luminancia del objeto

Se emplea de manera habitual únicamente el cociente entre las dos luminancias.

Eficacia luminosa: Es el cociente entre el flujo luminoso emitido por una lampara y la potencia consumida. Es decir nos informa sobre el flujo luminoso según el consumo de la lampara.

Unidad: Lumen/wattio.

Temperatura de color: temperatura a la cual el cuerpo negro emite una radiación teniendo el mismo aspecto cromático que el de la luz considerada.

Unidad: °Kelvin

Ejemplo: el hierro normalmente no es un objeto iluminante, pero si es calentado a 2000°K adquiere un color rojizo, a 3000°K un color blanco-rojo, si siguiéramos a 5500°K nos daría el mismo color que da el sol. Es decir a cada temperatura le corresponde un color.

Las lamparas de incandescencia tienen tungsteno, con una temperatura de fusión alrededor de 3650°K, por lo que en circunstancias normales el filamento no sobrepasa de 3000°K. Es decir tiene una temperatura de color de 3000°K. Todos habrá observado que una fotografía con este tipo de lamparas tiene un color anaranjado, en tanto que sacada con un flash sale como la luz solar, ya que emite una luz a 5500°K.

Indice de Rendimiento de Color (Ra) de una fuente de luz es el cociente entre el color proporcionado al iluminar un objeto, con una fuente dada, respecto al color de una iluminación patrón. Se expresa en porcentaje, así por ejemplo si los colores de nuestra iluminación fueran iguales al patrón tendríamos un Ra de 100 si se pareciera en un 80% el Ra seria de 80.

D. OBJETIVOS DE UNA BUENA ILUMINACION

Los objetivos de una iluminación apropiada son:

- a) Facilitar los desplazamientos seguros y fáciles.
- b) Las superficies en las cuales el ojo se va detener en descanso deben ser de luminancia parecida a la superficie de trabajo.
- c) Dar una definición y una claridad adecuada de tal forma que se evite el efecto túnel de techos muy sombríos.
- d) Ayudar a concentrar la atención sobre las superficies de trabajo.
- e) Obtener un modelado natural de las caras y suavizar las sombras brutales con un buen equilibrio de la iluminación local y general.
- f) Obtener colores "naturales" a través de la utilización de fuentes luminosas con un buen índice de rendimiento de color.
- g) Producir en el interior del trabajo un conjunto de luminancias y colores agradables para favorecer el bienestar de sus ocupantes y la reducción de los riesgos. Con este objetivo pequeñas fuentes brillantes lejos de la mirada directa pueden ser interesantes.
- h) Animar a la limpieza con un aspecto claro, particularmente del suelo y maquinas.

E. ILUMINACION NATURAL

La ordenanza general del trabajo dice que " Siempre que sea posible se empleara la iluminación natural" evitando las sombras, procurando la intensidad luminosa suficiente, evitando los reflejos y deslumbramientos. Se realizara la limpieza periódica de las superficies iluminantes, cuya área representara como mínimo un sexto de la superficie del suelo.

La iluminación natural es la solución adecuada por las razones siguientes:

- Se corresponde con el espectro para el cual el ojo esta adaptado.
- Solamente ella da los colores exactos.
- Tiene efectos fisiológicos y psicologicos benéficos.
- Tiene efectos bactericidas por los UV que posee.

Respecto a otros conceptos no detallados en la ordenanza se puede comentar que la iluminación natural puede ser: unilateral, bilateral o vertical.

a. Unilateral: La orientación se dice que debe ser sudeste o sur- oeste para trabajos finos y norte para trabajos pesados. Esto se afirma debido a que la cantidad de luz es mucho mayor por el sur que por el norte y las necesidades de lux son mayores en los trabajos finos. El inconveniente de las ventanas dirigidas al sur suele ser el problema térmico, ya que dan mayor cantidad de calor. Asimismo la radiación solar es un factor no deseable en iluminación.

b. Bilateral: Permite aumentar la profundidad de una pieza. Él entrecruzamiento de los rayos luminosos aumenta la fatiga visual. En general el trabajo fino precisa de una iluminación unilateral que conserve el relieve.

c. **Vertical:** Es solo aplicable a los edificios sin alturas o al ultima piso. La superficie debe ser al menos del 30 % de la superficie del suelo. Tiene varios inconvenientes: el calor en verano y su perdida en invierno. El trabajador puede proyectar su propia sombra sobre la tarea.

