



**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

**FACULTAD DE FARMACIA**

**TRABAJO FIN DE GRADO (TFG)**

**GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA**

**ERGONOMÍA VISUAL EN EL USO DE ILUMINACIÓN**

**TIPO LED EN EL ÁMBITO LABORAL**

Fatma Zahra Aabassati El Aaraibi

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

**FACULTAD DE FARMACIA**



**TRABAJO FIN DE GRADO (TFG)**

**GRADO EN ÓPTICA y OPTOMETRÍA**

**ERGONOMÍA VISUAL EN EL USO DE ILUMINACIÓN TIPO LED EN EL  
ÁMBITO LABORAL**

TUTORA: DRA. VENTURA PEREZ MIRA

ALUMNA: FATMA ZAHRA AABASSATI EL AARAIBI

TIPOLOGÍA: TRABAJO BIBLIOGRÁFICO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AMBIENTAL.

En Sevilla, 1 de julio 2023.

## ÍNDICE

I	INTRODUCCIÓN.....	5
	Agudeza visual .....	7
	Sistema de iluminación .....	9
	Características de lámpara .....	9
II	OBJETIVOS.....	10
III	METODOLOGÍA.....	10
IV	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
	Comparación una lámpara LED con lámparas incandescente y fluorescente.....	28
	Medidas preventivas para minimizar el efecto de iluminación LED en el ámbito Laboral.....	29
V	CONCLUSIONES.....	30
VI	BIBLIOGRAFÍA.....	34

## **Resumen**

La ergonomía visual y prevención de riesgos laborales trata de optimizar el rendimiento de los trabajadores. Un aspecto muy importante sería disponer de una adecuada iluminación que cumpla con la normativa vigente. En el presente trabajo se estudia la ergonomía visual en el uso de iluminación LED en un entorno laboral. Las siglas LED vienen del inglés light emitting diode o Diodos Emisores de luz.

Se ha realizado una búsqueda exhaustiva en artículos nacionales e internacionales encontrados en bases de datos como Dialnet, Google Académico, Pubmed y bases de datos de organismos oficiales como el instituto nacional de seguridad y salud en el trabajo.

Se analizan las principales ventajas e inconvenientes que ofrecen las fuentes de iluminación LED, las características principales de las lámparas LED y los efectos que pueden producir en el sistema visual en casos de sobreexposición a la luz azul destacando la fototoxicidad, estrés oxidativo y apoptosis de las células retinianas.

Se realiza una comparación de la lámpara LED con las distintas lámparas tradicionales destacando la elevada eficiencia energética y el bajo consumo de la tecnología LED. Cabe mencionar que esta tecnología puede ser la más adecuada para iluminar el mundo en el ámbito laboral ya que son las bombillas de bajo consumo más empleadas hasta ahora.

Esta tecnología ha supuesto el mayor avance en el campo de la iluminación, se considera como una opción sostenible y práctica para lograr un ahorro en sus diferentes aplicaciones.

Se trata de aplicar medidas preventivas para minimizar el efecto de la iluminación LED en un entorno laboral.

Por último, en el presente trabajo se han conseguido los objetivos planteados destacando la importancia del diseño de un entorno laboral siguiendo las normas del INSST y aplicar una evaluación de las distintas fuentes de iluminación en el entorno laboral.

**Palabras Clave:** Ergonomía Visual, Lámparas LED, Color, Illumination, Blue Light.

## I.Introducción

La luz es el fenómeno electromagnético por el que podemos percibir radiaciones que son sensibles al ojo humano. La radiación electromagnética de la luz es de longitud de onda entre 380 y 780 nm. (nanómetros).

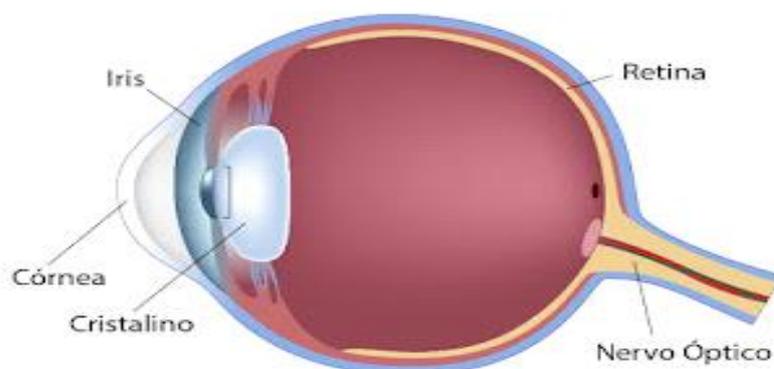
Podemos definir pues la luz, como una radiación electromagnética capaz de ser detectada por el ojo humano normal. (INSST,2016)

La visión es el proceso por medio del cual se transforma la luz en impulsos nerviosos capaces de generar sensaciones. El órgano encargado de realizar esta función es el ojo. (Garrity,2022).

Tal y como se aprecia en la figura 1, el ojo humano consta de las siguientes estructuras:

- Una pared de protección que lo protege de las radiaciones nocivas.
  - Un sistema óptico cuya misión consiste en reproducir sobre la retina las imágenes exteriores. Este sistema incluye córnea, humor acuoso, cristalino y humor vítreo.
  - Un diafragma, el iris, que controla la cantidad de luz que entra al ojo.
  - Una fina película sensible a la luz, la retina, sobre la que se proyecta la imagen exterior.
- En la retina se encuentran dos tipos de fotorreceptores los conos y los bastones. Los conos son sensibles al color por lo que requieren iluminaciones elevadas y los bastones son sensibles a la forma, funcionan para bajos niveles de iluminación.

En la retina se encuentra la fóvea, que es una zona exclusiva de conos y en donde la visión del color es perfecta, y el punto ciego o papila, que es la zona donde no existen conos y bastones. (Garrity,2022).



**Figura 1. Estructura del ojo humano. Fuente: Anatomía del ojo humano. Human Eye Anatomy (Rothschiller,2014).**

En relación a la visión debemos de tener en cuenta los siguientes aspectos;

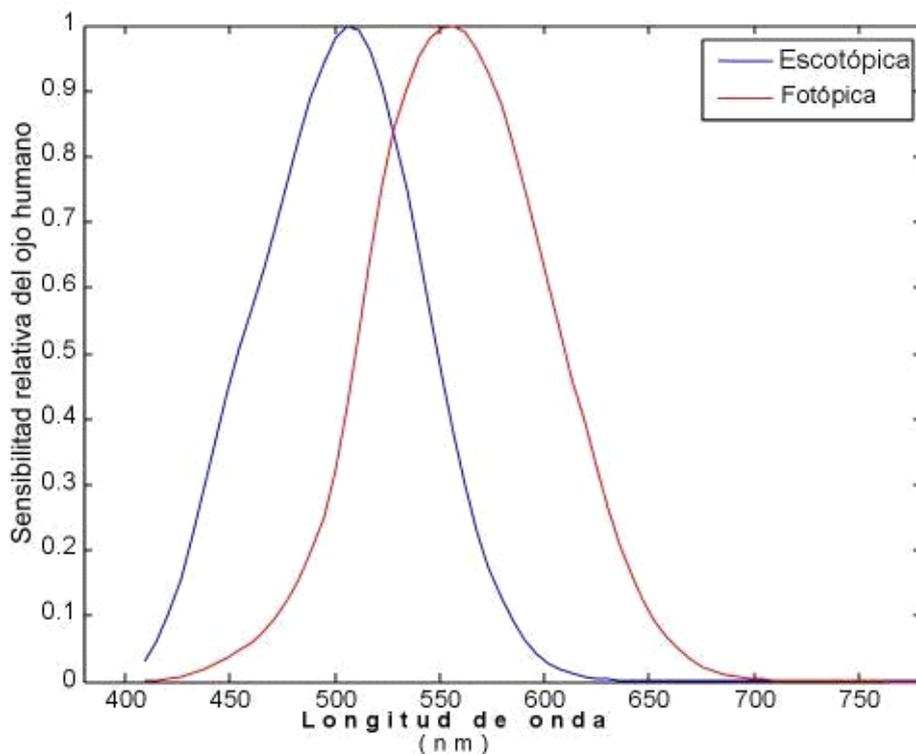
-La sensibilidad a la luz.

