



**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**  
**FACULTAD DE FARMACIA**

TRABAJO DE FIN DE GRADO  
GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

# ***EXPOSICIÓN A PANTALLAS EN LA ACTUALIDAD***

**Manuel Ramos Enríquez**



**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**  
**FACULTAD DE FARMACIA**

TRABAJO DE FIN DE GRADO  
GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

**TÍTULO:**

EXPOSICIÓN A PANTALLAS EN LA ACTUALIDAD.

**AUTOR:**

MANUEL RAMOS ENRÍQUEZ.

**DEPARTAMENTO:**

FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA.

**ÁREA DE CONOCIMIENTO:**

ÓPTICA.

**TUTOR:**

DÑA. MARTA C. GARCÍA ROMERA.

**TIPO DE TRABAJO:**

TRABAJO FIN DE GRADO DE CARÁCTER EXPERIMENTAL.

**LUGAR Y FECHA DE DEFENSA:**

FACULTAD DE FARMACIA, 19 DE SEPTIEMBRE DE 2016.

# Exposición a pantallas en la actualidad

---

## RESUMEN

El uso de pantallas electrónicas ha ido creciendo de forma exponencial en los últimos veinte años, hasta el punto de que hoy día podemos encontrarlas en todo tipo de dispositivos y son utilizadas para multitud de tareas, tanto el ámbito laboral como en el ocio. Debido a esto, son muchas horas al día las que pasamos frente a una pantalla. La aparición de estos dispositivos ha generado cambios en la forma de vida de las personas, así como también se han visto modificados nuestros hábitos visuales, provocando la aparición de síntomas asociados al uso de las mismas.

En la actualidad, la inmensa mayoría de las pantallas comercializadas utilizan el LED como forma de iluminación debido a la multitud de ventajas que ofrece; un consumo energético reducido, una alta eficiencia luminosa, un elevado tiempo de vida útil, la posibilidad de fabricar pantallas de reducido tamaño, su resistencia, etc.

La luz LED, sin embargo, emite una gran cantidad de luz azul, de longitud de onda corta y altamente energética, que ha demostrado poder causar efectos irreparables sobre la salud ocular y visual.

## SIGLAS Y ABREVIATURAS

**CRT:** Cathode Ray tube, tubo de rayos catódicos.

**DMAE:** Degeneración macular asociada a la edad.

**IR:** Infrarrojo.

**LCD:** Liquid crystal display, pantalla de cristal líquido.

**LED:** Light emitting diode, diodo emisor de luz.

**OLED:** Organic light emitting diode, diodo orgánico emisor de luz.

**ROS:** Reactive oxygen species, especies reactivas del oxígeno.

**SVI:** Síndrome visual informático.

**UV:** Ultravioleta.

# Exposición a pantallas en la actualidad

---

## ÍNDICE

### RESUMEN, SIGLAS Y ABREVIATURAS

1. INTRODUCCIÓN.....	5
1.1. TIPOS DE PANTALLAS.....	6
1.1.1. CRT.....	6
1.1.2. Pantallas planas (FDP).....	7
1.1.2.1. Plasma.....	7
1.1.2.2. LCD.....	8
1.1.2.2.1. LCD Reflectivos.....	10
1.1.2.2.2. LCD Retroiluminados.....	10
1.1.2.3. OLED.....	12
1.1.2.4. Tabla ventajas y desventajas.....	13
1.2. LED.....	14
1.3. EFECTOS OCULARES/VISUALES.....	16
1.3.1. Breve descripción del funcionamiento ocular.....	16
1.3.2. Alteraciones asociadas al uso de pantallas.....	18
1.3.2.1. Síndrome visual informático.....	21
1.3.2.1.1. Factores que influyen en la aparición de síntomas.....	19
1.3.2.2. Ojo seco.....	22
1.3.2.3. DMAE.....	23
1.3.2.4. Aumento del error refractivo.....	25
1.3.2.5. Alteración de los ritmos circadianos.....	26
2. OBJETIVOS.....	27
3. METODOLOGÍA.....	28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
5. CONCLUSIONES.....	36
6. BIBLIOGRAFÍA.....	37
7. ANEXO.....	40

# Exposición a pantallas en la actualidad

---

## 1. INTRODUCCIÓN

La luz, algo tan cotidiano como complejo.

La luz ha sido desde siempre motivo de estudio y discusión, principalmente por dos razones; la primera es que da lugar a cuestiones de gran interés en la filosofía natural, y la segunda porque tiene aplicaciones prácticas en campos tan atractivos como la astronomía o la oftalmología. Tantas han sido estas aplicaciones, que hoy día, tras dos mil cuatrocientos años desde que Euclides de Alejandría describiera los primeros principios de propagación lineal de la luz en su tratado *Óptica*, aún sigue siendo motivo de estudio y continúan apareciendo nuevas aplicaciones con las que hacer más fácil nuestras vidas.

Una de estas aplicaciones es la pantalla, refiriéndonos a ella como una superficie con capacidad para emitir luz y formar imágenes. La primera tecnología usada para crear estos dispositivos fue el CRT, desarrollado en 1897 por Karl Ferdinand Braun (1850-1918), sin embargo no es hasta la década de los 50 cuando este objeto se hace popular en gran parte del mundo. Tras esto llegan en los años 70 las primeras computadoras con monitores CRT, pero no es hasta la aparición de las pantallas planas cuando realmente comienza su uso masivo; en 1997 la marca comercial Philips saca a la venta el primer televisor de pantalla plana, solucionando de esta forma el principal problema de los CRT, su volumen. Comienza de esta forma el fin de los tradicionales sistemas de tubos catódicos y el auge de las pantallas planas.

El uso de pantallas llega en la actualidad a todos los ámbitos de la vida. No solo en el ocio, esta modernización y expansión tecnológica ha afectado también al mundo laboral, la introducción de los ordenadores en los diferentes sectores ha generado cambios en los hábitos de trabajo, pudiendo estas nuevas condiciones repercutir en la salud y confort de los trabajadores. Actualmente las pantallas y sus posibles efectos, tanto oculares como sistémicos, son temas en continua investigación debido a la gran repercusión que tienen en la vida de las personas, además de la potencialidad de sus efectos negativos.

En tan solo 20 años, esta tecnología ha pasado a ser parte de nuestras vidas de una forma radical, en la actualidad podemos encontrar pantallas planas en todo tipo de dispositivos, ordenadores, teléfonos móviles, relojes, cajeros, paneles publicitarios y cualquier lugar donde podamos imaginar.

A continuación analizaremos los distintos tipos de pantallas existentes en el mercado actualmente.

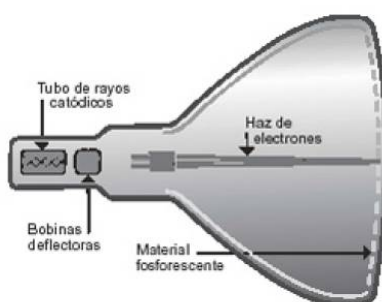
# Exposición a pantallas en la actualidad

## 1.1. TIPOS DE PANTALLAS

Las pantallas de visualización pueden clasificarse en dos grandes grupos en función de la tecnología empleada para formar la imagen: las pantallas de tubos de rayos catódicos (CRT, cathode ray tube) y las pantallas planas (FPD, flat panel displays).

### 1.1.1. CRT. *Cathode Ray tube*, tubo de rayos catódicos.

Es la primera tecnología desarrollada con capacidad para emitir imágenes. Su componente principal es el tubo de rayos catódicos, el cual funciona como cátodo, generando electrones que son acelerados hacia una pantalla de material fosforescente, que actúa como ánodo. El flujo de electrones es concentrado en un haz que viaja a través de un tubo de vacío e impacta contra la pantalla de fósforo, al otro extremo del tubo (Figura 1). El haz de electrones es acelerado mediante un campo estático de alto voltaje cuya orientación se controla mediante unas bobinas deflectoras. Estas bobinas generan campos magnéticos que actúan sobre los electrones emitidos, modificando su trayectoria y siendo capaces de dirigirlos a un punto específico de la pantalla (píxel) (NPT 678: Pantallas de visualización: tecnologías (I), 2004).



**Figura 1. Esquema pantalla CRT**

([www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/fichastecnicas/ntp/ficheros/601a700/ntp\\_678.pdf](http://www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/fichastecnicas/ntp/ficheros/601a700/ntp_678.pdf))

Debido a que el recubrimiento fosforescente sólo emite luz durante un corto período de tiempo tras el impacto de los electrones, es necesario que el haz de electrones generado por el tubo de rayos catódicos barra toda la pantalla muchas veces por segundo para que así se pueda percibir una sensación de continuidad de la imagen en el tiempo (Kirk, 2003).

En primer lugar surgen las pantallas monocromáticas, con un solo cañón de electrones y una sola pantalla de fósforo, posteriormente se desarrollan las pantallas CRT a color, para ello son necesarios tres cañones de electrones y tres capas de fósforo, una para cada color primario

# Exposición a pantallas en la actualidad

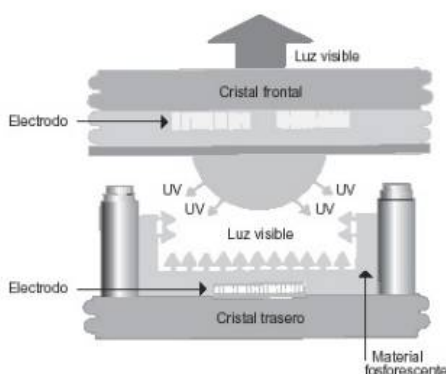
(Rojo, azul y verde). Al combinar la luz emitida por las diferentes capas de fósforo permite generar una gran variedad de colores (Calhoun y Post, 2000).

Uno de sus principales inconvenientes, a parte del tamaño y peso, es el parpadeo. El parpadeo es un fenómeno que se evidencia como un pestañeo entre los cuadros de una imagen, esto ocurre cuando el monitor trabaja con una frecuencia de refresco baja, lo cual permite que los puntos de fosforo en la pantalla pierdan su excitación, es decir, se apaguen entre cada barrido. En una pantalla CRT la frecuencia de refresco es un parámetro importante ya que se relaciona dicha frecuencia con la fatiga visual. En estas pantallas la imagen es creada siempre de nuevo línea por línea, aunque no cambie el contenido de la misma, ya que es necesario para así crear la sensación de continuidad en el tiempo. La frecuencia de refresco es el número de veces que se dibuja la imagen por segundo; es decir, es el número de veces que el haz de electrones barre por completo la pantalla. No obstante, con el fin de evitar el parpadeo, los fabricantes de pantallas se han esforzado en aumentar la frecuencia de refresco de las pantallas. En la actualidad, los valores típicos de frecuencia de refresco se sitúan entre 72 y 96 Hz. La tasa de refresco mínima para la comodidad visual es de 80 Hz (Kirk, 2003).

## 1.1.2. Pantallas Planas. FDP, Flat panel displays.

### 1.1.2.1. Plasma. PDP, Plasma Display Panel.

Este tipo de pantallas planas fueron las primeras en comercializarse. El principio de funcionamiento de una pantalla de plasma consiste en iluminar pequeñas celdas fluorescentes de colores para conformar una imagen. Las pantallas de plasma funcionan como las lámparas fluorescentes, cada píxel es semejante a un pequeño foco coloreado. Cada uno de los píxeles que integran la pantalla está formado por una pequeña celda que contiene una mezcla de gases inertes, generalmente neón y xenón. Al aplicar una diferencia de potencial entre los electrodos de la celda, dicho gas pasa al estado de plasma. El gas así cargado emite radiación



**Figura 2. Esquema PDP**

([www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/fichastecnicas/ntp/ficheros/601a700/ntp\\_678.pdf](http://www.insht.es/inshtweb/contenidos/documentacion/fichastecnicas/ntp/ficheros/601a700/ntp_678.pdf))

## Exposición a pantallas en la actualidad

---

ultravioleta (Figura 2) que golpea y excita el material fosforescente que recubre el interior de la celda. Cuando el material fosforescente regresa a su estado energético natural, emite luz visible.

El funcionamiento por medio de fósforos de las pantallas de plasma, nos ofrece una serie de ventajas como un alto contraste y tiempo de respuesta muy rápido, pero también son la fuente de sus inconvenientes. La exposición de una imagen estática durante un largo periodo de tiempo puede provocar un marcado continuo (quemado) en la pantalla, esto, junto con el desgaste que sufren los fósforos hacen que el tiempo de vida útil de estas pantallas sea reducido respecto a otro tipo de pantallas del mercado.