Como conclusión se puede afirmar que los trabajos finos precisan de una iluminación unilateral, izquierda (sí es diestro) y un poco anterior.

En iluminación es importante evitar los excesivos contrastes, como por ejemplo los provenientes de una ventana. La visión directa de la ventana va a dar unas luminancias elevadas impidiendo muchas veces la visión. Ejemplo: los despachos de los directores tienen normalmente las ventanas a su espalda de tal manera que los interlocutores se sientan de cara a ella; ensayar y veréis como os cuesta ver la cara del sujeto y si además es un día soleado: imposible ver si esta enfadado con nosotros. Para evitarlo se puede optar por las tres soluciones siguientes:

- * Cortinas: reduce las luminancias, difumina la luz y suaviza los contrastes.
- * Ventanas especiales tintadas o semireflectantes: Muchas veces unidas a un doble cristal lo que mejora las condiciones térmicas del local.
- * Aumento de la superficie de ventanas: aumenta la iluminancia general y disminuye los contrastes.

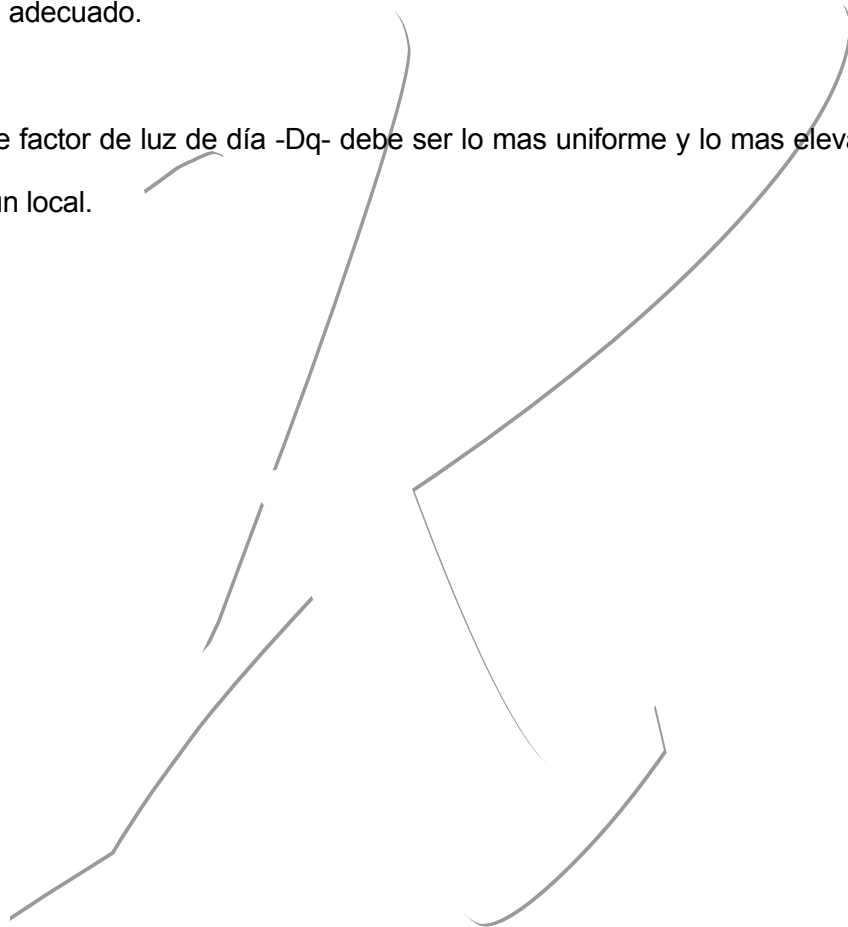
La visión del exterior tiene efectos benéficos para ello la superficie acristalada debe ser entre el 20 al 30% de la superficie de la pared. La parte mas baja de la ventana se debe corresponder aproximadamente con la altura de la superficie de trabajo, ya que si es mas alta la visión única y exclusivamente del cielo no es aceptada.