-La agudeza visual.

-El campo visual.

La sensibilidad a la luz varía de un individuo a otro. Si el ojo humano percibe una serie de radiaciones comprendidas entre los 380 y 780 nm la sensibilidad será baja en los extremos y el máximo se encontrará en los 555 nm.

En el caso de niveles de iluminación débiles esta sensibilidad máxima se desplaza hacia los 500 nm.(INSST,2016)



**Figura 2. Curva de sensibilidad del ojo humano. Fuente: (Tardá A et al.,2011)**

Como se observa en la figura 2, la curva roja muestra la visión fotópica, en la que la percepción visual que se produce es con un nivel de iluminación diurno mientras que la curva azul es visión escotópica en la que se produce una percepción visual con niveles bajos de iluminación.

-La iluminación diurna con iluminación alta se realiza principalmente por los conos, esta visión es fotópica.

-La visión nocturna con baja iluminación es debida a la acción de los bastones, esta visión es escotópica.

### **Agudeza visual.**

Se define como el mínimo ángulo bajo el cual se pueden distinguir dos puntos distintos al quedar separadas sus imágenes en la retina; para el ojo normal se sitúa en un minuto la abertura de este ángulo. Depende asimismo de la iluminación y es mayor cuando más intensa es ésta.

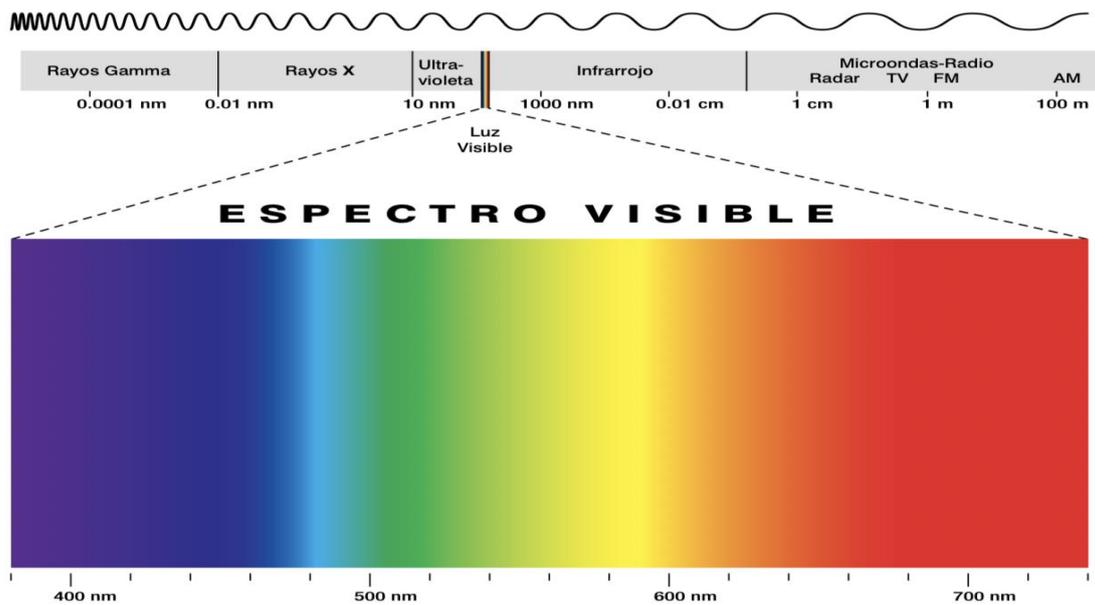
### **Campo visual**

Es la parte del entorno que se percibe con los ojos, cuando éstos y la cabeza permanecen fijos. A efectos de mejor percepción de los objetos, el campo visual lo podemos dividir en tres partes:

- Campo de visión neta: visión precisa.
- Campo medio: se aprecian fuertes contrastes y movimientos.
- Campo periférico: se distinguen los objetos si se mueven.

La luz está relacionada con la emisión de radiación electromagnética, sus propiedades físicas van a ser similares al resto de las radiaciones electromagnéticas, pues forman parte del espectro electromagnético. La diferencia que existe respecto a las radiaciones ultravioleta o infrarrojas, por ejemplo, se debe a la longitud de onda a la que emite una fuente de radiación.(INSST,2016)

En el caso de la luz visible, la longitud de onda a la que emiten estas fuentes se encuentra entre 380 nm y 760 nm. A esas longitudes de onda se produce la sensación visual. El ojo humano tiene la capacidad de distinguir en ese espectro visual las pequeñas diferencias y de esta forma se diferencian los colores. (INSST,2016).



**Figura 3. El espectro visible. Fuente (INSST, 2015)**

Según muestra la figura 3, la luz visible abarca las longitudes de onda entre 380 nm y 760nm.

Dentro del espectro electromagnético de la luz existen tres bandas:

- Los rayos UV que comprenden longitudes de onda entre 100 nm y 380nm.
- La luz visible que abarca las longitudes de onda entre 380 nm y 760nm.
- La IR, luz infrarroja que comprende las longitudes de onda entre 780 nm y 10000 nm.

### **La luz azul**

Es una porción del espectro de luz visible que queda comprendida entre las longitudes de onda de 380 y 500 nm, es decir, la longitud de onda corta, que incluye la luz violeta, la luz azul y una parte de la luz verde.

La luz azul forma el 25% del espectro visible comprendiendo las longitudes de onda de mayor energía. Se divide en luz azul-violeta y luz azul-turquesa.

La luz azul-violeta es la luz más peligrosa, debido a su elevada energía puede provocar fatiga y estrés visual, incluso apoptosis de las células retinianas, aparición precoz de la Degeneración Macular Asociada a la Edad y fotofobia.(Howells y Cols.,2013)

## Sistemas de iluminación

Un aspecto imprescindible para la adecuación de la iluminación en los lugares de trabajo es la elección apropiada de la iluminación artificial. Por ello se deben conocer las características y los tipos de lámparas.