### 1.1.2.2. LCD, Liquid Cristal Display, Pantallas de cristal líquido.

La base del funcionamiento de este tipo de pantallas esta en el cristal líquido, es un material que presenta al menos una fase de estado intermedia entre la líquida y la sólida cristalina en función de la temperatura y/o de la concentración en un determinado disolvente. En este estado las moléculas mantienen su orientación pero se pueden mover a otras posiciones. Una cualidad de los cristales líquidos es que se ven afectados por la corriente eléctrica perdiendo su conformación. Este tipo de cristal líquido es usado en las pantallas, porque su reacción a la corriente es modelable y permite controlar el paso de luz (GRPFM, Universitat Politècnica de Catalunya, <http://grpfm.upc.edu/investigacion/cristales-liquidos>).

Los LCD se basan en tres principios:

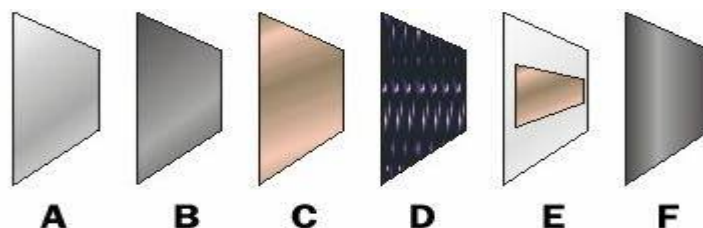
- La luz se puede polarizar.
- Los cristales líquidos pueden transmitir y cambiar la luz polarizada.
- La estructura de un cristal líquido puede ser cambiada por corriente eléctrica.

El cristal líquido en una pantalla LCD se sitúa entre dos placas de vidrio polarizado. La dirección de la polarización de cada placa debe estar en ángulo recto una de otra, es decir, una de ellas tiene surcos horizontales, la otra los tiene verticales. Entre los dos vidrios polarizados se aplican capas sucesivas de moléculas de cristal líquido, las cuales se alinean a sí mismas con estos surcos. Cada capa tiene su propia orientación y se debe tener en cuenta que la orientación de las moléculas debe ir cambiando de ángulo entre capa y capa. Se aplican capas sucesivas hasta completar un giro de 90 grados. El resultado de este proceso es la creación de una celda helicoidal de cristal líquido (<http://www.tftcentral.co.uk/specs.htm>).



## Exposición a pantallas en la actualidad

---



**Figura 3. Partes de una pantalla LCD. FUENTE: HOW STUFF WORKS. How LCD Works. Estados Unidos, 2003 ([www.howstuffworks.com](http://www.howstuffworks.com))**

Un LCD comercial sencillo se conforma de (Figura 3): Un vidrio en la parte de atrás (A), un vidrio polarizado con ranuras (B), un electrodo de iridio (C), capas de moléculas de cristal líquido (D), luego sigue un vidrio con un electrodo (E) y, finalmente un vidrio polarizado (F) en ángulo recto con relación al primero.

La filosofía de funcionamiento es la siguiente: la luz incidente golpea el primer filtro, y es polarizada. Las moléculas de cada capa de cristal líquido guían la luz desde su respectiva capa a la siguiente al cambiar el ángulo de vibración (polarización) natural de ella. Cuando llega a la última capa de cristal líquido, la luz llega con el mismo patrón de polarización del último vidrio polarizado y la luz logra salir. Cuando se aplica un voltaje a las moléculas de cristal líquido por medio de los electrodos, la vía helicoidal que guiaba la luz se destruye y todas las moléculas quedan alineadas de un mismo modo. La nueva vía que recorre la luz no coincide con la dirección de polarización del último vidrio polarizado, por lo tanto, la luz no pasa a través del filtro. El píxel no emite luz.

En estas pantallas cada píxel se divide en tres células de color rojo, verde y azul, cada subpíxel puede controlarse de manera independiente para producir una gran cantidad de colores.

Hay que decir que las moléculas de cristal líquido no tienen la capacidad para emitir luz, solo para transmitirla, por tanto este tipo de pantallas precisan de una fuente de iluminación (Ortiz, 2003).

Actualmente existen fundamentalmente dos tipos de tecnologías LCD:

- TFT, Thin Film Transistor; son los más populares. Poseen un transistor junto a cada píxel, lo que permite encender o apagar individualmente cada píxel. Esto les permite reducir el consumo energético a la vez que aumentar el contraste.

## Exposición a pantallas en la actualidad

---

- IPS, In-plane switching; este tipo de tecnología fue desarrollada para resolver las principales carencias del TFT, como son el ángulo de visión, llegando de esta forma a casi los 180°, las distorsiones, la nitidez y la reproducción del color de baja calidad. De esta forma, la tecnología IPS se ha convertido a día de hoy en el tipo de pantalla utilizado en la mayoría de aparatos electrónicos de alta gama.

Tipos de pantallas LCD., según su iluminación.

### 1.1.2.2.1. LCD Reflectivos.



Los LCD reflectivos no tienen una fuente de luz propia sino que necesitan de una luz externa para ser visualizados. Son muy baratos y se utilizan en relojes (Figura 4) y calculadoras sobre todo. Estas pantallas usan el sistema de segmento, las unidades de la pantalla están dispuestas para formar el número "8", para mostrar números y letras.

**Figura 4. Reloj con pantalla LCD reflectiva**  
([www.casio-europe.com](http://www.casio-europe.com))

### 1.1.2.2.2. LCD Retroiluminados.

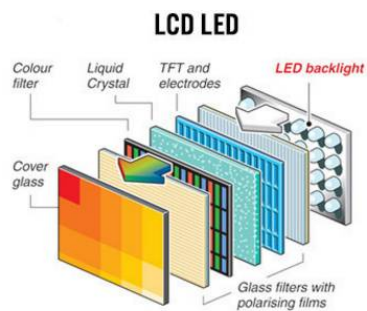
En estas pantallas la fuente de iluminación se coloca detrás del panel LCD, y hay tres tipos disponibles:

- a) Lámpara electroluminiscente: Este tipo de lámpara emite luz en respuesta al paso de una corriente eléctrica. Tienen un bajo consumo energético en comparación con las lámparas fluorescentes, esto junto con la delgadez del material ha hecho que esta tecnología sea usual en la industria de la publicidad incluyéndose en vallas publicitarias y señales electroluminiscentes. Los inconvenientes de estas lámparas convencionales es su baja eficiencia y que su tiempo de vida se encuentra limitado a cientos de horas.
- b) CCFL (Cold Cathode Fluorescent Lamp): El panel LCD es retroiluminado por una lámpara fluorescente de cátodo frío. Utiliza una serie de tubos horizontales que iluminan de manera uniforme toda la pantalla. Este tipo de lámparas fue una de las primeras fuentes utilizadas como método de retroiluminación en televisores y

## Exposición a pantallas en la actualidad

monitores LCD y hasta ahora era la forma de retroiluminación más común pero las cualidades del LED han desplazado a ésta.

- c) LED: Es el sistema de iluminación más extendido en la actualidad, en este tipo de pantalla el panel de retroiluminación está conformado por diodos LED (Figura 5). Sus ventajas frente a la iluminación CCFL; un mayor tiempo de vida, su amplia gama de colores, un menor tiempo de respuesta y el respeto al medio ambiente han convertido al LED en la primera opción como forma de retroiluminación LCD.

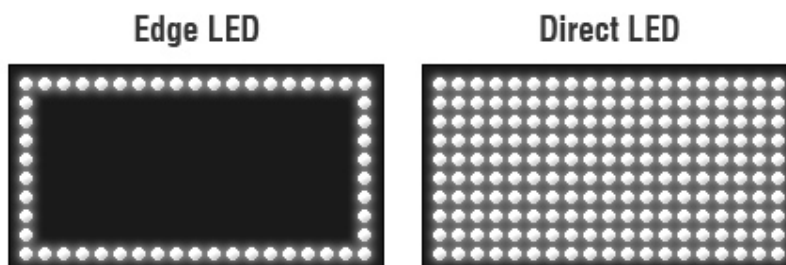


**Figura 5. Esquema de un monitor LCD retroiluminado por un panel LED, en el que se pueden apreciar las distintas capas que lo conforman.**

([www.xataka.com](http://www.xataka.com))

A su vez, la retroiluminación LED puede conformarse de dos formas (Figura 6):

- Direct LED: Estos modelos disponen los LED a lo largo y ancho de toda la pantalla, por lo que son paneles un poco más gruesos. Se logra un elevado contraste y una excelente reproducción de colores.
- Edge LED: Los LED están situados bordeando la pantalla, de forma que hay una menor cantidad de ellos. Con esto se consigue crear paneles con menos grosor y a su vez reducir el consumo energético. Este tipo de distribución es la más utilizada en la actualidad.



**Figura 6. Retroiluminación LED. ([www.tvfacts.es](http://www.tvfacts.es))**

## Exposición a pantallas en la actualidad

---

### 1.1.2.3. OLED, Organic Light Emitting Diode.

Un diodo orgánico emisor de luz es un dispositivo optoelectrónico que consiste en un diodo que contiene una capa electroluminiscente basada en sustratos orgánicos, conocidos como polímeros, son grandes moléculas dispuestas en forma de cadena que son capaces de transformar la energía eléctrica en energía lumínica cuando se sitúan entre dos electrodos. El funcionamiento de un diodo orgánico emisor de luz básicamente no se diferencia de un diodo estándar (X. Jianga y cols, 1996).

Las pantallas OLED generan y emiten luz por sí mismos, es la principal diferencia con las pantallas LED, en las que los LED son utilizados para iluminar el panel del dispositivo. En las pantallas OLED, el panel lo forman los propios diodos, de forma que no necesitan una fuente de iluminación adicional. Así, se consiguen crear pantallas de hasta 0.05mm de grosor.

Además del reducido grosor ofrece otras mejoras en la imagen que hacen que el OLED sea el candidato a sustituir todas las anteriores tecnologías disponibles. El contraste de la imagen aumenta significativamente en relación a los LCD LED, el consumo energético también se ve reducido puesto que un pixel OLED apagado no produce luz ni consume energía a diferencia de los LCD, en los que el negro se forma bloqueando el paso de la luz, este hecho hace que el OLED resulte especialmente importante para dispositivos portátiles. El brillo, la gama cromática y el tiempo de respuesta es también mejor, estos avances permiten que la imagen global que ofrece una pantalla OLED sea superior. Otra característica de estas pantallas es la flexibilidad (figura 8), algo hasta hace poco impensable. Esta cualidad ofrece nuevas posibilidades de utilización y diseño a las diferentes marcas (Mora y cols, 2011).



**Figura 7. Fotografía de una pantalla OLED flexible diseñada por la compañía LG. ([www.computerhoy.com](http://www.computerhoy.com))**

El inconveniente principal del OLED es que aún los costes de fabricación son elevados, lo que ha limitado su uso por el momento. Actualmente se está investigando para dar solución a estos problemas, hecho que hará de los OLED una tecnología que pueda reemplazar la actual

## Exposición a pantallas en la actualidad

---

hegemonía de las pantallas LCD LED. (Chamorro y cols, 2008). Otro de sus inconvenientes es que al igual que el diodo LED emite una gran cantidad de luz azul.

1.1.2.4. Tabla resumen en la que se exponen las ventajas y desventajas de las diferentes tipos de pantallas analizadas previamente.

