

TEMA 3

FOTOMETRÍA 2. ILUMINANCIA, CONTRASTE Y DESLUMBRAMIENTO

1.- ILUMINANCIA

2.- DESLUMBRAMIENTO

2.1.- Tipos de deslumbramiento

2.2.- Deslumbramiento directo

2.3.- Sistemas CIE para delimitar el Deslumbramiento

2.4.- Angulos de ocultamiento

2.5.- Iluminación solar y deslumbramiento

2.6.- Deslumbramiento Indirecto

3.- REFLECTANCIA

4.- CONTRASTE

5.- MEDICIÓN COTIDIANA DE ILUMINANCIA, REFLECTANCIA Y TRASMITANCIA

1.- LUMINANCIA

La luminancia será la cantidad de lúmenes que una superficie consigue hacer llegar a un punto de observación teniendo en cuenta el ángulo sólido proyectado y la magnitud de su superficie. Aunque la unidad de medida es el nit, muy frecuentemente se sustituye esta por la de candelas partido por m². La magnitud de este parámetro no depende de la distancia a la que se mida. Su valor es muy relevante respecto a la posibilidad de deslumbramiento.

Siendo Sr esterorradianes

Estereorradianes

mas grande mas pequeño

Mayor m² 100 lm Menor m² 100 lm

Mayor concentracion de luz, al ser mas pequeño, con lo cual hay mas luminancia

Fluorescente

La luminancia indica la cantidad de luz que manda algo hacia el entorno, se puede medir desde cualquier distancia, siempre y cuando lo que queremos medir esté dentro del encuadre del **fotómetro**, que es el aparato que mide los nits y la luminancia.

2. DESLUMBRAMIENTO

2.1. Tipos de deslumbramiento

Se produce un deslumbramiento cuando el observador es expuesto a una luminancia muy superior a aquellas en las que su retina estuviese previamente adaptada. Hay 2 formas de deslumbramiento.

- Atendiendo al origen:
 - Directo: se produce cuando la persona mira directamente a la fuente del problema
 - Indirecto o reflejo: Cuando la fuente del problema se proyecta en la retina a través de una superficie reflectante.
- Atendiendo a las consecuencias:
 - Discapacitantes: Suponen una reducción en la capacidad del sistema visual
 - Disconfortantes: Producen molestias o malestar.

La distinción discapacidad–disconfort no implica incompatibilidad dentro de las categorías. Todos los deslumbramientos incapacitantes son disconfortantes, aunque no siempre a la inversa.

2.2 Deslumbramiento Directo

El riesgo del deslumbramiento directo aumenta con el crecimiento en la luminancia (LFU) y el del tamaño proyectado (T) de la fuente. Por el contrario disminuye con el incremento en la luminancia del fondo (LFO) y con la excentricidad (E) en la posición de la fuente respecto a la línea de la mirada.

Para luchar contra el deslumbramiento puedo hacer que el numerador decrezca o el denominador aumente.

La CIE propone el UGR para evaluar conjuntamente el efecto de estas 4 variables, considerando las distintas fuentes de deslumbramiento que puedan operar conjuntamente en un entorno.

Donde L_b es la luminancia del fondo (background); L la iluminancia de la fuente; w el tamaño angular de la fuente y p la excentricidad de la fuente.

Los valores van desde los 7 UGR a 28 UGR, desde lo imperceptible a lo casi tolerable.

2.3 Sistema CIE de limitación del deslumbramiento.

Se determina una condición concreta para un trabajo, cual es el mejor nivel de luminancia que puede haber a ojos del trabajador que sea tolerable por este. Si la cantidad está por encima, significa que he sobrepasado el límite y está mal, si está por debajo está bien, porque está dentro del nivel tolerable por el observador.

(Figura 5.10) Curvas de Máximo deslumbramiento

La gráfica A se usa cuando se dan las mejores relaciones entre el trabajador y la luminancia. Lo mejor es que la línea de la mirada y el eje de elongación de las luminarias sean paralelos, o lo más paralelos posibles,

Sin embargo, la gráfica A no siempre se puede usar a pesar de que la imagen sea paralela. Siempre y cuando la luminaria no sobresalga mucho del techo (5 cm o menos), usaremos la gráfica A, pero si sobresalen más, usaremos la gráfica B.

Los grados representados en el eje de las Y es el ángulo que forma el ojo con las luminarias y la vertical (la luminaria que cuenta a efectos de medir es la más alejada del trabajador). Esto es porque la más alejada está más próxima a 90°, y es la que podría deslumbrarme con más facilidad. (*Dibujo 5.9*).