Según la Norma UNE-EN 60598-1, se define luminaria como aparato de alumbrado que reparte, filtra o transforma la luz emitida por una o varias lámparas y que comprende todos los dispositivos necesarios para el soporte, la fijación y la protección de lámparas. Y, según la definición de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE), se define a las luminarias como aparatos que filtran, distribuyen o transforman la luz emitida por una o varias lámparas y que contienen los accesorios necesarios para alimentarlas.

De acuerdo con las presentes definiciones, se entiende que las luminarias van a ser los dispositivos donde se van a alojar las lámparas junto con otros componentes como reflectores, lentes, pantallas, difusores, etc.

### Características de las lámparas: elección y tipos:

El término lámpara se aplica al dispositivo que genera la luz; transforma la energía eléctrica o química a energía lumínica. A diferencia de las luminarias que sirven para repartir o distribuir la energía luminosa emitida por las lámparas.

En la actualidad casi todas las lámparas son eléctricas.

A la hora de seleccionar una lámpara, se deben conocer las exigencias visuales de las tareas que se vayan a realizar. Posteriormente se debe ajustar el tipo de lámparas a esas necesidades. Los aspectos que se deben contemplar estarán relacionados con la cantidad y la calidad de luz que produzca esa lámpara.

Los parámetros básicos que definen las características de una lámpara son los siguientes:(Universidad Politécnica de Valencia,2011).

**-Flujo luminoso.** Es el caudal de radiación visible emitido por una fuente luminosa en una unidad de tiempo.  $\phi = Q / t$ .

Su unidad es el **Lumen** (lm) que mide la cantidad de luz emitida.

- **Eficacia luminosa.** Es el cociente o resultado de dividir el flujo luminoso producido, entre la potencia eléctrica consumida.  $E = \phi / w$ .

Su unidad es el **Lumen por vatio** y se representa por (lm/W). Su símbolo es  $\eta$ .

**-Índice de Reproducción Cromática (IRC):** los colores que vemos dependen de las características cromáticas de la fuente de luz. Así, el Índice de Reproducción Cromática

permite estudiar la reproducción de los colores, según el tipo de radiación luminosa de las diferentes lámparas.

**-Vida media:** Es el número de horas de funcionamiento para el cual han fallado el 50% de las lámparas en uso. Es el dato que normalmente exhiben los fabricantes.

Inconvenientes: Está basada en ensayos de laboratorio bajo condiciones ideales. Y, no facilita información acerca del comportamiento de las lámparas a lo largo de su vida (deterioro del flujo).

**-Vida útil:** Periodo de funcionamiento, expresado en horas, durante el cual el flujo de la lámpara no desciende por debajo del 70% de su valor nominal.

## **II. Objetivos**

El objetivo principal del presente trabajo es:

-Analizar las ventajas e inconvenientes del uso de la iluminación LED en el sistema visual en el entorno laboral.

Como objetivos secundarios se plantean;

1-Indicar las características principales que ofrecen las lámparas LED.

2-Efectos de la iluminación LED en el sistema visual, aplicado a un ambiente de trabajo con pantallas de visualización de datos. Comparar las distintas tecnologías de lámparas.

3-Aplicar medidas preventivas para minimizar el efecto de la iluminación tipo LED en el ámbito laboral.

## **III. Metodología.**

Para la realización de este trabajo, se ha llevado a cabo una búsqueda exhaustiva basada en artículos científicos, libros y revistas nacionales e internacionales encontradas en bases de datos como dialnet, Google Scholar, Pubmed y Scopus; así como páginas webs de organismos oficiales como el instituto nacional de seguridad y Salud en el trabajo.

Las palabras clave de la búsqueda han sido: Ergonomía visual, LED, blue light, color, illumination.

Los criterios de inclusión y exclusión establecidos han sido:

-La fecha de publicación de los artículos científicos, la búsqueda bibliográfica incluye artículos científicos que pertenecen a las últimas décadas debido a la actualidad del trabajo fin de grado. En la primera búsqueda se obtuvieron 1549 artículos relacionados con la temática del trabajo. Se aplicaron los criterios de inclusión y exclusión y se llegó a la selección de un total de 58 artículos estudiados.

-Idioma de publicación español e inglés.

-Entorno: Establecimientos de trabajo.

-Población: Personas trabajadoras

#### **IV. Resultados y discusión.**

Con el fin de alcanzar los objetivos mencionados se analizan las ventajas e inconvenientes del uso de iluminación LED en el sistema visual en el entorno laboral. Las lámparas LED ofrecen ventajas destacando la alta eficiencia ya que la iluminación LED consume un 80-90% menos de electricidad que una bombilla corriente de características similares. Esto aproximadamente, significa un 90% de ahorro en la factura eléctrica. Con las lámparas LED se ha conseguido la mayor eficiencia lumínica, llegando hasta 130-150 lúmenes por vatio en las bombillas más eficientes, y a 80 lúmenes por Vatio en las más populares. Como ejemplo la eficiencia lumínica de un halógeno es tan solo de 20 a 25 lúmenes por vatio.

Bajo consumo ya que las lámparas LED consumen 2,5 veces menos que una bombilla de bajo consumo convencional y 8,9 veces menos que una bombilla incandescente tradicional esto conlleva un impresionante ahorro económico, que puede llegar al 90% en la factura de la luz, y una rápida amortización de la inversión. (Chincheró,2020)

Baja emisión del calor; Al consumir poca energía, las bombillas LED emiten poco calor. Es la llamada luz fría. Por ejemplo, una bombilla halógena gasta de 50W, 45W aproximadamente en emisión de calor.

El tiempo de vida es mucho mayor, hasta 45000 horas y son resistentes a altas temperaturas, humedad y vibraciones. Su encendido es al instante con el 100% del flujo luminoso.(Chincheró,2020)

No emiten radiación ultravioleta ni infrarroja, producen menor contaminación lumínica. De conformidad con el Real Decreto-ley 14/2022, de 1 de agosto, de medidas de sostenibilidad económica, así como de medidas de ahorro, eficiencia energética y de reducción de la dependencia energética del gas natural, en el capítulo 1 del presente Real Decreto se regulan las medidas dirigidas a reducir el consumo energético y se desarrolla el plan de ahorro y eficiencia energética.

Según el Real Decreto-ley 18/2022, de 18 de octubre, por el que se aprueban medidas de refuerzo de la protección de los consumidores de energía y de contribución a la reducción del consumo de gas natural en aplicación del "Plan + seguridad para tu energía

(+SE) ,en el apartado recomendaciones de ahorro y eficiencia energética en los hogares , se recomienda sustituir progresivamente las bombillas incandescentes y halógenas por tecnología LED, ya que emplea una potencia diez veces menor que las incandescentes y tienen una vida útil diez veces mayor, ahorrando hasta un 85% de la energía. Y aprovechar al máximo la luz natural apagando la luz de las zonas iluminadas de manera natural e implantar sistemas automáticos que lo garanticen.

De acuerdo con esta normativa, las fuentes de iluminación LED están incrementando y están llevando a cabo planes de sustitución de los sistemas tradicionales de alumbrado por fuentes de iluminación LED, con el fin de minimizar el consumo energético de manera contundente y contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. Por otra parte, se constata que las personas se encuentran constantemente expuestas a la luz azul, ya que su principal fuente es el sol. También se exponen a dicha luz a través de otras fuentes como son la luz azul de fluorescentes, las bombillas CFL (Compact Fluorescent light), los LEDs (light-emitting diodes), pantallas de ordenador, pantallas de televisión, móviles y tablets. En general, las personas se encontrarán siempre en un entorno de LEDs ,utilizados como un sistema de iluminación o como un sistema de visualización de datos.

