

Alumbrado del puesto del trabajo con ordenadores

Antonio de la Cruz Castillo

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el uso de los ordenadores se ha generalizado tanto que no hay oficina en donde no se utilicen. Además, como consecuencia de los video-juegos y del tratamiento de textos, existen pocos hogares donde no se disponga de esta herramienta de diversión y trabajo.

Las personas que estén al frente de una oficina y, en general, de lugares de trabajo donde se utilicen ordenadores, habrán oído más de una vez quejas sobre las molestias que ocasiona el trabajo continuado con este tipo de aparatos. El problema reside en que no es un trabajo rutinario más de la oficina tradicional, no basta con sustituir la máquina de escribir por el ordenador; los requerimientos visuales de las dos tareas son totalmente distintos. El alumbrado de una oficina tradicional no sirve para una sala de ordenadores. Sería conveniente revisar las gafas que usaba la secretaria, pues tal vez no sirvan para trabajar con una pantalla de ordenador. Hasta es posible que la silla que se utilizaba entonces ahora resulte incómoda.

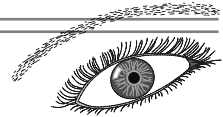
Dado que muchos autores utilizan los ordenadores para escribir sus libros, en este modesto artículo trataré de dar unos cuantos consejos, y

quedaré muy satisfecho si con ello consigo reducir un poco las molestias (fatiga visual y dolores musculares) que ocasiona el uso de un ordenador.

El problema del alumbrado en general, y más concreto el del lugar de trabajo con pantallas de ordenador, es muy complejo, ya que existen muchas variables y en la mayoría de los casos no es posible llegar a la solución óptima. Antes de referirme al caso concreto de los ordenadores, creo que es conveniente hacer una revisión general del fenómeno de la visión, pues ello nos permitirá familiarizarnos con la terminología que se utiliza en esta rama de la ciencia.

2. CONCEPTOS GENERALES SOBRE EL ALUMBRADO

La finalidad de cualquier sistema de alumbrado es procurar una buena visión reduciendo al mínimo la fatiga visual y las molestias. Estas dos vertientes del problema se pueden traducir en algo más tangible, como es la cantidad de luz y la calidad del alumbrado. Es de todos conocido que la visión mejora cuando se aumenta la cantidad



de luz que llega al plano de trabajo, y las molestias disminuyen al aumentar la calidad del sistema de alumbrado.

La visión es un fenómeno muy complejo, regulado por múltiples condicionantes muy interrelacionados entre sí. Es preciso estudiar los efectos que producen las distintas variables de un modo conjunto, pues en la mayoría de los casos la mejoría que se obtiene con una de ellas, produce un empeoramiento en otra u otras.

2.1. El fenómeno de la visión

Para empezar por lo más sencillo, supongamos que tenemos una habitación (Fig. 1) y que al verla en sección transversal esta queda reducida al techo, del que cuelga una sencilla bombilla (más adelante veremos que esto no es lo mejor), el suelo y dos paredes. De la fuente de luz salen infinitos rayos luminosos, pero nosotros nos limitamos solamente a dos, uno que va directamente al libro y otro que incide sobre la pared y después de reflejarse va hacia el libro. En este caso, el libro es el objeto que queremos ver.

El objeto refleja los rayos luminosos que inciden sobre él y los que van en la dirección del observador penetran en su ojo, en donde unos medios refractantes forman una imagen de la página del libro sobre la retina. En ésta, unas células especializadas convierten la luz en unos impulsos nerviosos que se transmiten al cerebro a través del nervio óptico. En el cerebro, se procesan estos impulsos nerviosos, se comparan con las imágenes que hay archivadas en la memoria y se interpretan, y hasta es posible que se envíen nuevos impulsos nerviosos a la garganta para que, finalmente, el observador diga que está viendo la letra **E** mayúscula.

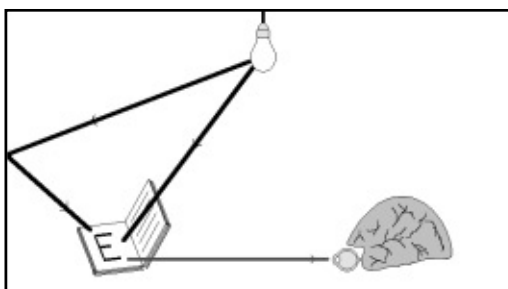


Fig. 1.

El fenómeno de la visión se inicia en el instante en que unos fotones salen de la fuente de luz, y termina cuando el cerebro del observador interpreta lo que ha visto. En todo este fenómeno podemos distinguir tres elementos o componentes necesarios: la *fente de luz*, el *objeto* y el *observador*. Es fácil demostrar porqué son necesarios, puesto que en el momento en que falta uno cualquiera de ellos, no hay visión. Si apagamos la luz no se ve, si cerramos los ojos tampoco se ve, y si no hay ningún objeto no se ve nada.

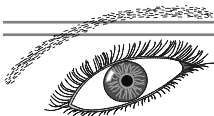
Consideremos ahora cada uno de estos elementos de forma un poco más detallada.