	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>CRT</b>	Buena resolución de imagen Gran ángulo de visión No distorsión de los colores Económico	Volumen y peso Distorsión en esquinas Consumo energético Fatiga visual (<Refresco) Emisión de radiaciones eléctricas y magnéticas Generación de calor
<b>PLASMA</b>	Tamaño y peso Rapidez y calidad de imagen Libre de parpadeo->No fatiga Colores y tonos suaves al ojo	Píxeles muertos Mala resolución Generación de calor Tiempo de vida útil
<b>LCD LED</b>	Tamaño y peso Delgados Contraste y colores puros Consumo energético reducido Vida útil	<b>Elevada emisión luz azul</b>
<b>OLED</b>	Muy delgados y flexibles No retroiluminación Control preciso del brillo y contraste Mejora representación del color e imagen global Menor consumo energético que LCD-LED	Caros Poco tiempo de vida útil <b>Elevada emisión luz azul</b>

# Exposición a pantallas en la actualidad

## 1.2. LED.

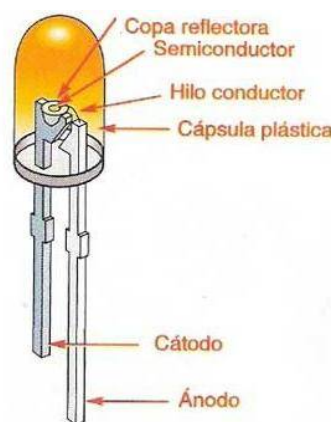
El primer diodo LED (del inglés, Light-Emitting Diode, o diodo emisor de luz) fue creado en 1927 por Oleg Vladimírovich Lósev (1903-1942), pero no es hasta el año 1962 cuando comienza su uso comercial, en este año se desarrolló un LED rojo de intensidad baja con una frecuencia de emisión de unos 650 nm. En la década de los años 70 se introdujeron nuevos colores al espectro (verde y naranja), así como LED infrarrojos. Sin embargo, no fue hasta el año 1993 cuando se desarrollaron los LED azules gracias a las tareas de investigación de los científicos Shuji Nakamura, Hiroshi Amano e Isamu Akasaki, quienes descubrieron un proceso económico de fabricación de LED azul a base de los compuestos nitruro de galio y nitruro de indio, descubrimiento con el que consiguieron el premio Nobel de Física. Este descubrimiento dio paso al posterior desarrollo del LED blanco a partir de LED azules con recubrimiento de fósforo (Chamorro y cols, 2012).

Un LED es un componente electrónico el cual transforma la energía eléctrica en luz, su principio de funcionamiento se basa en la emisión de fotones cuando los electrones atraviesan el diodo, dicho fenómeno se conoce como electroluminiscencia.



**Figura 8. LED blanco.**

([www.planetaelectronico.com](http://www.planetaelectronico.com))



**Figura 9. Esquema y estructuras de un LED.**

([www.educa2.org](http://www.educa2.org))

Todos los diodos LED poseen una construcción sólida, no poseen filamentos ni partes frágiles de vidrio, a diferencia de las fuentes de iluminación convencionales. Están formados por un ánodo y un cátodo, y entre sus componentes principales destacan la lente (un encapsulado normalmente de plástico epoxi), un contacto metálico que realiza la función de hilo conductor, una cavidad reflectora (también denominada copa), un yunque y una plaqueta (Figuras 8 y 9).

## Exposición a pantallas en la actualidad

---

De una forma sencilla el LED funciona de la siguiente forma, un material semiconductor tipo P que contiene cargas positivas, llamadas lagunas o huecos, se combina con un semiconductor tipo N, portador de cargas negativas, electrones, de esta forma se forma el diodo. Cuando una corriente eléctrica atraviesa el diodo las cargas negativas y positivas son forzadas a moverse en sentido contrario, cuando un electrón libre se acerca a una laguna, se combina con esta. La laguna se encuentra en un nivel de energía menor que el del electrón, por tanto el electrón debe perder energía para poder combinarse. Esta energía sobrante es liberada bajo la forma de un fotón o unidad de luz.

Dependiendo de los materiales usados para crear el semiconductor, este emitirá una longitud de onda u otra, no solo en el espectro visible, también hay LED que emiten radiación infrarroja o ultravioleta.

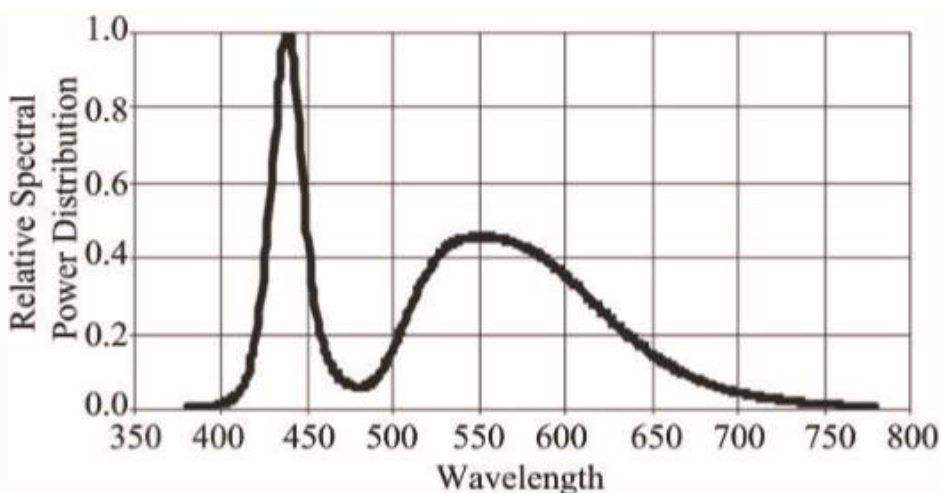
Frente a las tradicionales lámparas incandescentes y fluorescentes, la luz LED ofrece ventajas como son:

- Menos contaminante, no contiene mercurio ni otros metales pesados.
- No generan prácticamente calor.
- Tiempo de vida mucho mayor, hasta 45.000 horas.
- Consumo eléctrico mucho menor, un 85% menor que una bombilla incandescente.
- Resistente a altas temperaturas, humedad y vibraciones.
- Alta intensidad luminosa que proporciona una mejor visibilidad.
- Su encendido es instantáneo, obteniéndose el 100% del flujo luminoso al instante.
- Menor contaminación lumínica, ya que el LED emite luz direccionada.
- No emite radiación ultravioleta ni infrarroja.

Es por todo esto por lo que el uso de estas fuentes de iluminación está incrementándose de manera exponencial, no solo en dispositivos como pantallas, también en el ámbito de la iluminación ambiental. Muchas ciudades en el mundo, incluyendo Sevilla, están llevando a cabo planes de sustitución de los tradicionales sistemas de alumbrado por luminarias LED, este cambio hace que se reduzca el consumo energético de manera contundente, además de contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. En la ciudad de Buenos Aires el 87% de los semáforos ya funcionan con LED, reduciendo el consumo desde 80 vatios/hora que consumían los semáforos con lámpara incandescente los 10 vatios/hora consumidos por los LED. Así, un estudio publicado en el año 2011 estimaba la total implantación de Iluminación LED en Europa en septiembre del 2016 (Behar-Cohen y cols, 2011).

## Exposición a pantallas en la actualidad

Algo a destacar de los diodos LED blancos, puesto que son los más utilizados debido a sus propiedades lumínicas, es su emisión espectral, es decir la distribución de longitudes de onda que emiten estos dispositivos (Figura 10).



**Figura 10. Emisión espectral LED blanco. ([www.led-profesional.com](http://www.led-profesional.com))**

Vemos como el pico máximo de emisión se encuentra en 440nm, emiten una alta cantidad de radiación electromagnética de la banda del azul, la más energética del espectro visible.

Próximos a la luz azul se encuentran los rayos ultravioleta (UV), con una longitud de onda menor, y por tanto con más energía, esta radiación puede causar quemaduras en la piel y también perjudicar gravemente la salud visual (Yamm y Kwok, 2014). De la misma forma un exceso de luz azul puede afectar negativamente a las células retinianas como veremos en el siguiente apartado.

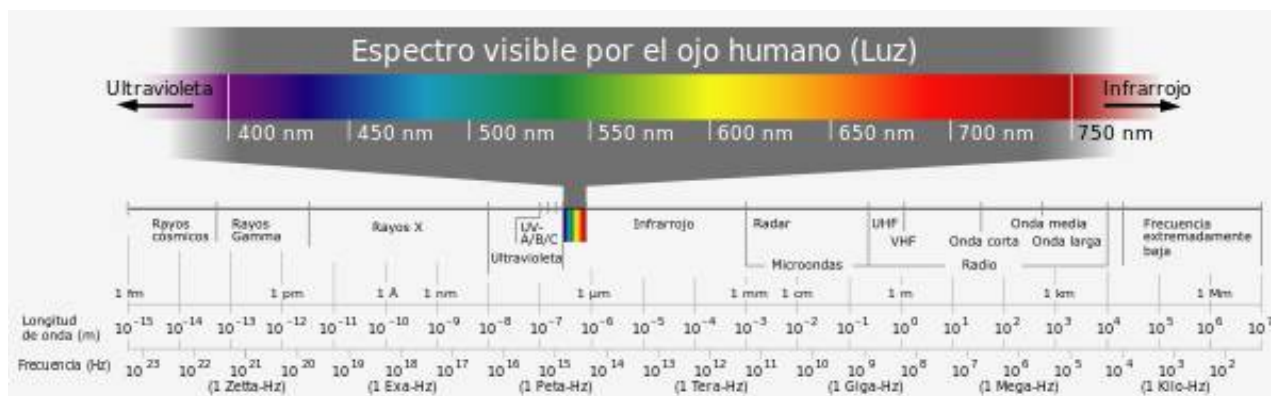
### 1.3. EFECTOS OCULARES/VISUALES.

#### 1.3.1. Breve descripción del funcionamiento ocular.

El ojo es un sistema óptico complejo con la capacidad para formar imágenes. La luz atraviesa las diferentes estructuras oculares (córnea, humor acuoso, iris, cristalino y humor vítreo) hasta llegar a la retina, formada por unas células denominadas fotorreceptores, las cuales son sensibles a las longitudes de onda comprendidas entre 380 y 780 nm. Este rango, que es solo una parte del espectro electromagnético (Figura 11), es conocido como espectro visible.

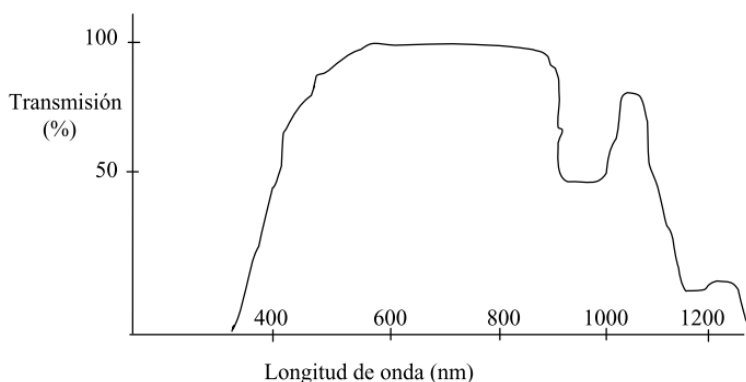


## Exposición a pantallas en la actualidad



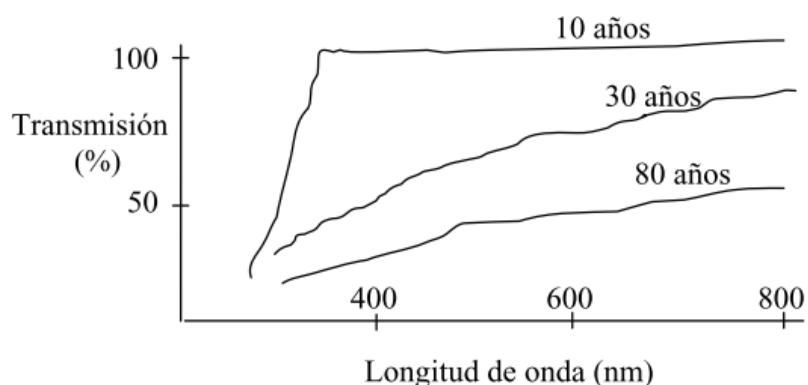
**Figura 11. Espectro electromagnético. Se indica la clasificación de la radiación electromagnética en función de su longitud de onda y frecuencia. [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com)**

El ojo no solo recibe la luz visible sino que también llegan al mismo otras ondas electromagnéticas provenientes del sol como el ultravioleta (UV) o el infrarrojo (IR). Los diferentes medios oculares constituyen un filtro natural a estas radiaciones (Artigas, 2011). En la figura 12, observamos el porcentaje de transmisión frente a la longitud de onda, vemos como la radiación que llega a retina está constituida por la luz visible y el infrarrojo A, aunque también puede llegar UVA en pequeña proporción.