Estas fuentes de iluminación o pantallas de visualización de datos emiten una luz blanca en mayor parte, pero tienen un pico de emisión de luz azul que abarcan longitudes de onda entre 400 y 480 nm dependiendo del dispositivo. Las inconvenientes de la iluminación LED en un diseño del entorno laboral son las siguientes:

#### **-LEDS blancos**

Son los más utilizados debido a sus propiedades lumínicas, en cuanto a la distribución de longitudes de onda que emiten, el punto máximo se encuentra en 440 nm aproximadamente, emiten una alta cantidad de radiación electromagnética de la banda azul, la más energética del espectro visible.

Próximos a la luz azul se encuentran los rayos UV, con una longitud de onda menor, y por tanto con más energía, esta radiación puede causar quemaduras en la piel y perjudicar gravemente la salud visual (Yamm y Kwok ,2014). El efecto azul puede afectar negativamente a las células retinianas.

La luz azul tiene inconvenientes como es la fototoxicidad y la potencialidad tóxica frente a células retinianas, tiene una alta energía fotoquímica e induce apoptosis celular en las

células del epitelio pigmentario de la retina (EPR) debido a su fototoxicidad; el riesgo para la retina por la estimulación con luz azul ha sido bien demostrado utilizando fuentes de luz de alta intensidad. Hoy en día, los dispositivos tecnológicos con pantallas que contienen diodos emisores de luz (LED) y lámparas fluorescentes compactas emiten niveles relativamente altos de luz azul. Si bien varios estudios han demostrado que los LIO que bloquean la luz dentro del espectro azul tienen múltiples beneficios para mejorar la salud ocular con desventajas mínimas, existen muy pocos estudios sobre anteojos con filtro azul como factor de protección, y este tipo de filtros puede ser significativamente más caro que los lentes que no los incluyen, (Rezai et al.,2008).

Se ha realizado un estudio para evaluar el daño de las células de la retina causadas por la luz azul de los LED estudiando el estrés oxidativo, las vías de respuesta al estrés y la identificación de las vías de muerte celular, y como resultado se obtuvo que la luz azul provocó daños oxidativos y lesiones retinianas, pérdida de fotorreceptores, activación de apoptosis ,necroptosis y necrosis independientes de la caspasa. La fototoxicidad de los LEDs en la retina se caracteriza por un fuerte daño de los fotorreceptores y la inducción de necrosis. Hay que tener en cuenta que los efectos dependen de la longitud de onda. (Jaadane I ,2015).

La exposición a 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 (Degeneración Macular Asociada a La Edad), (Howells y cols .,2013).

Diversos estudios demuestran que la luz azul puede inducir a la producción de radicales libres (ROS) con capacidad de producir daños oxidativos en las mitocondrias de las células epiteliales del cristalino, lo que puede inducir al desarrollo de cataratas. (Xie C et al., 2014).

La luz azul comprendida entre las longitudes de onda de 430-440 nm 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, (Arnault et al., 2013).

Varios estudios han demostrado que el mecanismo de daño por luz azul en la córnea implica inflamación, estrés oxidativo y apoptosis celular.

La incidencia de luz azul en la córnea produce una mayor concentración de radicales libres, la cual, no sólo daña el funcionamiento mitocondrial de las células, sino que induce a la activación de citoquinas proinflamatorias.

Esta respuesta inflamatoria en la córnea también está asociada al síndrome del ojo seco. La liberación de factores inflamatorios reduce la secreción de lágrimas y de mucina, incrementando la inestabilidad de la película lagrimal, promueve la evaporación de lágrimas y provoca un entorno hiperosmótico en la superficie del ojo (M.Kaido et al., 2016).

Los dispositivos emisores de longitud de onda corta contribuyen a la fatiga visual. De hecho, el uso prolongado de estos dispositivos puede dar lugar a una constelación de síntomas, que ahora se reconocen como síndrome de visión digital. El bloqueo de la luz de longitud de onda corta puede reducir la fatiga ocular y puede ayudar a mejorar la discapacidad visual asociada con la inestabilidad lagrimal en pacientes con ojo seco. Con respecto al síndrome de visión digital que induce fatiga visual, cefalea, molestias oculares, ojo seco, diplopía y visión borrosa, es una afección multifactorial con causas muy diferentes como anomalías de la película lagrimal, enfermedades reumatológicas sistémicas, trastornos oculomotores e incluso errores refractivos no corregidos. Es por eso que delimitar el papel de la luz azul en este síndrome es un poco difícil, (Rezai et al., 2008).

### **Deslumbramientos**

El deslumbramiento se produce fundamentalmente si la incidencia de los rayos luminosos es horizontal o próxima a la horizontal. Las luminarias deben disponer de sistemas que eviten esta situación. El deslumbramiento es uno de los factores importantes del entorno que puede perturbar la percepción y el rendimiento visual.

Se puede producir deslumbramiento directo cuando la luminancia de los objetos del entorno principalmente luminarias y ventanas es excesiva en relación con la luminancia general existente en el entorno de trabajo. y se puede producir deslumbramiento indirecto o por reflejos cuando las fuentes de luz se reflejan en superficies pulidas o que tienen alta reflectancia. En ambos casos el deslumbramiento puede revestir dos formas distintas;(INSST,2015)

a) El deslumbramiento perturbador; el efecto es reducir la percepción del contraste y por tanto el rendimiento visual. Tiene lugar cuando una fuente de alta luminancia se

percibe en las proximidades de la línea de visión, es decir pequeñas fuentes de muy alta luminancia o fuentes extensas de alta luminancia. Se puede controlar evitando las fuentes luminosas por delante de los ojos del trabajador y apantallando las fuentes de luz brillantes y orientando adecuadamente los puestos de trabajo.

b) Deslumbramiento molesto; cuyo efecto es producir una situación de discomfort visual, sin que ello reduzca la percepción de contrastes.

Produce una sensación de discomfort que tiende a ir aumentando con el tiempo y causa fatiga visual. En los locales de oficina el deslumbramiento molesto resulta más habitual que el perturbador. Este tipo de deslumbramiento es producido por las fuentes luminosas situadas dentro del campo visual. Se puede controlar usando persianas o cortinas en ventanas ,pantallas que impidan la reflexión del cuerpo brillante de las lámparas.