La cantidad de luz natural puede ser especificada a partir del "**factor de luz de día**" (**Daylight quotient Dq**) , que es el cociente entre la iluminancia en un punto con relación a la iluminancia exterior medida sobre un plano horizontal, excluyendo en ambas

medidas la luz solar directa. Es decir se hacen dos medidas una en el interior y otra en el exterior a la sombra y se saca el cociente entre ambas.

Si hay informaciones metereologicas sobre las distintas luminosidades exteriores a la sombra, es posible utilizar este índice para prever en que medida será necesario proveerse de luz artificial con el objetivo de garantizar un nivel de iluminancia adecuado.

Este factor de luz de día $-D_q-$ debe ser lo mas uniforme y lo mas elevado posible dentro de un local.



F. ILUMINACION ARTIFICIAL

Existen en general tres tipos de lamparas:

1. Incandescentes: un filamento de tungsteno por su resistencia eléctrica llega a altas temperaturas produciendo luz. Su eficacia luminosa es del orden de 10 lumen/w.

La temperatura de color a la que emite es del orden de 2600°K, lo que da unos tonos ligeramente rojizos. Su vida media es aproximadamente de 1000 horas.

2. Fluorescentes: Contienen un gas noble en su interior que se ioniza, disminuyendo su resistencia permitiendo a una corriente de aire pasar a través del tubo; el mercurio presente se vaporiza a muy baja presión y el vapor emite una radiación de 253,7 nm (ultravioleta). Las paredes del tubo, recubiertas de una sal fluorescente, transforman la radiación ultravioleta en luz visible. El color de la luz está determinado por la naturaleza de esta sal.

Su eficacia luminosa es del orden de 40 a 80 lumen/w y su vida media aproximada 10000 horas.

3. Lámparas a descarga: Son lámparas a mercurio o sodio, utilizadas principalmente para la iluminación de las carreteras, no son válidas para iluminación de espacios de trabajo ya que sus colores no son los adecuados. Las lámparas de mercurio son blanco-azuladas y las de sodio amarillentas. Sus características principales son:

- Vida media muy larga: 24000 h (Hg) y 15000 (Na)
- Alta eficacia luminosa: 60 lm/w (Hg) 180 lm/w (Na)

G. CONDICIONES DE UNA BUENA ILUMINACION

Las condiciones de una buena iluminación sobre las que vamos a hablar son:

1. Intensidad suficiente.
2. Difusión optima.
3. Uniformidad.
4. Ausencia de deslumbramientos.
5. Calidad de la luz.
6. Color de las superficies.
7. Entretenimiento.

1. INTENSIDAD SUFICIENTE

Ella esta legislada en sus mínimos por el RD 486/1997

Conforme al RD 486/1997, artículo 8 y su anexo IV, las necesidades luminosas son:

| Zona o parte del lugar de trabajo | Nivel mínimo de iluminación (lux) |
|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Zona donde se ejecuten tareas con: | |
| • Bajas exigencias visuales | 100 |
| • Exigencias visuales moderadas | 200 |
| • Exigencias visuales altas | 500 |
| • Exigencias visuales muy altas | 1.000 |
| Areas o locales de uso ocasional | 50 |
| Areas o locales de uso habitual | 100 |
| Vías de circulación de uso ocasional | 25 |
| Vías de circulación de uso habitual | 50 |

Existe la tendencia a recomendar niveles de luminosidad más importantes conforme aumenta la edad. Es cierto que para tener la misma agudeza visual la iluminación debe ser más potente conforme aumenta la edad, pero si la aumentamos la fatiga también crece y el riesgo de deslumbramiento también. Lo cual habrá de ser tenido en cuenta.