**Figura 12. Transmitancia espectral a través de la córnea, humor acuoso, cristalino y humor vítreo (Artigas, 2011).**

El cristalino es el filtro que evita que el UV llegue a la retina, aunque también es el principal responsable de las pérdidas de luz por absorción en el espectro visible. Esta absorción es más importante en la banda del azul y varía con la edad (Figura 13). El cristalino de un niño de 10 años transmite un alto porcentaje de radiación UV, además de prácticamente el 100% de la luz azul, con la edad este porcentaje disminuye, haciendo que nuestra retina se encuentre más protegida frente a estas radiaciones, pero a la vez perdemos parte del espectro visible, esto hace que disminuya la sensibilidad al contraste y la percepción de los colores.



**Figura 13. Transmisión espectral del cristalino para diferentes edades (Artigas, 2011).**

La mácula se encuentra en el centro de la retina, es la zona en la que se encuentra la mayor densidad de conos, los fotorreceptores encargados de la visión del detalle. Tiene un color amarillento debido a la presencia de un pigmento xantófilo (carotenoides), el cual actúa como filtro para la radiación UV, con una absorción máxima en la región de los 460 nm (Snodderly y cols, 1984). La función de estos carotenoides es la de proteger a la región macular frente al daño foto-oxidativo actuando como antioxidante, además de filtrar la luz azul disminuyendo la producción de especies reactivas del oxígeno (ROS) que están implicados en la producción del estrés oxidativo, el cual lleva al daño celular.

También se ha demostrado que el hecho de que se filtren las longitudes de onda corta favorece la función visual ya que se disminuye la aberración cromática (Hammond y cols, 2013).

La retina puesto que es el órgano del cuerpo metabólicamente más activo, es más propenso a generar especies reactivas del oxígeno y por tanto a sufrir cambios degenerativos. Hay que decir que los fotorreceptores son terminaciones nerviosas, forman parte de neuronas, células altamente especializadas, con una mínima capacidad reproductiva, por lo que cuando éstas mueren son difícilmente recuperables.

### 1.3.2. Alteraciones asociadas al uso de pantallas.

#### 1.3.2.1. Síndrome visual informático (SVI).

La Asociación Americana de Optometría lo define como el conjunto de problemas oculares y visuales relacionados con el uso del ordenador, aunque en la actualidad, esta definición debería incorporar las nuevas pantallas como tabletas o teléfonos móviles.

# Exposición a pantallas en la actualidad

---

Los problemas visuales o síntomas que se asocian con el SVI se pueden clasificar en:

- Astenópicos: Dolor y cansancio ocular, cefaleas y náuseas.
- Oculares: Ojo seco, lagrimeo, sensación de arenilla, irritación, quemazón, ojo rojo.
- Visuales: Visión borrosa, diplopía o visión doble, fotofobia.
- Extraoculares: Rigidez y dolor de hombros, cuello, espalda, brazos, muñecas y manos.

La aparición de algunos o varios de estos síntomas depende de un cúmulo de factores visuales, posturales y ambientales que analizaremos a continuación.

## 1.3.2.1.1. Factores que influyen en la aparición de síntomas.

- Efecto del error refractivo no corregido: Dada la necesidad de lograr y mantener una visión nítida, es importante que las imágenes retinianas se encuentren enfocadas de forma correcta, por tanto la corrección de las ametropías esféricas como son la miopía y la hipermetropía es fundamental para ello. La corrección adecuada del astigmatismo, incluidos aquellos de bajo valor ( $<0.50D$ ) cuya incidencia es mayor del 70% en la población es un factor a tener en cuenta a la hora de reducir los síntomas del SVI, en dos experimentos similares (Wiggins y Daum, 1991) (Wiggins y cols, 1992) se demostró que la presencia de un astigmatismo bajo (0.25-1.00D) no corregido producía un incremento significativo de los síntomas.
- Tiempo de exposición: El uso de pantallas se ha visto incrementado en los últimos años de forma radical, no solo en el ambiente laboral por la ayuda que proporciona un sistema informático, también en el ámbito familiar y del ocio. Podemos decir que pasamos el día expuestos a pantallas puesto que, según datos, el 60,8% de la población pasa más de 5 horas delante de una pantalla, llegando a ser hasta más de nueve horas en el 30% de los individuos (The Vision Council, 2015). Este número de horas termina siendo desencadenante de síntomas ya que nuestro sistema visual no está diseñado para trabajar esta cantidad de horas a una distancia cercana, además de estar recibiendo una gran cantidad de radiación luminosa de forma directa. Según estudios (Sabinello y Nilsen, 1995) el 75% de los usuarios habituales ( $>2h/día$ ) son sintomáticos.

Los datos recogidos por Abelman y Atkins (2000) son preocupantes: los niños emplean más tiempo viendo la televisión que en cualquier otra actividad estando despiertos.

## Exposición a pantallas en la actualidad

---

Los niños y adolescentes (entre 2 y 17 años) ven de media 19 horas y 40 minutos de televisión cada semana. Por tanto una persona de 70 años habrá empleado el equivalente a entre 7 y 10 años completos viendo la televisión. La creciente exposición a pantallas está teniendo una influencia muy negativa en el desarrollo cognitivo de niños y adolescentes, especialmente en áreas como rendimiento académico, lenguaje, atención, sueño y conductas agresivas (Desmurguet, 2012).

- Tipo de pantalla: La resolución de la pantalla, el contraste, el refresco, el tipo de iluminación que tenga, el brillo, y la cantidad de luz que emita la pantalla son factores claves para la aparición de síntomas visuales.

- Iluminación ambiental: La cantidad de luz requerida dependerá esencialmente de las necesidades particulares de la actividad y de los individuos que la desempeñan. Numerosos estudios se han llevado a cabo para determinar la iluminación óptima requerida en diferentes actividades, ya que una iluminación defectuosa o excesiva termina provocando astenopía.

La iluminación puede degradar la legibilidad, a causa de un deslumbramiento no deseado. Algunos investigadores revelan, que la legibilidad de un artículo electrónico aumenta con un nivel de iluminación en un rango de 200-1500 luxes, pero disminuye a niveles mayores de 1500 luxes como consecuencia de un aumento en el encandilamiento.

- Distancia de observación: Esta distancia depende en gran medida del dispositivo que estemos utilizando y los síntomas se incrementan conforme esta distancia disminuye. La pantalla de televisión es la que menos síntomas oculares/visuales produce ya que normalmente se encuentra a una distancia de 2-3 metros, de esta forma el sistema acomodativo y vergencial se encuentra relajado. La distancia de trabajo con ordenadores según el INSIT debe estar entre 45-55 cm. En teléfonos móviles las distancias de observación llegan a ser muy pequeñas, desde 40 hasta 20 cm de distancia debido al reducido tamaño las pantallas de estos dispositivos (Rosenfield, 2011). Esto hace que la demanda vergencial y acomodativa sea mucho mayor que con ordenadores.

Esta distancia también se encuentra condicionada por los hábitos y características físicas de la persona, así las personas de mayor estatura tienen distancias de trabajo mayores. Otro factor a tener en cuenta es el uso de progresivos/gafas de cerca por

## Exposición a pantallas en la actualidad

---

personas presbitas, en este caso la distancia se encuentra limitada por la potencia de estas lentes. Las gafas de cerca se gradúan habitualmente para una distancia de 33cm, con este tipo de corrección se adoptan distancias muy cortas e incómodas para trabajar con el ordenador. De la misma forma, las lentes progresivas están diseñadas para que al mirar por la parte superior de la lente se enfoca a una distancia lejana, aumentando su potencia hasta la parte inferior, por la que ver de forma clara a una distancia de 33cm, lo cual lleva a la persona a tener que levantar la barbilla, adoptando posturas incómodas y aumentando los síntomas asociados al uso de la pantalla.

Este factor también es influenciado por el nivel de exigencia y concentración que el trabajo realizado requiera (Cheu RA., 1998), en una tarea de mayor carga mental como es la realización de un trabajo académico, la distancia a la que nos colocamos de la pantalla es menor que durante la visualización de un video.

- Ángulo de observación: La posición de los ojos frente a la pantalla del ordenador implica un aumento de la abertura palpebral que trae como consecuencia una mayor exposición de la superficie ocular y por tanto una mayor evaporación de la lágrima (Hirota y cols, 2011). Si la pantalla está situada en una posición elevada con relación a la dirección de la mirada, el área de exposición es mayor y habrá una mayor evaporación lagrimal con la consiguiente sequedad ocular y las molestias que implica. Pequeños cambios en la apertura de los párpados suponen grandes cambios en la evaporación de la lágrima. Es por eso que siempre se aconseja que la parte superior del monitor esté a la altura de los ojos (INSHT) o mejor un poco por debajo, pero nunca por encima.
- Parpadeo: Un parpadeo adecuado contribuye a la adecuada distribución de la película lagrimal y a la secreción lipídica por las glándulas de Meibomio, protegiendo la superficie ocular. En condiciones normales se considera una frecuencia de parpadeo normal la de unos 12-15 parpadeos/minuto, aunque se ha documentado que el parpadeo varía según las condiciones cognitivas, por ejemplo durante la lectura el parpadeo se reduce a unos 8 parp/min y durante una conversación puede llegar a los 21 parp/min (Doughty, 2001).

Estudios han demostrado que el parpadeo se reduce significativamente con el uso de pantallas electrónicas (Chu C., y cols, 2014). Se observan diferencias en la frecuencia del parpadeo leyendo en papel (10parp/min) y el mismo texto en pantalla (7parp/min) (Tsubota y Nakamori, 1993). Además no es únicamente la frecuencia del parpadeo lo

## Exposición a pantallas en la actualidad

---

que se ve reducida, también la calidad del parpadeo disminuye, aumentando el número de parpadeos incompletos (Hirota y cols, 2013).

### 1.3.2.2. Ojo seco

Nuestros ojos deben mantenerse húmedos y lubricados para permitir la transparencia corneal y la visión nítida. El ojo seco se produce por una serie de cambios en la composición lagrimal de la persona que alteran la superficie ocular provocando signos y síntomas, cuyo máximo exponente es el dolor agudo o latente provocado por las ulceraciones corneales, acompañado de pérdida de visión por la pérdida de transparencia corneal. Las molestias dependerán del grado de severidad del cuadro clínico, estas alteraciones provocan reducción del rendimiento laboral, trastornos emocionales y disminución de la calidad de vida (Iruzubieta, 1997).

El ojo seco es una enfermedad multifactorial pues depende de factores tanto genéticos como ambientales, además de ser muy prevalente, con factores de riesgo muy delimitados entre los que hay que incluir la edad, el sexo femenino y las circunstancias atmosféricas, que pueden contribuir a la evaporación lagrimal.

Es una evidencia científica que la exposición a pantallas es un factor influyente en la aparición de síntomas de ojo seco debido a:

- **Apertura palpebral:** El aumento del área de exposición ocular favorece la evaporación de lágrima. El ángulo de observación de la pantalla determina la apertura palpebral (Hirota y cols, 2011).
- **Reducción de la frecuencia y calidad de parpadeo:** La lectura frente a una pantalla hace que se reduzca el parpadeo frente a la lectura sobre papel, esto hace que la calidad de la lagrime disminuya debida a la incorrecta estimulación de las glándulas de Meibomio, lo que favorece desestabilización de la lagrime y evaporación de la misma (Chu, y cols, 2014).
- **Factores ambientales:** Existe un importante componente ambiental, así es muy frecuente que las molestias aparezcan solamente o se agraven en determinados ambientes, por la calidad del aire (calefacción excesiva, aire acondicionado, presencia de humo) o en determinadas épocas, en función de la humedad ambiental o la concentración de partículas suspendidas en el aire (Cheu RA, 2005).

### 1.3.2.3. DMAE:

La degeneración macular asociada a la edad constituye la primera causa de pérdida visual irreversible en los países desarrollados, en personas por encima de los 50 años. Se trata de un proceso degenerativo que afecta a la retina central, denominada mácula, la cual nos proporciona la visión del detalle. Implica la pérdida de AV por la aparición de drusas, atrofia del epitelio pigmentario, alteración de la capa de fotorreceptores o por neovascularización coroidea (García Lozano y cols, 2012).