2.1.1. Fuentes de luz

Actualmente, la fuente de luz más generalizada es la lámpara eléctrica. Todos los tipos que se encuentran en el mercado se pueden reducir a dos. Si el elemento emisor de luz es un hilo metálico arrollado en doble espiral, y al pasar por él la corriente eléctrica se pone incandescente y emite luz, se tratará de una *lámpara de incandescencia*. Si el elemento emisor de luz es un tubo de cuarzo que contiene un vapor metálico, generalmente de mercurio o sodio, a una determinada presión, y la corriente eléctrica produce la electroluminiscencia de dicho vapor, se tratará de una *lámpara de descarga en gases*. Según sea la presión de vapor alta o baja, las lámparas serán de alta o baja presión. Dentro de esta última familia, si el elemento es el mercurio, y la pared interna del tubo, que en este caso es de vidrio, va recubierta de una mezcla de sustancias luminiscentes, serán *lámparas fluorescentes*.

Como hemos dicho anteriormente, la lámpara envía su luz en todas las direcciones del espacio. En Fotometría, la luz enviada en una dirección se conoce como *intensidad luminosa*, y se mide tomando como unidad la *candela*. Si se hace una integración de la luz enviada en todas las direcciones del espacio, se tiene entonces otra magnitud fotométrica que es el *flujo luminoso*, cuya unidad es el *lumen*.

En los catálogos de lámparas se acostumbra a dar el dato del flujo luminoso, pero quizá sea más interesante saber el flujo luminoso producido por unidad de potencia eléctrica que consu-



me la lámpara. Esta magnitud se denomina *eficacia luminosa* y se mide en *lúmenes por vatio*. Comparando las eficacias luminosas de distintos tipos de lámparas o dentro de un mismo tipo, las de distinta potencia, se puede saber cual de ellas aprovecha mejor la energía, y es un modo de ahorrar energía y dinero. Por ejemplo la eficacia de las lámparas fluorescentes es aproximadamente ocho veces la eficacia de las lámparas de incandescencia (Fig. 2).

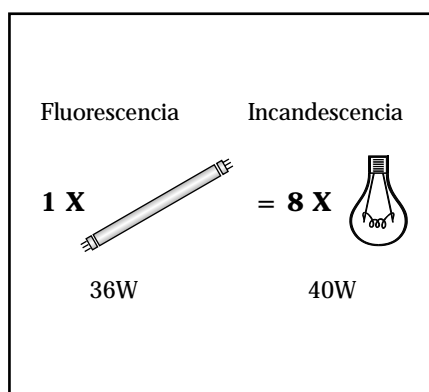


Fig. 2.

Un dato que no aparece de forma explícita en los catálogos es la distribución espectral, es decir, la potencia emitida en cada una de las longitudes de onda del espectro visible. Generalmente aparecen unos gráficos con una idea aproximada de cuánto emiten en cada uno de los colores del espectro, pero no dan una tabla de valores. Conocer la distribución espectral es muy importante, porque a partir de ella se puede saber exactamente cuál es el color de la luz emitida, se puede calcular la temperatura de color y también el índice de rendimiento en color.

En el caso de las lámparas fluorescentes, normalmente el fabricante da estos dos últimos datos. La temperatura de color es una indicación abreviada de la tonalidad de la luz producida por cada lámpara (Tabla I). Se expresa en Kelvins, símbolo K.

El otro dato, el índice general de rendimiento en color, sirve para conocer de antemano cómo va a reproducir los colores la fuente luminosa. Está basado en el cambio colorimétrico de ocho muestras de color normalizadas cuando se ven

con la fuente en estudio, con respecto al color que tenían bajo un iluminante que se toma como referencia. El valor máximo del índice de rendimiento en color es 100. Índices de rendimiento en color superiores a 85 son ya muy buenos, y superiores a 90 son excelentes.

TABLA I. Tonalidad de la luz emitida por las lámparas.

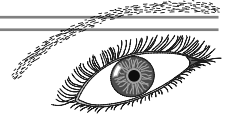
Temperatura de color correlacionada	Tonalidad
> 5 000 K	Fría
3 300 K a 5 000 K	Intermedia
< 3 300 K	Cálida

La selección de la lámpara más adecuada para un determinado alumbrado, estará en función de la importancia que tenga la reproducción de los colores naturales. En las industrias textiles, de pinturas e imprentas, así como en tiendas de tejidos, hospitales y cocinas, es necesaria una correcta reproducción de los colores. Por el contrario, en almacenes y en la industria mecánica pesada, la reproducción de los colores no tiene ninguna importancia.

2.1.2. El objeto

Los objetos que encontramos en nuestra vida diaria son de lo más variado. Refiriéndonos al caso concreto de libros impresos, lo normal es que estén hechos con papel blanco y las letras impresas con tinta negra. El papel si es blanco y es mate, tiene una reflectancia difusa bastante alta, y la tinta tiene una reflectancia mixta muy baja.

Antes de continuar conviene aclarar unos cuantos conceptos. Cuando un rayo de luz llega a la superficie de separación de dos medios, por ejemplo aire y vidrio (Fig. 3), una parte de él se refleja volviendo en sentido contrario al incidente, otra parte es absorbida por el segundo medio y otra parte se transmite. Por el principio de conservación de la energía, la suma de las partes reflejada, absorbida y transmitida es igual a la incidente. Se llama *reflectancia* al cociente del flujo reflejado por el flujo incidente. *Transmitancia* es el cociente del flujo transmitido



por el flujo incidente. *Absortancia* es el cociente del flujo absorbido por el flujo incidente. Las tres magnitudes son inferiores a la unidad, y precisamente la suma de las tres es igual a uno.