El deslumbramiento indirecto o por reflejos se produce cuando las fuentes de luz se reflejan en superficies de alta reflectancia o pulidas provocando una disminución del contraste necesario para percibir los objetos respecto del fondo sobre el que se visualizan. Esto provoca una alteración en la visibilidad en las tareas. Se puede controlar utilizando superficies de aspecto mate (mesa, paredes ,techos , suelos),situar el puesto de trabajo contrario a las fuentes de luz para que llegue por ambos lados del trabajador para evitar la formación de sombras. Uso de colores claros de aspecto mate y mantener un equilibrio de luminarias en el puesto de trabajo.(INSST,2015)

Patologías relacionadas con el discomfort visual : La visión puede verse afectada causando diferentes manifestaciones clínicas, entre las que se encuentran las producidas por visión cercana , síntomas de cansancio ocular (Astenopia) ,trastornos de poder de enfoque (Acomodación) ,así como el balance muscular de ojos forias y poder de convergencia .(Iribarren y Fornaciari ,2002). Estas molestias se producen por forzar la vista en ambientes de trabajos no óptimos. Actualmente en los puestos de trabajo se emplean dispositivos electrónicos con PVD que causa el Síndrome Visual Informático.SVI. Con la pandemia sociosanitaria y el confinamiento provocado por el virus COVID-19, muchos puestos de trabajo fueron desplazados al domicilio del trabajador causando abuso de pantallas de visualización de datos y fatiga visual.Los principales trastornos que pueden aparecer en la fatiga visual son Blefaritis,

Inflexibilidad acomodativa, síndrome de ojo seco (SOS) y disminución de la Agudeza Visual (AV).

Para minimizar el riesgo que pueden causar las distintas fuentes de iluminación o pantallas de visualización de datos LEDs y con el fin de adecuar un entorno de trabajo con PVD se han elaborado las siguientes normas:

El desarrollo de la normativa en España frente a la importancia de una adecuada iluminación en espacios de trabajo se dio con la expedición de la Ley 31 de 1995, del 8 de noviembre de 1995, la cual trata sobre la prevención de riesgos laborales, a partir de esta norma su desarrollo reglamentario dio lugar al Real Decreto 486/1997 del 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares del trabajo.

La exposición a las condiciones ambientales de los lugares de trabajo no deberá suponer un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores. Estas condiciones ambientales de los lugares de trabajo deberán ajustarse a lo establecido en el Anexo III (Condiciones ambientales de los lugares de trabajo), artículo 7 (Condiciones ambientales), Capítulo II (Obligaciones del empresario) del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.

Las condiciones ambientales, se refieren a todas aquellas condiciones que posee cualquier puesto de trabajo, entre las que encontramos la iluminación, la temperatura y la humedad, las radiaciones y el ruido.(INSST,2015)

La iluminación en el ámbito laboral tiene como fin proporcionar un ambiente de trabajo confortable y eficiente, el confort visual y psicológico asegura el bienestar del trabajador y aumenta su motivación, eso conduce a un mayor rendimiento y una productividad mejorada (Manav ,2007).

La falta de iluminación adecuada puede causar efectos sobre la fatiga visual, y en consecuencia sobre el rendimiento, por lo que se recomienda que sea apropiada para que el usuario de computador trabaje más cómodo y seguro. (Lin et al.,2008). En medida de lo posible, los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural, que deberá completarse con una iluminación artificial, cuando la iluminación natural no garantiza unas condiciones de confort visual adecuadas.

En estos casos se utilizará la iluminación artificial con los siguientes valores mínimos de iluminación.

Los valores de iluminación podrán ser duplicados cuando exista cualquier circunstancia que provoque un riesgo para el trabajador o produzca una dificultad en la realización de su labor habitual, como por ejemplo el contraste entre luminancias y color entre el objeto con el que se trabaja y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil (INSST ,2015).

El trabajo con las PVD actualmente incorpora un tratamiento antirreflejante y un mayor rango de regulación del contraste. Debe de emplearse un nivel de iluminación de 500 lux, que es el mínimo recomendable para la lectura y escritura de documentos y para otras tareas de oficina. En el caso de que el trabajo sea fundamentalmente con pantallas se puede rebajar su intensidad entre 300 y 400 lux (Universidad de la Rioja ,2010.).

#### **Criterios de Iluminación Interior: RD 486/1997**

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

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

#### **Anexo IV: Iluminación en los lugares de trabajo**

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

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

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

**Tabla1. Comparación de los niveles mínimos de Iluminación en los espacios laborales. Fuente (Anexo IV Iluminación de los lugares de trabajo, del RD 486/1997 del 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo).**

Zona o parte del lugar de trabajo	Nivel mínimo requerido (lux)
Bajas exigencias visuales	100
Exigencias visuales moderadas	200
Exigencias visuales altas	500
Exigencias visuales muy altas	1000
Áreas o locales de uso ocasional	50
Áreas o locales de uso habitual	100
Vías de circulación de uso ocasional	25
Vías de circulación de uso habitual	50

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

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando concurren las siguientes circunstancias;

a) En las áreas o locales de uso general y en las vías de circulación, cuando por sus características, estado u ocupación, existan riesgos apreciables de caídas, choques u otros accidentes.

b) En las zonas donde se efectúen tareas, cuando un error de apreciación visual durante la realización de estas pueda suponer un peligro para el trabajador que las ejecuta o para

terceros o cuando el contraste de luminancias o de color entre el objeto a visualizar y el fondo sobre el que se encuentra sea muy débil.

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

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

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

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

<b>Tabla 2. Normas UNE 72163</b>	
Ejemplos de tareas visuales	Nivel mínimo recomendado
Manejo de máquinas, herramientas pesadas, lavado de automóviles ,etc.	200 lux
Trabajos comerciales, reparación de automóviles, planchado, y corte en trabajos de confección, etc.	500 lux
Escritura y dibujo con tinta, ajustes en mecánica, selección industrial de alimentos, etc.	1000 lux
Escritura y dibujo con lápiz, costura en actividades de confección, etc.	2000 lux
Montaje sobre circuitos impresos, trabajos de relojería , igualación de colores ,etc.	5000 lux

Las características a tener presentes con la iluminación artificial son el color; se recomienda la luz blanca, el calor que desprenden, el rendimiento y la cantidad de luz. Se deben elegir lámparas con la mejor capacidad de reproducción cromática que no alteren los colores (INSST,2020). Algunos tipos de lámparas son recomendados y su escogencia va a depender de la calidad de reproducción del color. A continuación, en la tabla 3 se compara la capacidad de reproducción cromática de las distintas lámparas.