2. DIFUSION OPTIMA

La iluminación directa emitida sobre la superficie a iluminar tiene el inconveniente del deslumbramiento y de dar zonas de sombra.

La iluminación indirecta da muy pocas sombras y es muy cara, ya que necesita de:

- superficies altamente reflectantes en las paredes, capaces de producir deslumbramientos,
- una gran potencia de las lamparas.

Los arquitectos gustan de este tipo de iluminación ya que facilita la creación de diversos efectos estéticos. En cambio la eliminación de sombras es muy molesto para los trabajos de precisión

Las recomendaciones actuales son combinar los dos tipos de iluminación: semidirecto (75% de la luz hacia abajo) o semi-indirecto (75% de la luz hacia arriba). Esta iluminación mixta da lugar a una reducción de contrastes demasiado fuertes, permitiendo observar los relieves. También da la sensación de local más acogedor y limpio.

3. UNIFORMIDAD

La iluminación artificial debe comprender una instalación general destinada a uniformizar las iluminacias de todo el local. En caso de ser insuficiente es necesario completarla con un sistema de iluminación local.

La iluminación exclusivamente local es desaconsejable.

La colocación de las luminarias debe ser de tal forma que no provoque sombras entre ellas. Su numero depende del grado de dispersión del haz luminoso. Se puede tener como norma que cuanto más pequeña es la dispersión mas luminarias se necesitan, pero también menor riesgo de deslumbramiento

4. AUSENCIA DE DESLUMBRAMIENTOS

Se distinguen tres tipos de deslumbramientos:

a. Absoluto: se da en el momento que la retina es incapaz de adaptarse, ej: visión directa del sol.

b. De adaptación: por ejemplo en el paso de una habitación oscura a otro lugar iluminado, es decir todavía la adaptación no se ha completado.

c. Relativo: si las luminancias de las superficies en el campo visual son muy diferentes. el ojo tiende continuamente a adaptarse a su sensibilidad. Lo que le supone un esfuerzo suplementario que entraña una fatiga rápida y una disminución de las "performances" del sujeto

Los casos de deslumbramiento comprenden:

a. Deslumbramiento directo: generalmente provocados por la visión directa de la fuente luminosa, las fuentes luminosas a tener en cuenta son las que están entre los 45° a 85° por encima de la horizontal del ojo (Figura 1), son permisibles luminancias entre 1000 a 10000 Candelas/m².

Soluciones:

- * Sacar la fuente del campo visual del sujeto.
- * Colocar pantallas claras y mates evitando la luz directa de la fuente.
- * Reducir los contrastes con la fuente misma dando unas luminancias parecidas al entorno inmediato de la luminaria. (por ejemplo los techos muy claros).

b. Deslumbramiento indirecto: producido por las reflexiones especulares sobre los objetos o la mesa de trabajo.

Solución: utilizar objetos y superficies mates, evitar los cristales en las mesas

c. Contrastes demasiado fuertes: para evitarlos hay que aplicar las siguientes reglas:

* las luminancias de los objetos y de las superficies que se encuentran en el mismo campo visual deben ser lo mas parecidas entre sí.

* si dibujamos tres círculos, en el cual el centro seria el campo visual centrado, el siguiente seria el campo visual adyacente y él ultimo: el campo periférico. El cociente de luminancias entre estos círculos debe ser llamando a la luminancia central 1, el adyacente debe ser $1/3$ del central y él más periférico $1/10$ del central.

Ejemplo: si la pantalla de un ordenador tiene 100 Candelas/m² de luminancia, el campo adyacente tiene que tener una luminancia mínima de 33 Cd/m², y el campo periférico 10 Cd/m².

Esto es muchas veces imposible, ya que muchas pantallas de ordenador son llamadas negativas (fondo negro y letras verdes o blancas), en este caso la superficie mas clara estará alrededor de la pantalla; en este caso las luminancias deben ser 1, 3, 10 para cada uno de los campos que se han definido anteriormente.