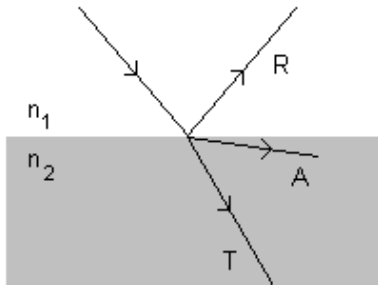


Fig. 3.

En el caso de la reflexión y la transmisión, se pueden producir de dos maneras. Cuando en la reflexión para un rayo incidente sólo hay un rayo reflejado, se dice que hay *reflexión especular* (como la de un espejo), y si a un rayo incidente le corresponden infinitos rayos reflejados (Fig.4), se dice que hay una *reflexión difusa* (como la de un difusor por reflexión).

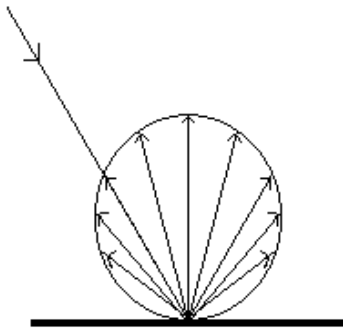


Fig. 4.

En la transmisión habrá, de forma paralela, *transmisión regular* cuando haya un solo rayo transmitido, y *transmisión difusa* cuando haya infinitos. Los objetos que encontramos en la vida cotidiana no presentan ninguno de estos tipos de reflexión o transmisión, que podemos llamar ideales o extremos; normalmente se comportan de un modo intermedio, produciéndose las reflexiones y transmisiones mixtas. Pero si predomina

mucho la reflexión difusa, se dice que es un difusor, y si lo que predomina es la reflexión especular, se dice que es un espejo.

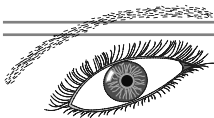
En nuestro ejemplo del fenómeno de la visión, decíamos que un rayo luminoso salía de la lámpara e incidía sobre el libro, o dicho de otra manera, iluminaba el libro. Si sabemos la intensidad luminosa del rayo que sale en esa dirección y la distancia, se puede calcular cuánto ilumina. La magnitud que mide esto se denomina *iluminancia*, y es igual al cociente de la intensidad luminosa por el cuadrado de la distancia. La unidad de iluminancia es el *lux*, que es igual a un lumen por metro cuadrado. La variación de la iluminancia se rige por la ley de la inversa del cuadrado de la distancia.

La Comisión Internationale de l'Eclairage (CIE), en su *Guía para Iluminación de Interiores*, da una tabla (que reproducimos a continuación) con las iluminancias recomendadas para cada una de las tareas visuales según la clase de actividad.

Se observa que para el trabajo de oficina, que puede considerarse como una mezcla de lectura y escritura, el nivel recomendado oscila entre 500 y 750 lx.

Volviendo a nuestro ejemplo del fenómeno de la visión, sabemos cómo calcular la luz que llega al libro, aplicando la ley de la inversa del cuadrado de la distancia, pero la luz que llega al ojo es la que sale del libro, y ésta necesita otro tratamiento. Hemos dicho que el papel blanco tiene una reflectancia difusa elevada. Al tener reflectancia difusa, la luz que recibe en una dirección la devuelve en todas direcciones, es decir, el papel se convierte en un emisor secundario de luz. La luz no la percibimos como si viniera de la lámpara, sino como proveniente del propio papel. Ahora, al convertirse el papel en un manantial de luz extenso, ya no es posible hablar de intensidad luminosa; hay que emplear la magnitud denominada *luminancia*, que es la intensidad luminosa por unidad de superficie. La unidad de luminancia es la *candela por metro cuadrado*.

El proceso de cálculo para determinar la luminancia que sale de una superficie a partir de la iluminancia que recibe no es sencillo, pues la



luminancia es una magnitud direccional, y el único método fiable es medirla con un luminancímetro. Para el caso concreto de unos difusores especiales llamados isótropos (que tienen la misma luminancia en todas las direcciones), la luminancia se obtiene multiplicando la iluminancia por la reflectancia de la superficie y dividiendo por el número pi (π).

En nuestro ejemplo hemos dibujado dos rayos luminosos, uno que salía de la lámpara e iba a parar al libro y otro que incidía en la pared y luego iba hacia el libro. Esta representación se ha hecho para destacar que la iluminancia en el puesto de trabajo es función de dos componentes. La componente directa, que se rige por la ley de la inversa del cuadrado de la distancia, y la componente originada por las interreflexiones entre los distintos paramentos del local. Esta segunda componente es más complicada de calcular, pues hay que considerar las luminancias de los paramentos, que son función de sus reflectancias. Para aumentar la componente reflejada

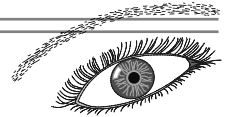
y conseguir una distribución uniforme de luminancias en el campo visual, es conveniente: que el techo tenga una reflectancia alta, mayor de 0,7 (sea blanco); que la reflectancia de las paredes esté entre 0,7 y 0,5; y que el suelo tenga una reflectancia baja, del orden de 0,3.