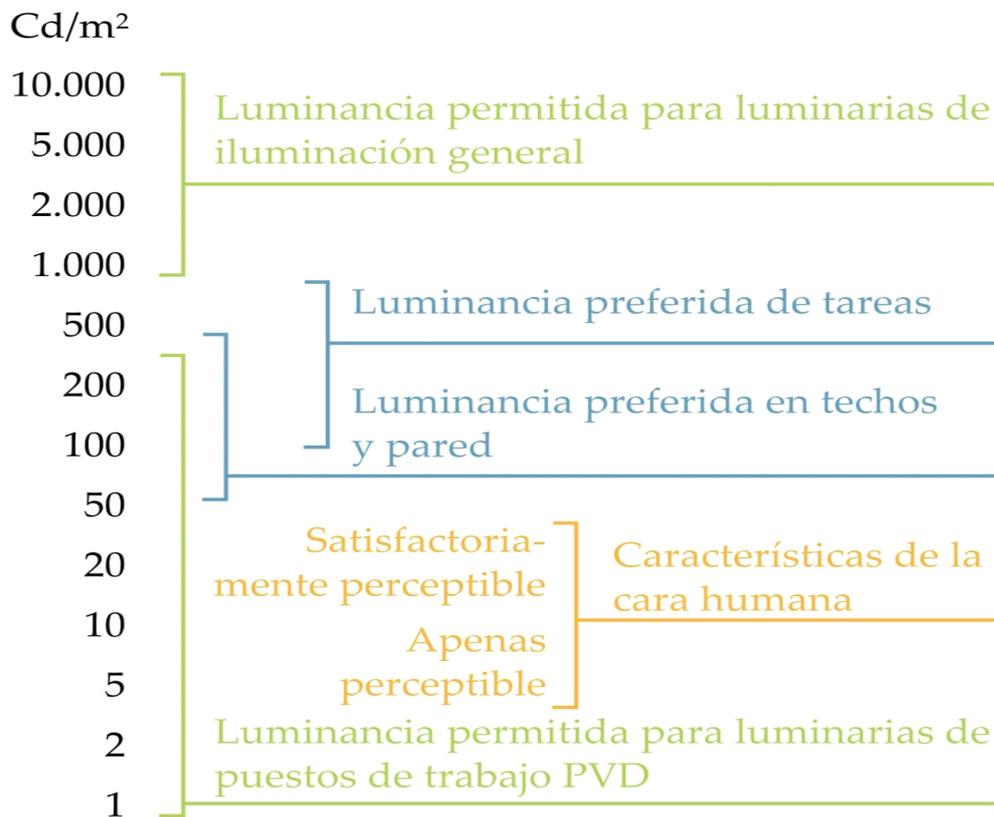
**Tabla 3. Capacidad de reproducción cromática de las lámparas. Fuente (INSST, 2020)**

Tipo de lámpara	Reproducción del color
Incandescente estándar	Excelente
Incandescente halógena	Excelente
Fluorescente de alta calidad	Muy buena
Fluorescente corriente	Buena
Mercurio	Medio
Sodio de alta presión	Mala
Sodio de baja presión	Monocromática

Con el fin de garantizar un adecuado equilibrio de luminancias en el puesto de trabajo resulta imprescindible controlar los valores de luminancia del techo y de las paredes.

En general, para el diseño del alumbrado en interiores se emplea la escala de luminancias que aparece en la Figura 4. (INSST,2015). Tal y como se puede ver en la siguiente figura la luminancia permitida para luminarias de iluminación general oscila entre 1000 y 10.000 Cd/m<sup>2</sup> y la luminancia preferida en techos y pared incluye valores de 200 a 1000 Cd/m<sup>2</sup>.

El utilizar los colores más apropiados en paredes, techos ,suelos y equipos permite aprovechar las cualidades de reflexión de la luz y conseguir con ellos un ambiente adecuado al trabajo que se realice. Los colores mates evitan los reflejos y son los indicados para revestir los ámbitos de trabajo, y los colores claros y luminosos son los más recomendables para lograr una buena visibilidad y un buen efecto psicológico.(INSST,2011).



**Figura 4. Escala de luminancias .Fuente :Iluminación en el puesto de trabajo(INSST, 2015).**

El equilibrio de luminancias en un puesto de trabajo se puede conseguir controlando los niveles de iluminación y la reflectancia de las superficies del entorno, lo que se logra eligiendo colores claros para paredes y otras superficies del entorno y utilizando una

iluminación general acorde para que no sea muy diferente de la que se emplea en el puesto de trabajo. (INSST,2015).

No se utilizarán sistemas o fuentes de luz que perjudiquen la percepción de los contrastes, de la profundidad o de la distancia entre objetos en la zona de trabajo, que produzcan una impresión de intermitencia o que puedan dar lugar a efectos estroboscópicos y centelleos, (INSST, 2020).

Es importante la iluminación en el desconfort visual, que el ojo humano tiene su propio mecanismo para la adaptación a los cambios de luz. El elemento del sistema visual encargado de controlar la cantidad de luz que entra al ojo es el Iris, el cual, mediante contracción y relajación de sus músculos determina el diámetro pupilar. El tamaño pupilar va relacionado con la luminosidad. El ojo humano se adapta a unas luminancias entre 2.000 y 10.000 lux/día en condiciones fotópicas y 50 y 500 lux/noche en condiciones escotópicas. En condiciones fotópicas, el iris se contrae por efecto de los músculos circulares reduciendo el diámetro pupilar alrededor de unos 2 mm, (pupilas mióticas) disminuyendo la entrada de luz para poder enfocar con nitidez. En condiciones escotópicas ocurre todo lo contrario los músculos radiales del iris, se contraen aumentando el diámetro pupilar aproximadamente unos 6 mm. Las células fotorreceptoras que se activan son los Bastones (acromáticos) responsables de la visión con baja luminosidad (deslumbramientos), (Puell,2020).

Además de la iluminación, el color influye en el confort visual. Las características del color (tono, claridad y colorido), la temperatura del color y la dualidad psicológica colores fríos vs colores cálidos, el rendimiento, el grado de simulación de la luz diurna y la psicología del color en la decoración y en la publicidad. El color provoca reacciones psíquicas y emocionales, los colores básicos tienen cualidades psicológicas positivas y negativas, de forma que según el entorno o espacio donde se sitúe el color se puede favorecer o potenciar determinadas cualidades psicológicas. En espacios interiores es recomendable utilizar colores fríos azules, verdes, siempre desaturados. Mientras que, los colores cálidos, rojos, amarillos, desaturados también son adecuados en espacios o habitaciones con poca iluminación natural, debido a su orientación respecto al tránsito del sol a lo largo del día o a la inexistencia de ventanas (Martinez-Verdú et al.,2006).

En un estudio realizado por Manav (2007) para demostrar la influencia de las variables, temperatura del color e iluminación en un grupo de personas, se observó que el cambio

en la temperatura del color y el nivel de iluminación afecta el atractivo visual de un espacio. Respecto a la iluminación los participantes prefirieron un nivel de 2000 lux a 500 lux ,mientras que en la evaluación del confort ,amplitud ,luminosidad y saturación fue preferida una temperatura de color de 4000 k a 2700 k para impresiones de (comodidad y amplitud), mientras que una temperatura de 2700 K fue sugerida para relajación y evaluación de saturación ,siendo difícil sugerir una temperatura de color que realizara el brillo en un espacio , ya que el brillo percibido es una evaluación subjetiva. Los participantes prefirieron la combinación de colores para su uso en oficinas. Así mismo, se sugirió la combinación de colores cálidos y fríos.

A continuación, se van a describir las características de las lámparas;(INSST,2015)

### 1.Lámparas incandescentes

En estas lámparas la luz se produce en un filamento calentado hasta la incandescencia por el paso de una corriente eléctrica. La eficiencia energética es bastante pequeña y tienen una vida media muy limitada. Esta es la razón por la que en la actualidad ya no se fabrican y se están retirando de forma gradual. La retirada de bombillas incandescentes finalizó por completo en el año 2016.

Estas lámparas tienen la ventaja de emitir luz en un espectro cromático continuo y su capacidad de reproducir los colores es excelente. Las lámparas halógenas son un tipo especial de lámpara incandescente.