La DMAE es una enfermedad multifactorial que involucra una interacción entre factores genéticos y ambientales. Aunque el único factor reconocido con seguridad es la edad, existen múltiples factores de riesgo que se han estudiado y tienen una clara incidencia en la enfermedad:

- Las mujeres presentan el doble de riesgo de padecer DMAE que los varones (García Lozano y cols, 2012).
- Los factores que afectan al riego sanguíneo como son la diabetes, la hipertensión arterial, el colesterol o el tabaquismo, propician la aparición de la enfermedad (Alassane y cols, 2016).
- Los hábitos alimenticios han demostrado influir en la aparición de la DMAE. La luteína y zeaxantina, dos carotenoides concentrados en el pigmento macular que proceden únicamente de la dieta, ofrecen protección contra la aparición de radicales libres que provocan la degeneración de las células retinianas (García Lozano y cols, 2012).
- La exposición a la luz UV, es perjudicial para la retina, puesto que se ha demostrado que es responsable de producir radicales libres, que conducen a estrés oxidativo aumentando la probabilidad de sufrir DMAE (Howells y cols, 2013).

Además de la luz UV, la luz azul ha demostrado su potencialidad tóxica frente a las células retinianas en numerosos estudios:

- En el trabajo de Watanabe y Fukuda, 2002, se exponía las células de la retina de cerdos (similares a las del ser humano) a diferentes longitudes de onda y se demostró que la luz entre 415 y 455 nm provocaba la apoptosis celular. Dicho de otra manera, el color azul oscuro, cercano a los ultravioletas, es nocivo para las células retinianas (Watanabe y Fukuda, 2002).

## Exposición a pantallas en la actualidad

---

- Roehlecke y cols, 2013, realizan un estudio en el que se irradia con luz azul (405nm) de 1 mW/cm<sup>2</sup> un cultivo de células de retina de ratón, tras el cual se produce stress oxidativo y se generan especies reactivas del oxígeno (ROS), que son sustancias que modifican el metabolismo celular y han sido relacionadas con enfermedades degenerativas de la retina (Roehlecke y cols, 2013).
- Torkaz y cols, 2013, concluyen que la retina está especialmente expuesta al stress oxidativo debido a la alta presión del oxígeno y la exposición a UV y a la luz azul promoviendo la generación de ROS (Torkaz y cols, 2013).
- Nakanishi y cols, en 2013, demuestran como cuando se exponen células del epitelio pigmentario retiniano (EPR) a luz LED azul (470nm) 4,8 mW/cm<sup>2</sup> se da un incremento significativo de aparición de radicales libres, los cuales promueven la muerte celular (Nakanishi y cols, 2013).
- Chamorro y cols, 2013, irradian células del EPR con LED azul (468 nm), verde (525 nm), rojo (616 nm) y blanco en ciclos de luz/oscuridad de 12h. Afirman que se producen ROS, daño DNA y apoptosis en células del EPR, mayoritariamente las células expuestas a luz LED blanca y azul (Chamorro E. y cols, 2013).
- Yoshiki K. y cols, 2014, en su estudio realizado en células in vitro derivadas de la retina descubren que la luz azul produce aglomeración de una proteína conocida como S-opsina, que se encuentra en los fotorreceptores de la retina; pero además incrementa la producción de ROS. Tanto la aglomeración de S-opsina, como un aumento de ROS conducen a la muerte celular (Yoshiki K. y cols, 2014).
- Marie y cols, 2016, muestran como la luz azul (430-440nm) disminuye las defensas frente al estrés oxidativo en un modelo in vitro de células retinianas, se demostró una disminución de la actividad mitocondrial tras la exposición además de incrementarse los niveles de peróxido de hidrógeno en la célula (Marie y cols, 2016).
- Cuando la lipofuscina es estimulada por la luz azul genera sustancias oxidantes, por lo que se ha postulado que esta sustancia es la mediadora de los efectos fototóxicos de la luz sobre la retina. La lipofuscina en la retina se observa en las células del epitelio pigmentario y proviene fundamentalmente de los productos de fagocitosis de los segmentos externos de los fotorreceptores, esta sustancia es un producto no degradable y que aumenta con la edad y con el daño celular, por tanto se ha implicado a la lipofuscina en la patogenia de la DMAE (Villegas, 2005).

Todos estos artículos muestran la toxicidad potencial que tiene la luz azul, aunque todavía no son determinantes puesto que las condiciones en las que se han realizado dichos estudios no



## Exposición a pantallas en la actualidad

---

se ajustan a las condiciones reales que sufren nuestras retinas bajo la luz de una pantalla. Por tanto podemos decir que es una evidencia científica que la luz azul es nociva para las células retinianas pero no podemos concluir que la luz artificial de una pantalla afecte de forma negativa a la retina. Es necesario realizar estudios a largo plazo y recreando las condiciones reales de nuestros ojos para verificar esta hipótesis.

### 1.3.2.4. Aumento del error refractivo:

Investigaciones apuntan a una relación entre la aparición de miopía y el uso creciente de aparatos digitales. Paralelamente al aumento de los dispositivos digitales se ha producido un incremento de la miopía en los países desarrollados y en vías de desarrollo de todo el mundo.

Podemos hablar de epidemia, Asia oriental, Europa y EEUU han visto como se incrementaban drásticamente los casos de miopía. Hong Kong, Taiwán y Singapur han experimentado aumentos en los índices de aparición de miopía de hasta el 80% (He y cols, 2015). Según este mismo estudio el 74% de los adolescentes en Singapur son miopes. En China, los índices de miopía se han disparado hasta el 90% en algunas ciudades.

El consorcio europeo European Eye Epidemiology (E<sup>3</sup>) ha llevado a cabo un estudio en el que aseguran que 20,1 millones de europeos están expuestos a un mayor riesgo de complicaciones oculares asociadas a miopía, como el desprendimiento de retina (Williams y cols, 2015), este estudio también muestra la mayor incidencia del aumento de miopía en hijos que en padres debido al mayor impacto del uso de pantallas electrónicas. Otro dato importante es el hecho de que el índice de miopía es aproximadamente el doble entre las personas con estudios secundarios/universitarios en comparación con las que dejaron sus estudios después de primaria (Williams y cols, 2015). En un estudio realizado por el Centro Médico Universitario de Mainz (Alemania) podemos comprobar esta relación entre estudios y miopía, personas sin estudios secundarios (24%), secundaria/formación profesional (35%) y en personas con estudios universitarios el porcentaje de miopes sube hasta el 54% (Vitale y cols, 2009).

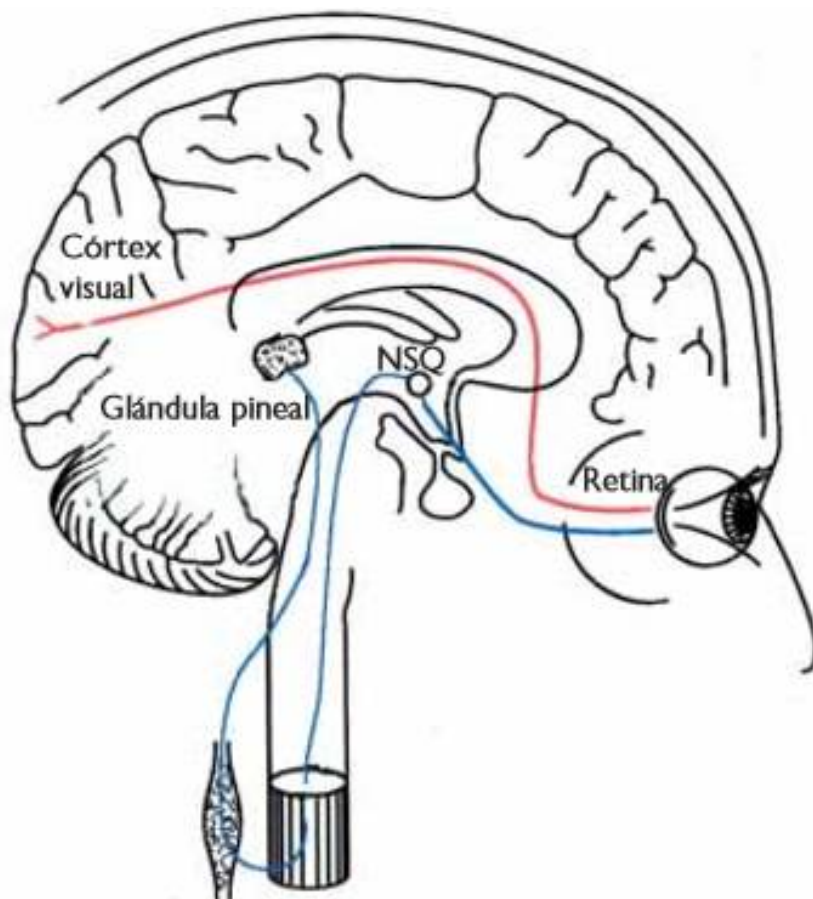
Aunque no se ha demostrado un vínculo directo entre la aparición de miopía y el uso de pantallas electrónicas, los estudios epidemiológicos han puesto de manifiesto que a mayor trabajo en visión próxima mayor es la prevalencia de miopía (Saw SM. y cols, 2015). Otros opinan que no es el trabajo en visión próxima el desencadenante, sino el menor tiempo pasado al aire libre, en presencia de luz natural (Pan y cols, 2011), esta disminución del número de horas que pasamos en el exterior es consecuencia directa del aumento de uso de pantallas (He y cols, 2015). Sea de una forma y otra, podemos decir, que el uso de las pantallas

## Exposición a pantallas en la actualidad

digitales ha originado cambios en nuestro estilo de vida, que de forma indirecta han aumentado los índices de miopía en el mundo.

### 1.3.2.5. Alteración de los ritmos circadianos:

En 1998 se produce el descubrimiento de una nueva célula fotorreceptora en el ojo, denominada célula ganglionar intrínsecamente fotosensible (ipRGC, del inglés, *Intrinsically photosensitive Retinal Ganglion Cells*) especialmente sensible a la luz azul (Provencio y cols, 2000). Se ha descrito la participación de estas células en una serie de funciones no visuales, entre las que destaca la sincronización del ritmo circadiano con los ciclos luz/oscuridad (Semo y cols, 2003) pero también son responsables del reflejo pupilar (Perez León y Lane, 2009) la supresión de la melatonina debida a la estimulación lumínica (Provencio y cols, 2000) y la supresión de la actividad motora (Lucas y cols, 2003).



**Figura 14: Rutas visuales y biológicas del cerebro: conexiones nerviosas por un lado entre la retina del ojo a través conos y bastones y el córtex visual (en rojo) y entre la retina a través de las ipRGCs y el núcleo supraquiasmático (NSQ) y la glándula pineal (en azul).**

([www.ocularis.es](http://www.ocularis.es))

## Exposición a pantallas en la actualidad

---

La luz actúa sobre el cuerpo de dos maneras: el tracto óptico primario gobierna la percepción y respuestas visuales mientras que el tracto retinohipotalámico gobierna las funciones circadianas, endocrinas, y neuroconductuales. El tracto retinohipotalámico es más sensible a la luz de 460-480nm (Provencio y cols, 2000). Las células ipRGC proyectan sus axones hacia el núcleo supraquiasmático (Figura 14), de aquí siguen una compleja ruta hasta llegar a la glándula pineal, la cual es la encargada de sintetizar y liberar la hormona melatonina, conocida como la hormona del sueño. La luz azul bloquea la liberación de esta hormona, y la ausencia de ella produce un aumento de su liberación. La melatonina está encargada de regular diferentes funciones corporales como la modulación del sistema inmune, la maduración de los órganos sexuales, regulación de la función digestiva, además de tener propiedades antioxidantes y antioncogénicas, y como hemos comentado la regulación del sueño y la vigilia.

Por tanto una alteración en la liberación de esta hormona puede provocar síntomas en todo el organismo. Diferentes investigaciones apuntan que la desestabilización de nuestros ritmos circadianos aumentan el riesgo frente a todo tipo de padecimientos, incluyendo ataques al corazón, obesidad, diabetes tipo 2 y cáncer (Lu y Zee, 2006).

Algunas publicaciones han documentado una alteración de los ritmos circadianos tras dos horas de uso de dispositivos electrónicos antes de dormir (Wäslund, 2007) además de reducirse la producción de melatonina nocturna (Figueiro y cols, 2011). Esto puede deberse además de a la luz azul, al aumento de la actividad cognitiva que se produce con la utilización de éstos, el cual también produce alteraciones en los ritmos circadianos (Del Río, 2006).