Una vez conocida la definición de luminancia, que es precisamente la única magnitud fotométrica que el ojo es capaz de percibir, se puede definir otra magnitud, fundamental para la visión de los objetos; nos referimos al *contraste*. En el caso de una letra impresa sobre papel blanco, el papel hace de fondo y tiene una determinada luminancia. La letra será el detalle que queremos percibir y también tendrá una luminancia, aunque sea muy pequeña. El contraste se define por:

$$\text{CONTRASTE} = \frac{\text{Luminancia del fondo} - \text{Luminancia del detalle}}{\text{Luminancia del fondo}}$$

Tabla II. Iluminancias recomendadas para interiores.

Intervalo	Iluminancia recomendada	Clase de actividad
A	20	Zonas públicas con alrededores oscuros.
	30	
	50	
	75	
	100	
B	150	Únicamente como simple orientación en visitas de corta duración.
	200	Lugares destinados a un trabajo discontinuo (zonas de almacenaje, entradas).
	300	Tareas con necesidades visuales limitadas (maquinaria pesada, salas de conferencias).
	500	Tareas con necesidades visuales normales (maquinaria media, oficinas).
	750	Tareas con necesidades visuales especiales (grabado, inspección textil).
C	1000	Tareas prolongadas que requieren precisión (minielectrónica, relojería).
	1500	Tareas visuales excepcionalmente exactas (montaje microelectrónico).
	2000	Tareas visuales muy especiales (operaciones quirúrgicas).
	3000	
	5000	
Iluminación adicional para tareas visuales precisas	7500	
	10000	
	15000	
	20000	



Cuando la luminancia del detalle es muy pequeña, el contraste se aproxima a la unidad. Por el contrario, cuando la luminancia del detalle es muy parecida a la luminancia del fondo, el contraste tiende hacia cero.



Fig. 5.

Si la luminancia del fondo es más alta que la luminancia del detalle, el *contraste es positivo*, y si la luminancia del fondo es más baja que la luminancia del detalle, el *contraste es negativo* (Fig. 5). En imprenta, para conseguir un buen contraste es necesario que la luminancia del detalle sea muy pequeña, por eso siempre se procura que la tinta sea muy negra.

La influencia del contraste en la visibilidad es tan grande que todas las medidas de esta última magnitud siempre se hacen reduciendo el contraste hasta el umbral, es decir, cuando deja de verse el detalle por falta de contraste.

Otra magnitud que también tiene una influencia directamente proporcional sobre la visibilidad es el tamaño del detalle. Una letra de pequeñas dimensiones se ve con más dificultad que una letra grande.

2.1.3. El observador

El tercer elemento que condiciona el fenómeno de la visión es el observador, aunque quizá sería mejor limitarse al ojo, ya que sobre la conexión ojo-cerebro poco se puede hacer con el alumbrado.

El ojo humano se puede considerar como un dioptrio esférico en el que el primer elemento refractivo es la *córnea*, con un índice de refracción 1,376, muy próximo al del agua. El resto de los elementos tienen índices de refracción parecidos, destacando el *crystalino*, con un índice un poco más alto. Lo importante del ojo, considerado como un instrumento óptico, es que forma la imagen del mundo exterior sobre la retina. En la retina hay unos fotorreceptores, los conos y los bastones, que transforman la imagen en impulsos nerviosos. Los *conos* son los encargados de la visión con altas luminancias (visión de día), de los colores y de los pequeños detalles. Los *bastones* son sensibles a bajas luminancias (visión nocturna), pero no detectan los colores.

Pegado a la cara anterior del cristalino se encuentra el *iris*, que es un diafragma circular cuya misión es regular la cantidad de luz que entra en el ojo. Cuando hay mucha luz la *pupila* se contrae, y cuando hay poca se dilata.

El sistema de enfoque del ojo reside en el cristalino, que cambia su forma según se esté mirando cerca o lejos (Fig. 6). Lo ojos se mueven dentro de las órbitas gracias a un sistema de seis músculos, y existe una relación constante entre la distancia de enfoque y la convergencia de los ejes ópticos de ambos ojos.

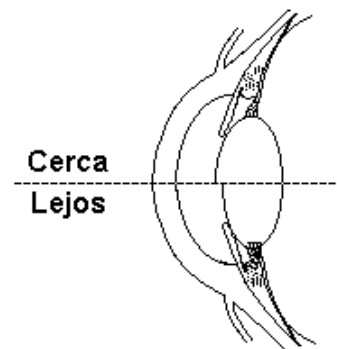
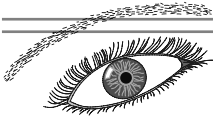


Fig. 6.

2.2. El entorno

Al explicar el fenómeno de la visión por razones de sencillez, se consideró un caso ideal, pero lo normal es que el libro esté sobre una mesa,



haya más muebles en la habitación y que ésta tenga alguna ventana. Nuestros ojos tienen un campo de visión que se extiende aproximadamente a media esfera, suponiendo la cabeza situada en el centro. Por la parte superior, el campo es un poco más pequeño a causa de las cejas, pero por los lados temporales pasa de los 180°. Nuestro ojo detecta lo que hay en todo este campo visual, y basta con que exista un foco luminoso dentro de él para que automáticamente se produzca una disminución en nuestra capacidad de ver. Esto es lo que se conoce como *deslumbramiento*.