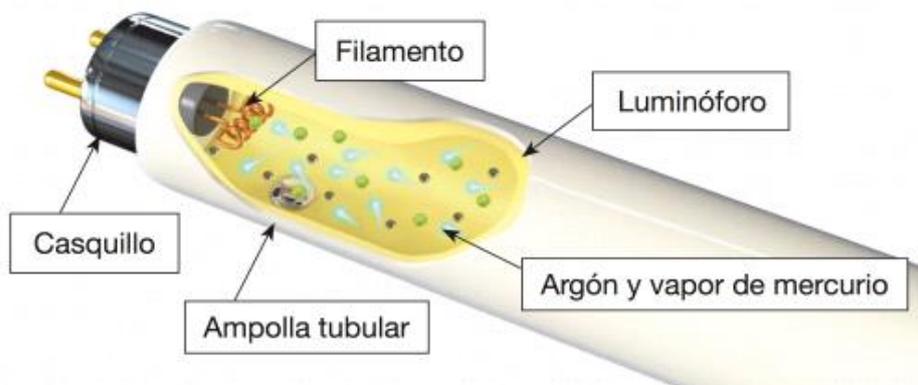


Figura 5. Lámpara Incandescente. Fuente (INSST,2015)

## 2. Lámparas de descarga

Las lámparas de descarga abarcan una serie de lámparas entre las que se encuentran las lámparas fluorescentes. En este tipo de lámparas la luz se genera en la película fluorescente que recubre la pared interior del tubo de vidrio. La fluorescencia de dicho recubrimiento se produce al incidir en él la radiación ultravioleta generada por la descarga eléctrica en el vapor de mercurio que está encerrado en el tubo. En estas lámparas la tonalidad de la luz emitida depende de la composición del material fluorescente que recubre el interior del tubo.

Las lámparas fluorescentes tienen una eficiencia energética mucho más elevada que las lámparas incandescentes y su vida media también es bastante mayor. La capacidad de reproducción cromática no es tan grande como en las incandescentes, su rendimiento en color suele estar comprendido entre 70 y 90, según el modelo de la lámpara. Este rendimiento de color se suele considerar suficiente para la mayoría de los lugares de trabajo. (INSST,2015).



**Figura 6: Una lámpara Fluorescente. Fuente: (INSST,2015)**

## 3-Lámparas de Vapor de Mercurio

Estas lámparas están constituidas por un pequeño tubo de cuarzo dentro del cual se produce una descarga eléctrica en vapor de mercurio con alta presión. Este tubo de cuarzo se coloca en el interior de una ampolla de vidrio de dimensiones bastante mayores. La descarga se inicia mediante un circuito auxiliar que posibilita la formación de la descarga normal de trabajo y la emisión de un flujo importante de luz visible.

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

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



**Figura 7. Lámpara de vapor de Mercurio de Alta presión Fuente (Facultad de energía eléctrica e iluminación,2010)**

#### **4-Lámparas de vapor de Sodio**

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

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

Las lámparas de sodio de alta presión, su eficiencia energética no es tan elevada como en las de baja presión (unos 100 lúmenes/vatio), pero el espectro cromático emitido permite una cierta distinción de los colores. Estas lámparas se emplean principalmente en alumbrado de exteriores; áreas exteriores, áreas industriales; alumbrado público.

## 5-Lámparas LED

En este trabajo nos centraremos en este tipo de iluminación, las siglas LED provienen del inglés light emitting diode, o diodo emisor de luz.

La tecnología LED utiliza diodos que tienen la característica de emitir energía en forma de luz.

Un diodo es un componente electrónico que incluye un chip, que permite el paso de la corriente eléctrica en un sentido, pero no en contrario. La tecnología LED está basada en las características fotoluminiscentes de algunos semiconductores. El paso de corriente por esos compuestos semiconductores produce energía luminosa en una longitud de onda determinada. La combinación de los distintos semiconductores es lo que permite que emitan diferentes longitudes de onda y se produzca finalmente una luz blanca, (INSST,2020).



**Figura 8. Distintos modelos de lámparas LED. Fuente (L&D Proyectos Estratégicos ,2015).**

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

Su principal problema es el coste de la instalación. Muchas empresas han optado por retirar otro tipo de alumbrado e instalar iluminación LED, esta medida reduce el consumo, pero el coste inicial de la inversión no es siempre rentable.

Otro inconveniente es que cada diodo produce una luz relativamente direccional de tal manera que se pueden producir sombras y desequilibrios de luminancias. Otro problema que surge es que en ocasiones puede resultar una luz más fría, (INSST,2015).

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

Existe otro tipo de tecnología que se está desarrollando denominada OLED (Organic light-emitting diode). Esta tecnología va a facilitar la posibilidad de su uso en la iluminación de espacios amplios. Consiste en el paso de la corriente por unas capas delgadas del material semiconductor orgánico que emiten luz.(INSST,2015).

#### **Parpadeos y efectos estroboscópicos (INSST,2016)**

El flujo de luz en lámparas de tipo fluorescente y de descarga fluctúa periódicamente a una frecuencia doble de la usada por la red eléctrica (50Hz). Este efecto también está presente en las lámparas incandescentes. La fluctuación A 100 Hz es demasiado rápida como para ser percibida por el ojo humano, estos efectos no se presentan en las lámparas de bajo consumo, al trabajar en frecuencias de varios KHz .Tampoco están en las lámparas LED de una corriente constante.

#### **Comparación LED con lámparas incandescente y fluorescente.**

Los nuevos sistemas de iluminación LED (Light emitting diode) se han convertido en una de las mejores fuentes de iluminación actualmente utilizadas, debido a su alta eficiencia luminosa. Por otro lado , los tres tipos de lámparas de iluminación en la industria actualmente son lámparas de luz incandescente , prácticamente ya en desuso salvo en aplicaciones específicas ,luz fluorescente compacta , y las lámparas LED .Se ha encontrado también que las lámparas LED Requieren de menos potencia comparadas con las incandescentes o fluorescentes.

La Tabla 4 muestra una comparación de una lámpara incandescente tradicional de 60 W frente a las lámparas de energía más eficientes como las lámparas fluorescentes compactas y las lámparas LED.(Chincheró, 2021).

**Tabla 4. Comparación de LED con lámparas incandescentes y fluorescentes**

Tabla 4. Parámetro de la Lámpara	Lámpara Incandescente 60 W	Lámpara incandescente 43W	Lámpara Fluorescente Compacta 15W	Lámpara LED 12W
Potencia	60 W	43 W	15 W	12 W
Ahorro de energía (%)	-	25	75	75 a 80
Tiempo de duración (horas)	1000	1000 a 3000	10000	25000
Eficacia (lm/W)	-	13	45	180
Vida Útil (h)	Entre 500 y 1000	4000	Entre 8000 y 10000	Entre 25000 y 50000
Coste Anual de la energía	5,2	3,5	1,2	1,00

La optimización del consumo de energía de los sistemas de iluminación depende de la eficiencia de las tecnologías con las que se desarrollan las lámparas y de los elementos eléctricos que las componen y de las técnicas asociadas a los controladores de estas lámparas.