Así que podemos decir que la utilización de dispositivos electrónicos antes de dormir, hábito que ha aumentado (National Sleep Foundation, 2011), influido tanto por la luz azul como por el aumento de la actividad cognitiva es causa de alteraciones en el ritmo circadiano con las consecuencias negativas que ello conlleva.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo de este trabajo es, considerando dos poblaciones de mujeres de distintas franjas de edad, estudiar los dispositivos de pantalla plana más utilizados en la actualidad con el fin de obtener el tipo de iluminación empleada por estas. Así como analizar el tiempo de exposición a las mismas.

### 3. METODOLOGÍA

Para la realización de este TFG, se ha llevado a cabo una búsqueda bibliográfica basada en libros, artículos científicos nacionales e internacionales buscados en bases de datos como Scopus, MedLine, PubMed, Google Scholar; así como en bases de datos de revistas científicas como ScienceDirect; trabajo fin de máster; páginas webs de organismos oficiales como American Journal of Ophthalmology o American Academy of Ophthalmology, entre otros. El idioma de los artículos y libros escogidos para la elaboración del TFG han sido fundamentalmente el español y el inglés.

En las publicaciones consultadas, se ha acotado tiempo desde 1984 hasta el momento, aunque la gran mayoría de ellas pertenecían a la última década debido a la actualidad del tema estudiado. Durante la consulta bibliográfica se han ido examinando igualmente otros artículos referenciados por los propios artículos seleccionados con el objetivo de llegar a una información más completa y concluyente.

Las palabras clave de búsqueda han sido: *Pantalla, SVI, LED y luz azul*.

La parte experimental de este trabajo ha consistido en el análisis de los datos obtenidos a través de una encuesta (Anexo) acerca de la exposición a pantallas electrónicas. Esta encuesta ha sido realizada por 112 personas, todas ellas mujeres, divididas en dos grupos de estudio, el primero de ellos (66 personas) compuesto por personas de entre 18 y 30 años, (estudiantes de los grados de óptica y farmacia), el segundo, en el que han participado 46 personas, abarcaba a mayores de 45 años (profesores y personal vinculado a la facultad de Farmacia, además de un grupo de personas jubiladas). Todos los participantes firmaron un consentimiento informado. Se ha utilizado el programa Microsoft Excel para estructurar y poder analizar posteriormente los datos, tanto de forma conjunta, como los dos grupos de población por separado. Gracias a este mismo programa informático se han elaborado graficas para ilustrar de una forma más gráfica los resultados obtenidos.

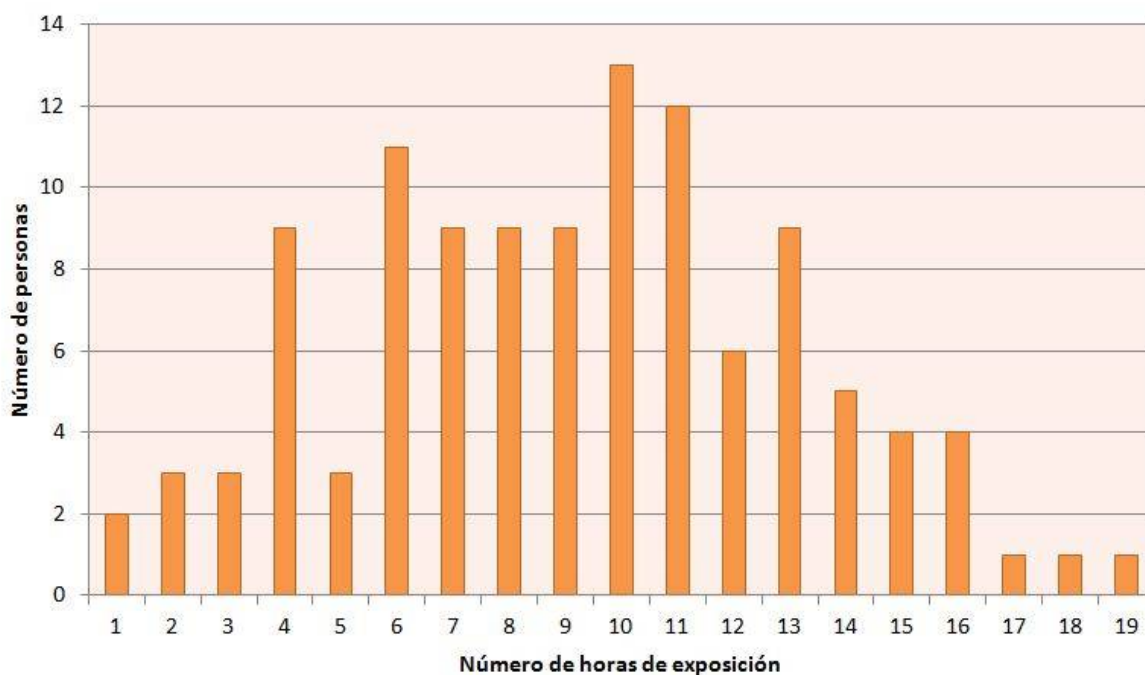
### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Como sabemos, el número de horas que pasamos mirando dispositivos electrónicos ha aumentado exponencialmente en los últimos años, así lo muestran los resultados del estudio realizado por *The Vision Council* (2015), el cual indica como más del 90% de la población utiliza dispositivos electrónicos durante más de dos horas. Sin embargo según este mismo estudio, el 72,5% de la población desconoce por completo los daños que pueden ocasionar las pantallas en la salud de las personas.

## Exposición a pantallas en la actualidad

En la gráfica 1 se muestra el número de horas que pasan las personas encuestadas de media frente a una pantalla electrónica, incluyendo todos los dispositivos; televisión, ordenador de pantalla plana, teléfono móvil, tablet y libro electrónico.

Se observa como la gran mayoría de los encuestados pasa 6 o más horas diarias expuestos a pantallas, además un alto porcentaje de estas personas utiliza dispositivos electrónicos durante más de 9 horas al día.

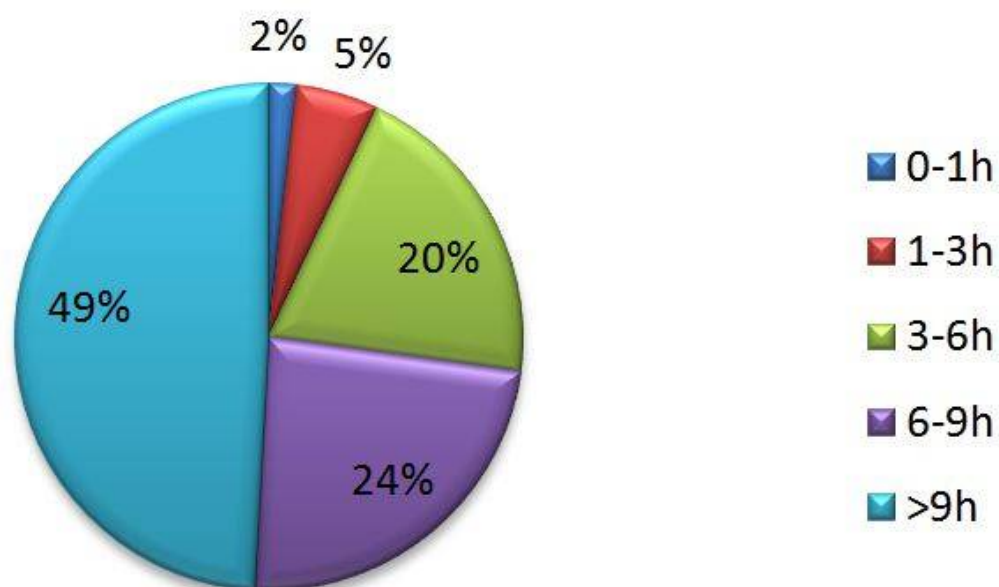


**Gráfica 1. Número de personas participantes en el estudio frente al número de horas de exposición a dispositivos de pantalla plana.**

Nuestros resultados verifican los datos obtenidos por *The Vision Council (2015)*, solo 5 personas de los todos los participantes en el estudio dijeron pasar menos de 3 horas diarias usando una pantalla electrónica. De esta forma hemos obtenido un porcentaje similar de personas que utilizan estos aparatos durante más de dos horas al día, el 81,9% de los encuestados así lo hace.

## Exposición a pantallas en la actualidad

En el siguiente gráfico circular (Gráfica 2) observamos en términos de porcentaje, la cantidad de horas de exposición a pantallas electrónicas del total de los encuestados. Como vemos casi la mitad de los encuestados, el 49% de ellos utiliza dispositivos electrónicos por más de 9 horas diarias.



**Gráfica 2. Gráfica circular en el que se agrupa el número de personas según la cantidad de horas de exposición.**

Según *The Vision Council (2015)*, al sumar las horas de exposición a los distintos dispositivos electrónicos con pantalla plana, teléfonos móviles, televisión, ordenador, tablet, etc., se revela que el 29'8% de los participantes en el estudio son grandes usuarios, pasando más de 9 horas diarias delante de estos. Otros (Rideaut y cols, 2010) apuntan que pueden llegar a ser hasta 14 horas diarias de exposición a pantallas electrónicas.

Por otro lado, la encuesta realizada en el año 2015 por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2015) sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares nos dice que el 64,3% de la población de 16 a 74 años utiliza internet a diario por medio de una pantalla plana. Esta cifra llega al 95,1% si nos centramos en la población infantil (10 a 15 años).

## Exposición a pantallas en la actualidad

---

A continuación analizaremos los tipos de dispositivos más utilizados por cada grupo poblacional así como las diferencias entre ambos:

### Grupo 1.

En este grupo (66 personas de los 112 encuestados) el promedio de horas totales de exposición a pantallas es de  $9,96 \pm 3,85$  horas diarias (Tabla 1). El dispositivo más utilizado por los jóvenes es el teléfono móvil con una media de  $4,15 \pm 2,16$  horas al día, seguido por el ordenador (hemos considerado tanto ordenadores de sobremesa como portátiles) con  $3,04 \pm 2,40$  horas. La televisión ocupa el tercer puesto ( $2,98 \pm 2,02$ ), seguida por la tablet ( $0,70 \pm 1,25$ ) y en último lugar los libros electrónicos o e-books cuya utilización por la población joven aún es escasa ( $0,02 \pm 0,12$ ).

**Tabla 1: Valores medios del uso de horas/día de cada dispositivo de pantalla plana en el G1.**

Tipo de dispositivo	Promedio $\pm$ desviación típica(horas/día)
TELEVISIÓN	$2,98 \pm 2,02$
ORDENADOR	$3,04 \pm 2,40$
TELEFONO MÓVIL	$4,15 \pm 2,16$
TABLET	$0,70 \pm 1,25$
LIBRO ELECTRONICO	$0,02 \pm 0,12$
<b>TOTAL</b>	<b><math>9,96 \pm 3,85</math></b>

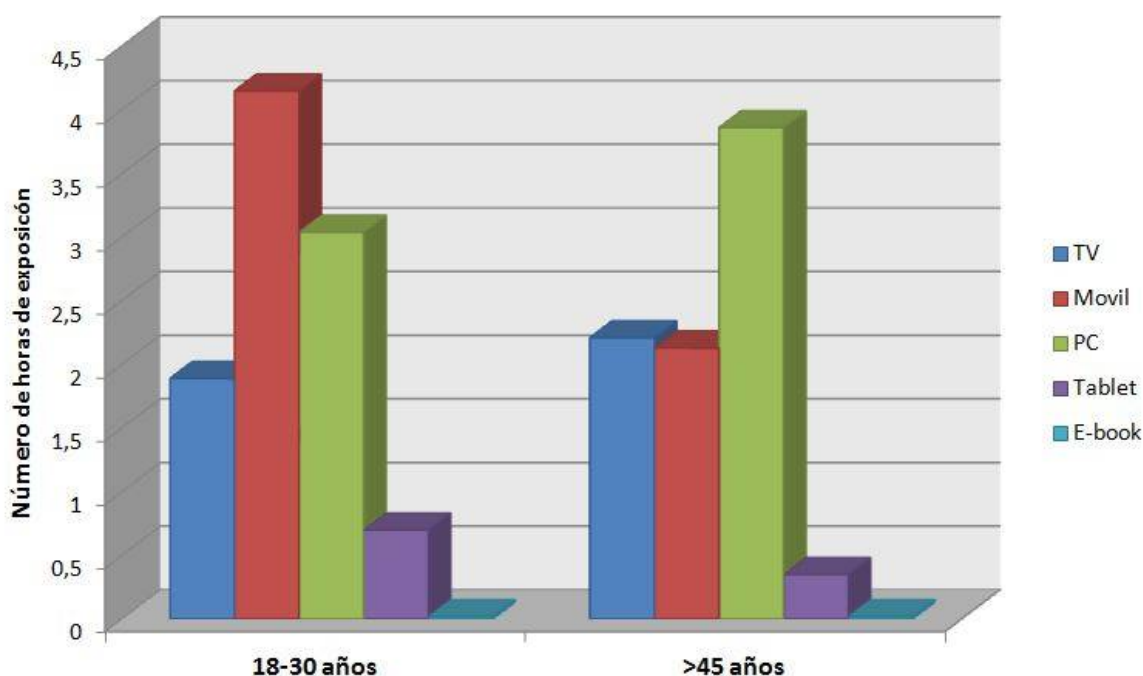
### Grupo 2.