(Ejemplo: Tenemos unas buenas condiciones en clase (gráfica A), la tarea exigida es de tipo E (**Tabla 5.7**), y el ángulo del cual estamos es de 75°, todo esto nos da una luminancia de 5.000 nits, todo lo que se supere de esta cantidad deslumbrará.)

2.4 Angulos de Ocultamiento

(Figura 5.12)

Según dónde esté situada una fuente de luz dentro de la luminaria (bombilla dentro de una lámpara), el deslumbramiento será diferente. Lo mejor es que esté más dentro de la luminaria para que no deslumbre (siempre hasta un cierto límite, claro).

El ángulo de ocultamiento se forma por la horizontal que pasa por la abertura de la lámpara (a) y la otra línea del extremo brillante de la lámpara. Cuanto más dentro esté la fuente de luz, más grande sería alfa. Para tareas más complicadas, ángulos de ocultamiento mayores, si la tarea es más simple, el ángulo puede ser más pequeño.

2.5 Iluminación solar y deslumbramiento

Para iluminar sitios de trabajo se han tenido ciertas reticencias en países sobretodo de latitudes más elevadas debido a que su empleo requiere varios requisitos:

- Requiere ventanas grandes
- Son malas barreras térmicas y acústicas
- Se necesitan limpiar con regularidad
- Proporcionan un tipo y cantidad de luz variable en función de la hora y la estación del año.
- Proporcionan un aporte lumínico que frecuentemente debe ser complementado con luz artificial.

Cuando se usa luz solar deben reducirse al mínimo las posibilidades de que esta se convierta en fuente de deslumbramiento. Por ello, se proponen las siguientes medidas.

- Todas las ventanas deben contar con algún mecanismo para reducir de forma significativa, gradual y controlada su luminancia (reducción en el valor de LFU mediante el uso de persianas venecianas, estores, etc.)
- Puesto que el riesgo de deslumbramiento se reduce con el aumento en la luminancia del entorno (LFO), es recomendable usar superficies de alta reflectancia en las proximidades de las ventanas y/o un cierto grado de angulación en las partes de la pared más próximas a ellas.
- Puesto que el deslumbramiento se reduce con la excentricidad de la fuente que lo produce (E), se debe intentar que las ventanas se ubiquen lo más alejadas posibles de la línea de la mirada del trabajador

2.6 Deslumbramiento Indirecto (reflejos)

Puede haber dos tipos de superficies, en general.

La superficie puede ser **Pulida**; en cuyo caso, toda la luz se reflejará en una sola dirección, entonces alfa y beta son iguales (este experimento es imposible hacerlo en la realidad porque no es posible hacer un haz de luz tan fino)

La superficie puede ser **Mate**; con lo que toda la luz es reflejada en la misma cantidad y en todas direcciones. Los reflejos en este caso no son importantes.

Pulida Mate (rugosa) Semipulida

Si queremos luchar contra el deslumbramiento, es mejor una superficie mate, o si no, que la luz venga de todas las direcciones posibles para que también la superficie, que en este caso será pulida, refleje también en todas direcciones.

El uso de superficies pulidas e iluminarias localizadas fomenta la aparición de deslumbramientos indirectos. Para combatirlos, además de evitar que se den estas circunstancias, se debe ser cuidadoso con la ubicación del trabajador. Se debe:

- Incrementar el área de luz que alcanza el área de trabajo desde posiciones lateralizadas (situadas a izquierda o derecha respecto de la línea de la mirada)
- Usar luminarias con superficies lumínicas extensas y de baja luminancia
- Emplear superficies y materiales de trabajo lo más mates posibles.

3. REFLECTANCIA

La reflectancia es la proporción de luz reflejada por una superficie y se determina comparando los lúmenes que inciden en ella (iluminancia) con los que refleja (luminancia).

Iluminancia Luminancia

90% *Esta fórmula es sólo el porcentaje de luz reflejada, no se mide en ninguna unidad*

4. CONTRASTE

Existe contraste cuando la luz que alcanza el punto de observación desde direcciones diferentes tiene niveles de luminancia distintos (ejemplo: la hoja blanca y la tinta sobre ella). Se estudian dos parámetros para medirlo:

– Proporción de contraste : Para procesadores de textos se recomienda una Cp de 3

- Modulación de contraste:

La forma más común de producir contraste es utilizando superficies de reflectancia variable (mis apuntes), aunque también puede generarse haciendo pasar la energía lumínica por un filtro de transmitancia variable (*transmitancia es lo que una superficie deja pasar a su través de luz*)

Si tenemos una iluminancia constante podemos usar otras fórmulas que usan la medición de la reflectancia

Otra posibilidad es usar la Transmitancia de un filtro, ya que es aun más barato porque la información nos la puede facilitar incluso la fábrica (la fórmula sería exactamente igual que en los casos anteriores, multiplicando por 100 si se quiere obtener el porcentaje, y sustituyendo donde pone R por T. Sin embargo, una aclaración por si se desea medir la transmitancia, y es que en los filtros que venden no especifican la transmitancia, sino la densidad del filtro. Para saber a que transmitancia aluden al hablar de densidad, basta una simple tabla y una fórmula de referencia.