* En general las superficies mas claras deben estar en el campo central y las mas sombrias en la periferia.

* Los contrastes importantes son más molestos cuando se encuentran en los lados o la parte inferior, que cuando se encuentran en la parte superior.

Estas reglas exigen que en el momento que se necesite una gran iluminación en el puesto de trabajo, es necesario varios tipos de iluminación: general, zonal y local.

d. Deslumbramiento por las ventanas: la penetración de la luz del sol puede ser una causa importante de incomfort por deslumbramiento. El grado de incomfort depende de la luminancia del cielo visto a través de las ventanas y en menor medida de sus dimensiones relativas con respecto al observador, por lo tanto es desaconsejable un puesto de trabajo con visión de frente de las ventanas.

Si por contra las ventanas están a nuestras espaldas muchos objetos que nos deslumbrarán indirectamente.

Ejemplo: En una pantalla de ordenador general la luz debe provenir lateralmente.

5. IDENTIDAD CON EL ESPECTRO SOLAR

En aquellos trabajos que la visión de los colores o la precisión es fundamental tenemos que usar lámparas que nos den un color "fiable", es decir fuentes luminosas con un índice de color alto o una temperatura de color próxima a los 5500°K.

Se recomiendan las siguientes temperaturas de color:

- Menos de 3300°K para los medios residenciales. La luz es rojiza, también llamada cálida.
- Entre 3300 a 5300 °K para la industria: color intermedio.
 - Superior a 5300°K en los momentos que la comparación de colores sea necesaria. La luz es blanca próxima a la solar y llamada fría.

El índice de rendimiento de color recomendado es:

- Superior a 80 para las tiendas, oficinas, imprentas, industria textiles, carnicerías...
- de 60 a 80 para los edificios industriales.
- de 40 a 60 para la industria pesada.
- Inferior a 40 para iluminación exterior.

6. COLOR DE LAS SUPERFICIES INTERIORES

a. Factores de reflexión recomendados

El techo debe tener un factor de reflexión al menos del 75 %, y si es posible entre el 80 al 90%. Es decir será blanco o casi blanco, es preferible que sea mate.




Las paredes, con revestimientos pastel, deben tener un coeficiente de reflexión entre el 50 al 70%. Hay que hacer una excepción con las paredes alrededor de zonas muy iluminadas, por ejemplo cerca de ventanas, en este caso hay que reducir el factor de reflexión al 40% para evitar los deslumbramientos.

El mobiliario debe tener un factor de reflexión de al menos el 20% y si es posible entre el 25 al 45 %. Las superficies deben ser claras y mates.

El suelo debe ser claro sin exceso con un factor de reflexión entre 20 al 25 %. Los factores de reflexión se pueden calcular a partir de la tabla 2, que se corresponde con los valores de la marca Philips.

Evidentemente con el paso del tiempo los colores sufren una pérdida del poder de reflexión.

b. Colores

| COLOR | PSIQUE | TERMICO | DISTANCIA |
|---|------------------|----------------------|---------------------|
|  | Calmante | frío | Alejamiento |
|  | Calmante | Frío a neutro | Alejamiento |
|  | Excitante | Calor | Aproximación |
|  | Excitante | Calor +++ | Aproximación |
|  | Depresivo | Frío | Aproximación |

Los colores tienen efectos psicológicos a nivel de las distancias, temperaturas y humor. La tabla 3 nos da unos ejemplos. En general los colores sombríos tienen un efecto depresivo y no incitan a la limpieza. Los colores claros tienen un efecto reconfortante y estimulante, asimismo hacen los locales más acogedores, claros y limpios.

7. MANTENIMIENTO

El nivel de luminosidad puede descender a la mitad en poco tiempo si no se cuida la instalación. Un mantenimiento sistemático debe ser previsto, sobre todo en los locales polvorientos. En general todo tipo de lámparas deben ser cambiadas después de un número de horas determinado, ya que la disminución de su eficacia es importante. Toda lámpara fluorescente que parpadea debe ser cambiada urgentemente.