Encontramos que el promedio de horas diarias utilizando pantallas electrónicas es de  $8,57 \pm 4,68$  (Tabla 2). En este grupo el dispositivo más utilizado es el ordenador con una media de  $3,87 \pm 3,20$ , aquí observamos una desviación típica muy elevada, esto puede ser debido a que un gran número de los encuestados eran profesores universitarios frente al resto de participantes en el estudio que eran jubilados. El segundo dispositivo más usado por este grupo de población es la televisión ( $2,21 \pm 1,54$ ) muy seguido del teléfono móvil ( $2,13 \pm 2,05$ ). De nuevo la tablet y el libro electrónico son los menos utilizados con  $0,35 \pm 0,77$  y  $0,02 \pm 0,14$  horas diarias, respectivamente.

## Exposición a pantallas en la actualidad

**Tabla 2: Valores medios del uso de horas/día de cada dispositivo de pantalla plana en el G2.**

Tipo de dispositivo	Promedio $\pm$ desviación típica(horas/día)
TELEVISIÓN	2,21 $\pm$ 1,54
ORDENADOR	3,87 $\pm$ 3,20
TELEFONO MÓVIL	2,13 $\pm$ 2,05
TABLET	0,35 $\pm$ 0,77
LIBRO ELECTRONICO	0,02 $\pm$ 0,14
<b>TOTAL</b>	<b>8,57<math>\pm</math>4,68</b>



**Grafica 3. Comparación de los dispositivos más utilizados en cada población de estudio.**

En ambos grupos la media de horas de exposición es muy elevada ( $>8h/día$ ), demostrándose de esta forma la gran aceptación y utilización de dispositivos en todos los rangos de edad.

Es importante destacar el uso de ellos en el grupo 1, la población joven, la generación de nacidos entre 1980 y 1995, conocidos como la generación Y o Millenials (Generación del Milenio). Este grupo de población ha crecido en la era del desarrollo tecnológico, prácticamente no pueden imaginar una vida sin tecnología, esta forma de vida incluye inevitablemente el uso de pantallas electrónicas. Esta generación también está caracterizada por su alto nivel de preparación académica, lo que contribuye aún más al uso continuo de



## Exposición a pantallas en la actualidad

---

dispositivos electrónicos. Los Millenials serán los primeros que pasen prácticamente toda su vida frente a una pantalla, así como serán los primeros que experimenten los síntomas o efectos del uso continuado y a largo plazo de estas.

### Tipos de iluminación.

Gracias al análisis individual de cada dispositivo de las personas encuestadas hemos obtenido el tipo de iluminación más frecuente de las diferentes pantallas electrónicas.

#### 1. Televisión.

Los resultados muestran una media de  $2,02 \pm 1,39$ h/día. Del total de los encuestados (112), seis personas dijeron no utilizar la televisión, por tanto nos quedamos con 106 personas. De estas 106 personas, solo pudimos analizar el tipo de iluminación de la televisión de 76 personas ya que muchas de ellas no indicaron el modelo de la televisión o debido a la imposibilidad de encontrar las características técnicas de dichos modelos en la web.

El análisis muestra que la iluminación LED (Televisiones LCD-LED) es la más usada por los encuestados (47/76) con un 61,84% (Gráfica 4). La iluminación más utilizada tras el LED, son las lámparas fluorescentes de cátodo frío (LCD-CCFL), que como comentamos en la introducción su uso había sido desplazado tras la aparición del LED, 18 de los encuestados utilizaba una televisión de este tipo de, lo que representa el 23,68% de las televisiones analizadas.

Cinco personas (7,46%) continúan utilizando las tradicionales pantallas CRT, y en último lugar quedan las pantallas de plasma las cuales solo son utilizadas por dos personas (2,63%).



**Gráfica 4. Representación del tipo de televisión más utilizada por los encuestados.**

### 2. Ordenador.

El ordenador es el segundo aparato electrónico más utilizado en la actualidad tras el teléfono móvil ( $3,20 \pm 2,77$  horas/día). Nuestros datos coinciden con los obtenidos por *La Sociedad de la información de España*, y si en 2014, había un empate entre el uso de ordenador (81,2%) y móvil (82,3%), en 2015 se obtiene una diferencia de 10 puntos entre ambos, consolidándose así el uso del teléfono móvil por delante del ordenador.

En nuestro estudio, diecinueve personas de los encuestados dijeron no utilizar ordenador de ningún tipo, ni de sobremesa ni portátil, por lo tanto nos quedamos con 93 personas para realizar el análisis.

Los resultados del análisis de las diferentes pantallas de ordenador muestran que el 100% de estas utiliza retroiluminación LED.

### 3. Teléfono móvil.

Los teléfonos móviles son los dispositivos a los que más expuestos estamos en la actualidad, como indican nuestros datos ( $3,23 \pm 2,24$  horas/día). Estos datos son respaldados por diferentes estudios como son el realizado por la firma *RBC Capital Markets* o por *The Vision Council* (2015) en los cuales, las cifras obtenidas son similares a las nuestras obteniéndose una media de 3 horas diarias, pudiendo llegar a ser hasta 5 horas al día. Según *Connected Life*, un estudio de la consultora TNS la dedicación a teléfonos móviles es algo superior a 2 horas diarias, aunque si nos centramos en la población joven, hasta 24 años, el tiempo dedicado al móvil sube hasta las 3,5 horas.

Además España se consolida como líder en Europa en el uso de smartphones según el informe *Ditrendia* (2015).

En la actualidad solo se fabrican móviles con retroiluminación LED ya que es la tecnología que más ventajas ofrece en relación al coste de fabricación. La marca comercial Samsung es la única que por el momento está apostando por paneles OLED para sus teléfonos móviles de alta gama. Aunque los costes de fabricación son mayores ofrece otras virtudes atractivas para el cliente como es el menor consumo energético destinado a la pantalla, ya que como comentamos en la introducción, estos paneles no necesitan de retroiluminación sino que ellos mismos son los emisores de la luz, además de ofrecer la posibilidad de fabricar pantallas flexibles.

## Exposición a pantallas en la actualidad

---

Solo dos personas de todos los encuestados no tenían un teléfono propio, así en nuestro estudio el 98,29% de las personas sí es usuario de un teléfono móvil, cifra similar a la obtenida en el informe *Ditrendia* acerca del uso de teléfonos móviles en España y el mundo (2015), el cual concluía que el 96% de la población era usuario de estos dispositivos. Estas cifras también están respaldadas por el INE el cual calcula que el 93% de la población española entre 15 y 60 años posee un teléfono móvil, siendo este dispositivo la primera puerta de acceso a la red.

Los resultados de nuestro análisis muestran que 94 personas (81,74%) utilizan móviles con retroiluminación LED, mientras que el 18,26% de los encuestados tienen móviles de última generación con paneles OLED.

Hay que decir que indistintamente de que tengan retroiluminación LED o por el contrario sea un panel OLED, ambos sistemas emiten una alta cantidad de luz azul.

### **4. Tablet.**

La tablet queda relegada al cuarto puesto en horas de uso en ambos grupos de la población estudiada. El promedio de uso de estos dispositivos en el total de personas ha resultado ser de  $0,55 \pm 1,08$  horas diarias, siendo este número mayor en el grupo 1 ( $0,69 \pm 1,25$  h/día) que en el grupo 2 ( $0,35 \pm 0,77$ h/día).

Tras el análisis de todos los modelos de tablets utilizados por los encuestados, de nuevo el LED vuelve a ser el claro ganador, el 100% de las tablets utiliza retroiluminación LED.

### **5. Libro electrónico.**

La gran revolución de estos dispositivos fue el desarrollo de la tinta electrónica, la cual ha permitido dejar de lado la necesidad de utilizar algún sistema de retroiluminación, aportando ventajas frente a las pantallas planas LCD o plasma como son el menor consumo energético, una alta resolución, la ausencia de reflejos y el aumento del ángulo de visualización, incluso con luz solar directa. A todo esto hay que añadir que al no emitir luz, la lectura se hace mucho más cómoda, evitándose la fatiga visual provocada por otro tipo de pantallas planas retroiluminadas.

La utilización del libro electrónico es todavía algo incipiente para la gran mayoría de la población, pero los lectores habituales han encontrado en este dispositivo una alternativa útil y cómoda al libro en papel.

## Exposición a pantallas en la actualidad

---

El promedio de horas diarias obtenidas ha sido de  $0,02 \pm 0,13$ . Hay que decir que solo un 12,82% de las personas dijeron tener libro electrónico y únicamente uno de ellos (0,85%) lo usaba por un mínimo de una hora diaria.

### **Exposición a luz natural.**

Con el creciente uso de dispositivos electrónicos, se ha ido reduciendo en gran medida la cantidad de horas que pasamos en el exterior, así se muestra en el informe publicado en *Proceedings of the National Academy of Sciences USA (2016)*.

Nuestros datos indican que pasamos de media  $2,67 \pm 1,82$  horas diarias en el exterior, frente a las  $9,06 \pm 3,91$  que estamos expuestos a la luz artificial de las pantallas electrónicas.

### 5. CONCLUSIONES

- ✓ La utilización a diario de dispositivos digitales como ordenadores, teléfonos móviles y tablets está ampliamente implantada en la sociedad actual.
- ✓ Los datos obtenidos en la población estudiada respecto al uso de los dispositivos electrónicos es similar a los descritos en otros estudios similares realizados en 2015:
  - Un 2% de la población utiliza dispositivos menos de una hora al día.
  - Solo un 7% de los encuestados los utiliza menos de tres horas diarias.
  - Un 81,9 % utiliza dichos dispositivos por más de dos horas por día.
  - Un 49% son grandes usuarios, pasando más de nueve horas diarias utilizándolos.
- ✓ La cantidad de horas de exposición a pantallas es superior en el grupo joven ( $9,96 \pm 3,85$  horas/día), frente al grupo de mayores de 45 años ( $8,57 \pm 4,68$  horas/día). En el grupo 1 el dispositivo más utilizado fue el teléfono móvil, mientras que en el grupo 2 el ordenador fue el dispositivo prioritario.
- ✓ El teléfono móvil es el dispositivo electrónico más utilizado en nuestro análisis con una media de  $3,23 \pm 2,24$  horas/día, seguido del ordenador con  $3,20 \pm 2,77$  horas diarias, televisión con  $2,02 \pm 1,39$ , y en último lugar tablet y libro electrónico con  $0,55 \pm 1,08$  y  $0,02 \pm 0,13$  horas/día respectivamente.
- ✓ Tras el análisis de las diferentes marcas y modelos de dispositivos electrónicos utilizados por nuestros encuestados, el LED es el tipo de iluminación más utilizada por estos:
  - El 100% de los ordenadores y tablets tiene este tipo de retroiluminación.

# Exposición a pantallas en la actualidad

---

- A excepción de un pequeño porcentaje de móviles que tenían paneles OLED (18,26%) el resto disponía de LED para su iluminación.
- El 61,84% de las televisiones usa la tecnología LED.

Tras el análisis se nos plantea la duda de si estos resultados serían los mismos si las características de la población de estudio fueran otras, pues quizá los hábitos de una población de mujeres jóvenes estudiantes de farmacia y óptica no sean los mismos que los de hombres jóvenes de la misma edad, estudiantes de ingeniería informática o cualquier otra ingeniería en las que el uso del ordenador es notable. Lo cual nos parece interesante para futuros estudios.