Es una alternativa de medición, ya que siempre resulta más barato medir cualquiera de las otras dos variables mencionadas que la luminancia.

5. MEDICIÓN COTIDIANA DE ILUMINANCIA, REFLECTANCIA Y TRANSMITANCIA

Illuminancia

La ecuación de la iluminancia (no podría aplicarse en la vida real por los siguientes motivos:

- Supone que sólo tengo un punto de luz, y en la vida real esto nunca se da. Cuando estoy lejos de una fuente dada, entonces la fórmula en este sentido podría valer al parecerse más a un punto, por la lejanía. En cualquier caso, la ecuación sólo se aplica si la distancia a la que estoy de la fuente es 5 veces mayor de lo que mide la luminaria.
- Si tenemos muchas luminarias, no tenemos un solo punto, ya que si te alejas de una, te acercas a otra.
- La ecuación no tiene en cuenta la reflectancia de paredes, suelos, etc, que reflejan luz que al final va a parar al luxómetro.

Conclusión: Mejor no hacer cálculos y medir directamente en el luxómetro.

Reflectancia

La ecuación de la reflectancia

Si mido con materiales comunes el re-

sultado no es válido porque los aparatos son baratos y tienen errores. Por ello, hay dos opciones de hacer la medición más correctamente:

A) Fotómetro: Puedo tener una muestra de reflectancia conocida (atlas, etc). Hacemos dos mediciones con el fotómetro, una con una muestra de reflectancia para referencia (por ejemplo, una hoja de papel en blanco), y ora a lo que quiero medir. A continuación haríamos una regla de tres (*por ejemplo: medimos una hoja de papel blanco de reflectancia conocida de 90%, nos da 200 nits. A continuación medimos otra cosa (jersey rojo), de lo cual queremos saber la reflectancia. Nos da 50 nits. Con la regla de tres sabemos que 90% es a 200 como X es a 50, el resultado es 22,5%. Esta sería la reflectancia total*)

B) Atlas homologado: Con él puedo saber la reflectancia de cada color, cojo el material del que quiero medir su reflectancia y lo comparo con lo que sale en el atlas. Asumo que esta es la reflectancia de lo que tengo (hay margen de error pero muy pequeño).

Transmitancia

Tengo un filtro y un aparato fotométrico (un luxómetro, por ejemplo). Hago dos mediciones, una con el filtro y otra sin él. Divido, y tengo la transmitancia (en porcentaje).

Por ejemplo:

$$D = \frac{L_{FU}^{1,6} \cdot T^{0,8}}{L_{FQ} \cdot E^{1,6}}$$

$$UGR = 8 \cdot \log \frac{0,25}{L_b} \cdot \frac{L_w^2}{p^2}$$

$$\text{Reflectancia} = \frac{\pi \cdot \text{luminancia (Nits)}}{\text{iluminancia (luxes)}} \cdot 100$$

$$(Cp) = \frac{L_{\text{Maxima}}}{L_{\text{Minima}}}$$

$$(Cm) = \frac{L_{\text{Max}} - L_{\text{Min}}}{L_{\text{Max}} + L_{\text{Min}}} \cdot 100$$

$$Cp = \frac{R_{\text{Maxima}}}{R_{\text{Minima}}}$$

$$C_M = \frac{R_{\text{Max}} - R_{\text{Min}}}{R_{\text{Max}} + R_{\text{Min}}}$$

T	D
100%	0
50%	1
25%	2
12,5%	3

$$T = \frac{1}{2^D}$$

$$D = -\frac{\lg T}{\lg 2}$$

$$R = \frac{\text{Lumi(nits)} = \text{fotometro}}{\text{Ilumi(lux)} = \text{luxometro}} \cdot \pi$$

$$E = \frac{I}{d^2} \cdot \cos \theta$$

$$T = \cos / \sin = \frac{100}{200} = 50\%$$

$$\text{Nits} = \frac{\text{lm}}{\text{m}^2 \cdot \text{Sr}}$$

Linea normal

SUPERFICIE PULIDA

SUPERFICIE MATE