Pero el deslumbramiento no sólo se produce cuando hay una fuente de luz parásita en nuestro campo visual; puede suceder que la superficie de la propia tarea sea brillante (papel satinado en un libro) y se produzca un reflejo molesto que no nos deja ver con nitidez (Fig. 7).

Cuando conducimos por una carretera con niebla, la luz retrodifundida por las gotitas de agua nos impide ver lo que hay delante. Podemos decir que el deslumbramiento se puede producir sobre la tarea o proceder del entorno, o ambas cosas a la vez.

Los fotorreceptores de nuestra retina tienen también la posibilidad de variar su sensibilidad en función del nivel luminoso. Este proceso es lo que se denomina *adaptación*. No es un proceso inmediato, requiere cierto tiempo, pero gracias a él podemos ver a pleno sol o por la noche con

sólo la luz de la luna. Cuando salimos de un sitio oscuro a la claridad, antes de que el ojo se adapte, se produce deslumbramiento y la molestia es tan grande que a veces nos obliga a cerrar los ojos. Lo contrario sucede al pasar de un lugar muy luminoso a un cuarto oscuro: durante los primeros minutos no vemos nada. Cuando conducimos por una carretera de noche y nos cruzamos con otro coche, sus faros nos deslumbran, y son necesarios varios segundos para recuperar la visión normal. Podemos entonces clasificar el deslumbramiento en función del tiempo en simultáneo y sucesivo. Si se atiende a la repercusión que el deslumbramiento tiene en el individuo, se puede clasificar en molesto y perturbador. Molesto, cuando impide la visión y la persona lo nota, y perturbador cuando resta posibilidades de ver pero se puede soportar.

3. CASO CONCRETO DEL PUESTO DE TRABAJO CON ORDENADORES

Anteriormente hemos visto los problemas visuales en un lugar de trabajo en el caso más general, y nos han servido también para recordar los términos que se utilizan en el campo del alumbrado.

En el momento actual, el uso de los ordenadores se ha generalizado tanto que no hay ninguna actividad comercial o profesional en la que no se utilicen. Los modos de utilización de los ordenadores se pueden resumir en tres: entrada de datos, búsqueda de datos y diálogo con el ordenador. En todo puesto de trabajo con ordenadores se pueden distinguir los elementos siguientes: la pantalla, el teclado, el documento escrito de datos, el usuario y el entorno que rodea al sistema.

La entrada de datos consiste en introducir en la memoria del ordenador un conjunto de datos numéricos o alfabéticos que se encuentra en el documento, utilizando para ello el teclado. En esta opera-

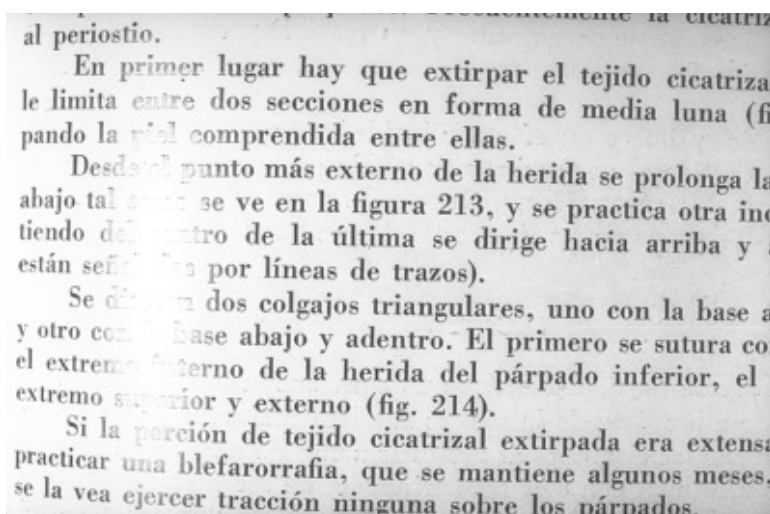
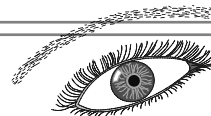


Fig. 7.



ción, el usuario pasa la mayor parte del tiempo mirando el documento y sólo de vez en cuando mira a la pantalla para comprobar. Actualmente, con los sistemas de adquisición de datos o los lectores de códigos de barras o de marcas, esta operación se ha simplificado mucho.

La búsqueda de datos se basa en sacar de la memoria del ordenador la información que se necesita normalmente para atender la demanda de un cliente. En esta operación el usuario reparte su atención entre la pantalla y el cliente, aunque también necesita el teclado para pedir la información. Muchas veces, la búsqueda de datos es la operación previa al diálogo para expedición de billetes.

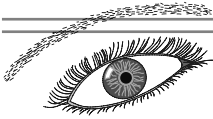
En el diálogo con el ordenador hay un flujo de información en los dos sentidos entre la pantalla y el usuario. La atención del usuario debe repartirse entre la pantalla, el teclado y el documento fuente. Los tiempos de cada operación varían de un momento a otro. Dentro del diálogo con el ordenador se pueden incluir el tratamiento de textos, la programación y los diseños de dibujos.