## 6. BIBLIOGRAFÍA.

Abelman, R. Atkin, D. What Children Watch When They Watch TV: Putting Theory Into Practice. *JoBEM*. 2000; 44(1): 143-154.

Allassane S, Binquet C, Cottet V, Fleck O, Acar N, Daniel S, et al. Relationships of Macular Pigment Optical Density With Plasma Lutein, Zeaxanthin, and Diet in an Elderly Population: The Montrachet Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2016 ; 57(3):1160-7.

Álvarez Valdivia, A. NPT 678: Pantallas de visualización: tecnologías (I). Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. España. 2004.

Anshel J. Visual Ergonomics in the Workplace Improving eye care and vision can enhance productivity. *Professional Safety*, 2006; 51(8) 20-25.

Artigas, JM. Tema V: Lentes de protección ocular. *Óptica oftálmica*. <http://www.uv.es/artigas/Opt%20Oftal%20II/Tema%20V-Resumen.pdf>.

Behar-Cohen F, Martinson C, Vienot F, Zisis G, Barlier-Salsi A, Cesarini JP, y cols. Light-emitting diodes for domestic lighting: Any risks for the eye? *Prog Retin Eye Res* 2011; 30:28-57.

Calhoun CS, Post DL. An evaluation of methods for producing desired colors on CRT monitors. *Color: Reserach and applications*, ISSN 0361-2317, Vol. 25, Nº 2, 2000, págs. 90-104.

Chamorro E, Bonnin C, Lobato-Rincon LL, Navarro-Vals JJ, Ramírez-Mercado G, Navarro-Blanco C, Sanchez-Ramos C. Riesgos personales producidos por LEDs utilizados en dispositivos de uso cotidiano. *Seguridad y medio ambiente*. N128. 2012; 36-41.

Cheu RA. Good vision at work. *Occupational Health and Safety*, 1998; 67:20-4.

Chu C, Rosenfield M, Portello JK. Blink patterns: Reading from a computer screen versus hard copy. *Optom Vis Sci*, 2014; 9:297-302.

Del Río Portilla IY. Estrés y sueño. *Rev Mex Neuroci* 2006; 7(1): 15-20.

Desmurquet M. Effects on children's cognitive development of chronic exposure to screens, INSERM. 2012.

Doughty MC. Consideration of three types of spontaneous eyeblink activity in normal humans: During Reading and video display terminal use, in primary gaze, and while in conversation. *Optom Vis Sci*, 2001; 5:399-409.

# Exposición a pantallas en la actualidad

---

Figueiro M, Plitnick B, Wood B, Rea M. The impact of light from computers monitor son melatonin levels in college students. *Neuro Endocrinology Letters*, 2011; 32:58-63.

García Lozano I, López García S, Elosua de Juárez I. Actualización en el manejo de la degeneración macular asociada a la edad. *Revista Española de Geriatria Y Gerontologia*. 2012; 47(5), 214–219.

Girard B. Photosensitivity and blue light, *Points de Vue, International Review of Ophthalmic Optics*, N68, Spring, 2013.

Grup de Recerca en les Propietats Físiques dels Materials, GRPFM. Universitat Politècnica de Catalunya, <http://grpfm.upc.edu/investigacion/cristales-liquidos>.

Hammond, BR, Fletcher, LM, Elliott, JG. Glare disability, photostress recovery, and chromatic contrast: relation to macular pigment and serum lutein and zeaxanthin. *Vis. Sci.* 2013; 54 n1 476-481.

He M, Xiang F, Zeng Y, Mai J, Chen Q, Zhang J y cols. Effect of Time Spent Outdoors at School on the Development of Myopia Among Children in China: A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 2015; 314(11):1142-8.

Hirota M, Uozato H, Kawamorita T, Shibata Y, Yamamoto S. Effect of incomplete blinking on tear film stability. *Optom Vis Sci* 2013; 90(7):650-7.

Howells O, Eperjesi F, Bartlett H. Macular pigment optical density in young adults of South Asian origin. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013; 54(4):2711–9.

<http://www.ditrendia.es/wp-content/uploads/2015/07/Ditrendia-Informe-Mobile-en-Espa%C3%B1a-y-en-el-Mundo-2015.pdf>

[https://www.thevisioncouncil.org/sites/default/files/VC\\_DigitalEyeStrain\\_Report2015.pdf](https://www.thevisioncouncil.org/sites/default/files/VC_DigitalEyeStrain_Report2015.pdf)

Iruzubieta M. Ojo seco - Dry Eye. Murube J. Tecnimedia editorial 1997; 55-58.

Kirk S. Consejos Hardware. Vol.7, No 112. 2003; P. 86-94.

Lucas RJ, Hattar S, Takao M, Berson DM, Foster RG, Yau KW. Diminished pupillary light reflex at high irradiances in melapnopsin-knockout mice. 2003; 299(5604):245-7.

M Kowalska, Zejda J, Bugajska B, Braczkowska G, Brozek M. Eye symptoms in office employees working at computer stations *Med Pr*, 62. 2011, pp. 1-8.

Marie M, Barrau C, Gondouin P, Villette T, Cohen-Tannoudji D, Sahel J. Institut de la Vision, INSERM, UPMC, CNRS, CHNO XV-XX, Paris, France. 2016.

Montero Iruzubieta, Cap. 5: J. Ojo seco - Dry Eye. Murube J. Tecnimedia editorial. 1997:55-58.

Mora J, Gélvez O, Castro J, Roa D, Flórez S, Urbina JM. Diodos orgánicos emisores de luz (oleds) y sus bases tecnológicas. *Scientia et Technica* No 49. 2011. ISSN 0122-1701.

Nakanishi-Ueda T, Majima HJ, Watanabe K, Ueda T, Indo HP, Suenaga, S. y cols. Blue LED light exposure develops intracelular reactive oxygen species, lipid peroxidation and subsequent cellular injuries in cultured bovine RPE cells. *Free radical research*. 2013; vol 47, 10, 774-780.

Pan CW, Ramamurthy D, Saw SM. Worldwide prevalence and risk factors for myopia. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2012; 32, 3-16.

Pérez-León JA, Lane Brown R. Las células con melanopsina: nuevos fotorreceptores en la retina de los vertebrados. *REB* 2009; 28(1): 9-18.

# Exposición a pantallas en la actualidad

---

- Provencio I, Rodriguez IR, Jiang G, Hayes WP, Moreira EF, Rollag MD. A novel human opsin in the inner retina. *J Neurosci*. 2000; 20(2):600-5.
- Rideaut VJ, Foehr UG, Roberts DF. Generation M2. Media in the lives of 8 to 18 years olds. A Kaiser family foundation study. The Henry J. Kaiser Family Foundation: Menlo Park, CA. 2010.
- Roehlecke C, Schumann U, Ader M, Brunssen C, Branke S. Stress Reaction in Outer Segments of Photoreceptors after Blue Light Irradiation. *PLOS ONE*. 2013. Vol.8, 9.
- Rosenfield M. Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2011, 31, 502–515.
- Sabinello C, Nilsen E. Es there a typical VDT patient? A demographic analysis. *Journal of the American Optometric Association*. 1995;66(8): 479-483.
- Semo M, Peirson S, Lupi D, Lucas RJ, Jeffery G, Foster RG. Melanopsin retinal ganglion cells and the maintenance of circadian and pupillary responses to light in aged rodless/coneless. *Eur J Neurosci*. 2003; 17(9):1793-801.
- Shiek K, Lee D. Preferred viewing distance and screen angle of electronic paper displays. *Applied Ergonomics*. 2007; 38, 601-608.
- Snodderly DM, Brown PK, Delori DC, Auran JD. The macular pigment. I. Absorbance spectra, localization, and discrimination from other yellow pigments in primate retinas," *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 1984;25, no. 6, 660–673.
- Tokarz P, Kaarniranta K, Blasiak J. Role of antioxidant enzymes and small molecular weight antioxidants in the pathogenesis of age-related macular degeneration. *Biogerontology*. 2013, vol.14,num 5, 461-482.
- Tsubota K, Nakamori K. Dry eyes and video display terminal. *N Engl J Med*, 1993; 328(8):584.
- Villegas-Pérez M. DEGENERACIÓN. *Arch Soc Esp Oftalmol*. 2005;80(10):3–5.
- Vitale S, Sperduto RD, Ferris FL. Increased prevalence of myopia in the United States between 1971-1972 and 1999-2004. *Arch Ophthalmol*. 2009; 127(12):1632-9.
- Wäslund E. Experimental studies of human computer interaction: working memory and mental workload in complex cognition. Göteborg: Department of Psychology, Gothenburg University, 2007.
- Watanabe M, Fukuda Y. Survival and axonal regeneration of retinal ganglion cells in adult swines. *Prog Retin Eye Res* 2002; 21: 529-553.
- Wiggins NP, Daum KM. Visual discomfort and astigmatic refractive errors in VDT use. *J Am Optom Assoc* 1991; 62(9):680-4.
- Williams KM, Bertelsen G, Cumberland P, Wolfram C, Verhoeven VJ, Anastasopoulos E y cols. Increasing Prevalence of Myopia in Europe and the Impact of Education. *Invest Ophthalmol*. 2015; 122(7):1489-97.
- Wolkoff P, Nøjgaard JK, Troiano P, Piccoli B. Eye complaints in the office environment: precorneal tear film integrity influenced by eye blinking efficiency *Occup Environ Med*, 62 (2005), pp. 4-12.
- X. Jianga, Y. Liu, X. Song, and D. Zhu, "Multilayer Organic Light-Emitting Diodes", *Solid State Commun.*, vol. 99, pp. 183-187, 1996.
- Yam C.S., Kwok K.H., Ultraviolet light and ocular diseases-annotated. *Int Ophthalmol*. 2014; 34:383–400.
- Yoshiki K, Kenjiro O., Kazuhiro T., Masamitsu S., Hideaki H. "Damage of photoreceptor-derived cells in culture induced by light emitting diode-derived blue light" *Scientific Reports*. 2014; 4.

# Exposición a pantallas en la actualidad

## 7. ANEXO. Encuesta utilizada para la realización del estudio.

11. ¿ CUÁNTAS HORAS AL DÍA PASAS MIRANDO TU MOVIL?  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

12. INDICA MARCA Y MODELO DE TU MOVIL.

13. ¿ CUÁNTAS HORAS AL DÍA DEDICAS A LEER LIBROS ELECTRÓNICOS?  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

14. INDICA LA MARCA Y EL MODELO DEL DISPOSITIVO QUE USAS PARA LEER LIBROS ELECTRÓNICOS.

15. SI ERES CONSUMIDOR DE VIDEO-JUEGOS O USAS CONSOLAS PSP, PS VITA O SIMILAR, INDICA CUÁNTAS HORAS DIARIAS LES DEDICAS.  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

16. INDICA MARCA Y MODELO DE LOS DISPOSITIVOS (O SUS PANTALLAS PLANAS) QUE USAS COMO SOPORTE DE VIDEO-JUEGOS, CONSOLAS O SIMILAR.

17. EN TUS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS DE PANTALLA PLANA, ¿ USAS ALGÚN FILTRO DE RADIACIÓN DE LUZ AZUL?

**EXPOSICIÓN A LUZ UVY PANTALLAS**

1. ¿ ERES USUARIO DE GAFAS DE SOL? (HOMOLOGADAS) NUNCA= 0 SIEMPRE=1 LOS MESES DE VERANO= 2.

2. INDICA EL NÚMERO DE HORAS QUE HAS PASADO DIARIAMENTE EN LA CALLE, AL SOL, EN LOS ÚLTIMOS 4 MESES.

3. ¿ CUÁNTAS HORAS PASAS VIENDO LA TELEVISIÓN AL DÍA?  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

4. INDICA LA MARCA Y EL MODELO DE TU TV.

5. ¿ CUÁNTAS HORAS USAS TU TABLET AL DÍA?  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

6. INDICA MARCA Y MODELO DE TU TABLET.

7. ¿ CUÁNTAS HORAS PASAS MIRANDO LA PANTALLA DE TU PORTÁTIL AL DÍA?  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

8. INDICA EL MODELO Y LA MARCA DE TU PORTATIL.

9. ¿ CUÁNTAS HORAS PASAS MIRANDO TU ORDENADOR DE PANTALLA PLANA AL DÍA?  
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

10. INDICA MARCA Y MODELO DE LA PANTALLA PLANA DEL ORDENADOR QUE USAS.