Puede concluirse que en todos los modos de utilización de los ordenadores la tarea visual del usuario es bastante compleja, pues tiene que fijar su mirada en tres o cuatro planos diferentes, con distintas orientaciones y luminancias y situados a diferentes distancias. Normalmente la pantalla está en un plano vertical, con unos caracteres luminosos sobre un fondo oscuro. El teclado está horizontal o ligeramente inclinado, con teclas cuadradas de superficie cóncava que producen reflejos. El documento es normalmente un papel blanco con letras impresas, sostenido en un plano vertical u horizontal. El cliente está a cierta distancia bajo la iluminación general de la estancia. El ojo del usuario tiene que estar cambiando constantemente su acomodación a diferentes distancias, su diámetro pupilar y su adaptación a diferentes luminancias.

Dado que el alumbrado del local donde se encuentra el ordenador tiene mucha influencia sobre la fatiga que produce el trabajo con estos aparatos, vamos a considerar las características y requisitos que debe cumplir cada uno de los elementos que lo componen.

3.1. Características de la pantalla

- La superficie de la pantalla debe ser mate, con un tratamiento antirreflejante. En caso de no disponer de dicho tratamiento se podrá superponer un filtro antirreflejante que no produzca una disminución excesiva de la luminancia de los caracteres ni modifique su forma. Deberá poderse limpiar con facilidad y no electrizarse. Los modelos a base de una malla fina de fibra de carbono son bastante recomendables, pues tienen una reflectancia muy baja. El inconveniente de todos los filtros que se colocan delante de la pantalla es que reducen la luminancia de los caracteres, y para compensar esta pérdida hay que aumentar la luminancia, lo que ocasiona un aumento de la borrosidad. Un modo aproximado de evaluar el grado de reflexión es poner delante de la pantalla un papel blanco, ver si se refleja y cuánto se refleja.
- La pantalla deberá poderse orientar e inclinar para lograr el ángulo de visión correcto y evitar reflexiones molestas. Deberá poder elevarse 20° y descender 5° .
- Para pantallas con contraste negativo, la luminancia de los caracteres debe estar entre 30 cd/m^2 y 150 cd/m^2 . La luminancia del fondo debe ser de 10 cd/m^2 por lo menos. El contraste, que ha de ser ajustable, deberá estar entre -2 y -15.
- Para pantallas con contraste positivo, la luminancia del fondo debe estar entre 30 cd/m^2 y 150 cd/m^2 . La luminancia de los caracteres debe ser de 5 cd/m^2 por lo menos. El contraste, que ha de ser ajustable deberá estar entre 0,8 y 1.
- La luminosidad y el contraste de los caracteres deben ser regulables por el propio usuario. La luminancia de los caracteres podrá aumentarse sin que se produzca borrosidad.
- En el caso de pantallas monocromas, serán preferibles los caracteres amarillos sobre fondo marrón o verdes sobre fondo gris oscuro.

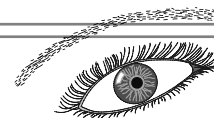


- Si la pantalla es policroma los colores deben ser agradables. Los colores extremos del espectro (rojo y azul), donde la sensibilidad del ojo es menor, deben evitarse.
- El mueble que alberga la pantalla tendrá un acabado mate, de un color neutro, cuya reflectancia no produzca un contraste excesivo respecto al fondo de la pantalla.
- Si los caracteres son generados por una matriz de puntos, el tamaño de la matriz debe ser superior a 5x7.
- La altura del carácter debe ser tal que a la distancia normal de visión subtienda un ángulo de 15' a 20'. El carácter debe tener aproximadamente unos 3 mm de altura.
- La anchura del carácter debe estar entre 0,7 y 0,8 de su altura.
- La anchura del trazo debe ser del 0,12 al 0,17 de la altura del carácter.
- La separación entre caracteres debe estar entre 0,2 y 0,5 de la altura de éstos.
- La separación entre palabras debe ser, al menos, igual a la anchura de un carácter.
- La separación entre dos líneas debe ser lo suficientemente grande para que las letras que tienen una parte que desciende sobre la línea base (gjpqy) no se junten con las que tienen una parte ascendente (bdfhkl).
• Es conveniente asegurarse de que los siguientes caracteres son perfectamente distinguibles. 1 de l, O de Q, O de 0, H de N, S de 5, I de l, X de K, U de V, C de G.
- Los caracteres no deben presentar ningún parpadeo, esto es una variación periódica de su luminancia. El parpadeo se detecta mejor mirando a la pantalla en visión totalmente lateral.
- Los caracteres deben verse igual de nítidos en el centro de la pantalla que en las cuatro esquinas. Se comprobará utilizando el mismo grupo de caracteres en los cinco puntos.

3.2. Características del teclado

El diseño del teclado tiene mucha importancia en el trabajo con ordenadores, pues aunque el usuario sea un buen mecanógrafo, siempre necesitará lanzar alguna mirada al teclado. La superficie de las teclas y su marcado influyen enormemente en la velocidad de escritura y en los posibles errores. Basta un reflejo o una tecla borrosa para producir una pérdida de tiempo o una pulsación errónea.

- Para poder colocar el teclado en la posición más conveniente para el usuario o evitar algún reflejo incómodo, es conveniente que el teclado sea independiente de la pantalla y pueda moverse sobre la mesa, pero que no deslice al escribir.
- Conviene que el plano de las teclas sea ligeramente inclinado, con una pendiente entre 5° y 15°.
- Para que el trabajo sea cómodo, las manos deben descansar sobre el borde inferior del teclado o bien apoyarse sobre la mesa.
- La altura del teclado debe permitir una posición cómoda, siendo recomendable que la tecla de la letra A no esté a más de 30 mm de la superficie de la mesa.
- La superficie de las teclas debe ser ligeramente cóncava, con un acabado mate para evitar reflejos.
- El color de las teclas debe ser neutro, con una reflectancia entre media y alta. Es conveniente una codificación de colores para distinguir las diferentes áreas del teclado (letras, números, funciones especiales, etc.).
- En la superficie de la tecla irá grabado de forma indeleble el carácter o la función que representa. Algunas teclas corresponden a funciones especiales que no se pueden representar con un símbolo, y es necesaria una leyenda. Ésta debe ser concisa y explícita para identificar con facilidad su finalidad.
- El tamaño de las teclas cuadradas debe estar entre 12 y 15 mm de lado. Las teclas de funciones pueden ser de tamaño mayor.



- Cuando se pulsa una tecla, debe percibirse por el sonido que se ha registrado el carácter. El desplazamiento que experimenta al ser pulsada estará comprendido entre 2 y 5 mm.
- La fuerza necesaria para pulsar una tecla debe estar entre 0,25 N y 1,5 N.
- Los bordes del teclado serán de un color neutro, con acabado mate y de una reflectancia entre 0,2 y 0,5.

3.3. Características del documento

- Los documentos que sea necesario consultar deben ser legibles, a ser posible escritos a máquina o tinta. Se evitarán copias poco contrastadas. El papel debe ser mate y preferiblemente blanco.
- Cuando los datos que hay que introducir son muchos, deberá disponerse de un atril, en donde se puedan colocar los documentos en un plano inclinado o vertical, y se situarán a la misma distancia que la pantalla.
- Las piezas de soporte de los documentos serán mates con el fin de evitar reflejos.
- El usuario podrá situar el documento a la altura, distancia e inclinación que le resulte más cómoda.

3.4. Condiciones ergonómicas del puesto de trabajo

- La distancia entre el ojo del usuario y la pantalla debe estar comprendida entre 45 y 55 cm (Fig. 8).
- La línea de visión formará un ángulo entre 10 y 20° con la horizontal.
- La mesa tendrá unas dimensiones que permitan situar la pantalla, el teclado y los documentos, además de poder escribir con comodidad.
- La altura de la mesa sobre el suelo será de 60 a 75 cm, de modo que el usuario

pueda mantener cómodamente un ángulo de 90° entre brazo y antebrazo.

- El usuario se sentará en un sillón móvil con cinco ruedas, con un asiento regulable de 38 a 48 cm de altura y de 40 cm de profundidad.
- El respaldo del sillón será rígido, con forma anatómica, de altura regulable e inclinable.
- Para poner los pies dispondrá de un reposapiés, regulable en altura e inclinación, que permita tener las piernas en una postura cómoda, con un ángulo en las rodillas algo superior a 90°.
- Debajo de la mesa debe haber suficiente espacio para las piernas, tanto en el plano horizontal como en el vertical.

3.5. Condiciones luminosas del entorno

- La iluminancia en el plano de la mesa estará comprendida entre 150 y 300 lx. Los niveles medios de iluminancia para el puesto de trabajo con ordenadores en todas las recomendaciones, tienden a ser más bajos que los recomendados para oficinas (500 lux). El motivo es que de ese modo se puede reducir la luminancia de la pantalla, con lo cual se evita el emborramiento de los caracteres.

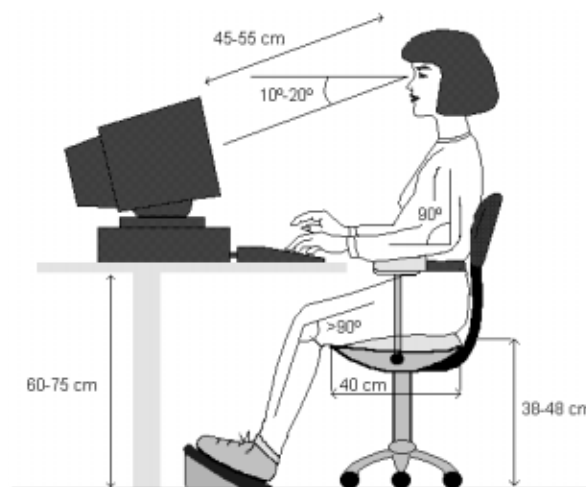
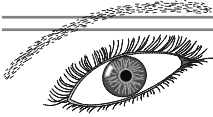


Fig. 8.



- Ninguna luminaria que pueda verse desde el puesto de trabajo tendrá una luminancia superior a 500 cd/m^2 en la dirección del usuario.
- Se recomienda el uso de luminarias con una distribución de intensidades luminosas hacia los dos lados (distribución en ala de murciélago).
- En todo el campo visual de los usuarios se evitarán superficies brillantes que den origen a reflejos molestos.
- Las fuentes de luz utilizadas en el alumbrado deberán tener una luminancia inferior a 2000 cd/m^2 .
- Nunca se situarán las pantallas de modo que el usuario pueda ver ventanas en su campo visual (Fig. 9). Las pantallas se situarán en un plano perpendicular al de las ventanas.
- Las ventanas deben estar provistas de persianas o cortinas cuya reflectancia esté entre 0,5 y 0,7.
- El puesto de trabajo no se situará bajo las líneas de luminarias, sino entre ellas (Fig. 10).
- Con la pantalla apagada, se observará si hay algún reflejo molesto sobre ella, y se orientará de modo que desaparezca.

- El techo del local debe ser blanco con una reflectancia mayor de 0,7.
- La reflectancia de las paredes debe estar comprendida entre 0,5 y 0,7.
- La reflectancia del suelo debe ser del orden de 0,3.
- En los documentos no deben aparecer reflejos molestos.

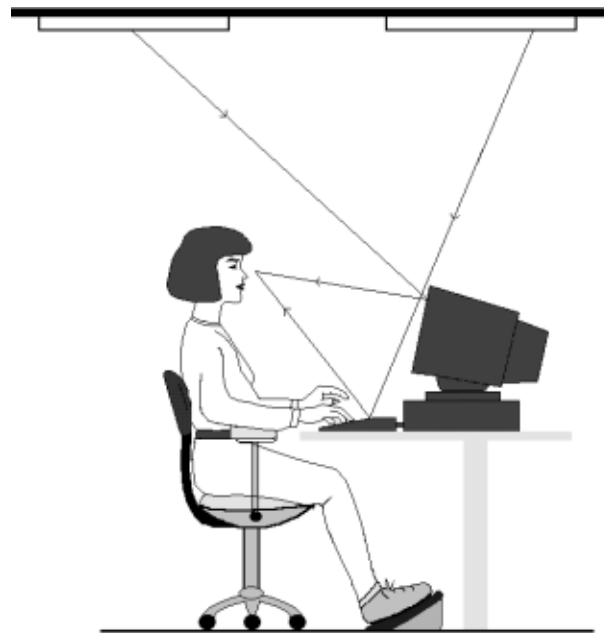


Fig. 10.

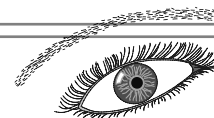


Fig. 9.

3.6. Condiciones del usuario

El trabajo con ordenadores somete el ojo del usuario a grandes esfuerzos visuales. Hay grandes cambios de acomodación, pues la pantalla está a unos 50 cm, el teclado a unos 30 cm y el documento a unos 40 cm. Esto puede ser causa de fatiga visual, pues hay personas, sobre todo mayores, que no pueden realizar estos cambios de distancia de enfoque con facilidad.

La fatiga visual generalmente se manifiesta en forma de dolor de



cabeza, irritabilidad, escozor e irritación de los ojos, lagrimeo, sensación de ojos secos, etc.

Si el usuario necesita gafas, es conveniente que haya advertido al óptico que las quiere para trabajar con ordenadores. El uso de multifocales puede ser una buena solución si el usuario está acostumbrado a ellas.

Las luminancias del teclado y del documento son función de sus respectivas reflectancias y de las iluminancias recibidas. Si ambos están en un plano horizontal el documento tendrá, por lo general, una luminancia más alta que el teclado pues el documento tiene normalmente una reflectancia mayor. Si el documento está en un plano vertical, la diferencia será mayor, pues generalmente la iluminancia en el plano vertical es mayor que en el horizontal.

La luminancia de la pantalla está determinada por la suma de la luz reflejada procedente del alumbrado general y la luminancia de la propia pantalla. Para una pantalla con contraste positivo (caracteres oscuros sobre fondo claro), la luminancia es parecida a la del documento, pero para una pantalla de contraste negativo, la luminancia es baja si no está toda la pantalla llena de caracteres.

Como el usuario está cambiando constantemente la dirección de su mirada, es evidente que la pupila tiene que dilatarse y contraerse, y no es extraño que aparezca la fatiga visual.

Cuando el usuario tiene un defecto visual y no está perfectamente corregido, el esfuerzo que tiene que realizar para suplir esta deficiencia desencadena un cuadro de molestias que no se había presentado antes. Muchas veces, al trabajo con ordenadores le achacan trastornos visuales que no son ocasionados por el trabajo sino que eran defectos antiguos desconocidos.

Muchos usuarios se quejan a veces de dolores musculares, fundamentalmente de espalda o de nuca, que son originados bien por permanecer mucho tiempo en la misma postura o bien por haber adoptado una postura incómoda durante mucho rato. Es conveniente cambiar de postura de vez en cuando.

Muchos de los dolores musculares están causados por adoptar una postura incorrecta para evitar un reflejo molesto de la pantalla. Al ser convexa, la superficie de la pantalla recoge imágenes de un enorme campo. La mejor solución es, con la pantalla apagada, ver qué reflejos se producen y tratar de identificarlos, para luego suprimirlos colocando pantallas opacas en las fuentes de luz.

Al mirar a la pantalla se levanta la cabeza, con lo que el campo visual gira, y puede que entren en el ojo luces que antes no lo hacían, por ejemplo las procedentes de las luminarias del techo, aumentando así las posibilidades de deslumbramiento.

4. BIBLIOGRAFÍA

Pub. CIE nº 29, *Guide on interior lighting*, Commission Internationale de l'Eclairage, Paris 1975.

Pub. CIE nº 60, *Vision and the visual display unit work station*, Commission Internationale de l'Eclairage, Paris 1984.

Fuentes de Luz, Antonio de la Cruz Castillo y José Carlos Toledano Gasca, Paraninfo, Madrid 1992.