Si realizamos una comparación con las lámparas fluorescentes compactas, las lámparas LED no poseen mercurio, lo cual las hace más sostenibles con el medio ambiente, teniendo adicionalmente tiempos de vida más largos. En comparación con otro tipo de fuente de iluminación tradicional, los LEDs disponen de una sola estructura física, características ópticas y eléctricas, así como sus propias ventajas se destacan: (Chincher, 2021)

- Una rápida respuesta, el tiempo de inicio de LEDs es en el nivel de nanosegundos.
- Ahorro de energía, 40% de la electricidad se transforma en luz.
- Tiempo de duración, hasta 100 000 horas.
- Encapsulado de estado sólido.
- La temperatura del color varía en tres tonalidades: fría, cálida y neutra.
- Son menos contaminantes ya que no incluyen elementos nocivos tales como el Plomo (Pb) y Mercurio (Hg). Su Índice de reproducción de color es el adecuado.

## **Medidas preventivas para minimizar el efecto de la Iluminación tipo LED en el ámbito Laboral**

Para prevenir todas las desventajas que causa la sobreexposición a la iluminación LED principalmente la luz azul y proporcionar una buena protección ocular se adaptan las siguientes medidas.

En primer lugar; Aplicar diseños de filtros específicos que minimizan su exceso reduciendo la intensidad hasta un 80%. Así se consigue impedir la llegada de esta radiación al ojo. (AE,2021).

Los filtros pueden ser internos o externos: Los filtros Internos se encuentran en los dispositivos electrónicos del entorno laboral, estos filtros se centran en la modificación de la temperatura de color, cambian el color de la pantalla a un color más amarillento, haciendo disminuir la longitud de onda azul. Se pueden encontrar en el software del dispositivo electrónico o en un navegador externo.

El segundo tipo sería un filtro externo que se adhiere encima de las pantallas de los dispositivos de visualización de datos o de las lentes oftálmicas.

Este tipo de filtro es muy común en las lentes oftálmicas y dentro de ellos hay varios tipos según su fabricación: (AE,2021)

-El primer tipo de filtro es fabricado dentro de la masa de la lente. No se ven los reflejos azules característicos de estos filtros haciendo que el cristal sea más transparente y suelen filtrar un 20% de la luz azul.

-El segundo filtro se fabrica colocando una capa en la cara anterior de la lente. Este filtro es uno de los más utilizados y filtran un 20 % de la luz azul.

-Otro tipo de filtro sería la combinación del primer filtro con el filtro que se coloca en la cara anterior de la lente. Esta combinación hace que se minimice la luz azul a un 30%.

-Un método de filtro consiste en tinter la lente con colores anaranjados o rojos. De tal manera que se podría filtrar un 80 % de la luz azul. Este tipo de lentes oftálmicas se recomienda usarlas al final del día después de muchas horas delante de pantallas de visualización de datos para relajar la vista.

En segundo lugar; se recomienda alternar tareas con distintas exigencias visuales y minimizar la exposición a PVD para evitar el síndrome visual Informático (SVI) y seguir las siguientes medidas para un uso óptimo de pantallas de visualización de datos.

Trabajar muy cerca de los dispositivos electrónicos obliga a un esfuerzo excesivo de convergencia y de acomodación provocando tensiones visuales innecesarias, por tanto, es necesario mantener una distancia mínima de 35 cm. En cuanto a las pantallas de ordenador, la distancia visual óptima estaría en torno a los 40-50 cm para los portátiles y entre 60-70 para los ordenadores de sobremesa, (Agora, 2020).

La pantalla del ordenador debe estar ligeramente inclinada unos 20º y por debajo de la altura de los ojos porque la musculatura ocular está diseñada para la convergencia. Para mantener una distancia apropiada con las pantallas se recomienda distancia codo - mano, además es conveniente aprovechar la luz natural en la mayor medida posible al usar dispositivos electrónicos para prevenir los efectos de la exposición a la luz azul.

En condiciones normales la frecuencia del parpadeo es de quince veces por minuto, frente a las pantallas se reduce a cinco veces produciéndose sequedad ocular y por tanto pérdida de la calidad visual, incomodidad e irritaciones. Parpadear de forma completa y en mayor cantidad es imprescindible para mantener la hidratación Ocular. (Agora ,2020).

En tercer lugar, sería conveniente ajustar la tempera del color del dispositivo LED en función del trabajo que se realice adaptándolo a la precisión. Las características a tener presentes son el color se recomienda la luz blanca, el calor que desprenden, el rendimiento y se deben elegir lámparas con la mejor capacidad de producción cromática que no alteren los colores, (INSST,2020).

Otro método para limitar esta exposición sería realizar pausas y descansos, se recomienda seguir la regla del 20-20-20, cada 20 minutos descansar la vista 20 segundos mirando a una distancia de 20 pies, unos 6 metros, así para mitigar la fatiga visual.

## **V. Conclusiones**

Una iluminación inadecuada en un entorno laboral puede llegar a producir cefalea, disconfort visual, deslumbramientos, síndrome visual informático, así como fatiga visual, visión borrosa, ojo seco y otras alteraciones oculares. Incluso podría llegar a provocar accidentes de trabajo.

Es imprescindible, por tanto, realizar un acondicionamiento de la iluminación en los puestos de trabajo con el fin de fortalecer la percepción visual y optimizar la seguridad, bienestar y el rendimiento laboral de los trabajadores.

Por todo ello, se procede a realizar un estudio de la ergonomía visual en el uso de iluminación tipo LED en el ámbito laboral, con el objetivo principal de analizar las ventajas e inconvenientes del uso de iluminación LED en el entorno laboral. Describir las características principales que ofrecen las lámparas LED así como los efectos que produce la luz azul en el sistema visual, aplicado a un ambiente de trabajo con PVD y comparar las distintas tecnologías de lámparas.

Y por último se trata de aplicar medidas preventivas para reducir el efecto de la iluminación LED en el ámbito laboral.

Primero, según los datos expuestos en el presente trabajo cabe mencionar que las distintas fuentes de iluminación tipo LED ofrecen grandes ventajas destacando la alta eficiencia, ahorro de energía y una vida útil mucho más larga en comparación con las distintas fuentes de iluminación tradicional. Las lámparas LED producen menor contaminación lumínica y son resistentes a altas temperaturas y humedad.

Esta tecnología de iluminación está incrementando con el fin de minimizar el consumo energético y contribuir a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

Sin embargo; estas fuentes de iluminación LED o PVD tienen un pico de emisión de luz azul, que tiene inconvenientes en casos de sobreexposición. Puede llegar a producir fototoxicidad, estrés oxidativo y lesiones retinianas, alteraciones en el cristalino llegando a inducir la formación de cataratas.

Un aspecto muy importante para la adecuación de la iluminación en los lugares de trabajo sería la elección apropiada de la iluminación artificial. El término lámpara se aplica al dispositivo que genera la luz y el término luminaria se aplica al aparato de alumbrado que reparte y transforma la luz emitida por una o varias lámparas.

La normativa vigente exige una adecuada iluminación en un entorno laboral según el anexo IV del RD 486/1997 del 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. Se describen los aspectos mínimos que se deben cumplir en un lugar de trabajo. La iluminación de los lugares de trabajo deberá permitir que los trabajadores dispongan de condiciones de visibilidad adecuadas para desarrollar sus actividades sin riesgo para su seguridad y salud. La

iluminación de cada zona de un lugar de trabajo deberá adaptarse a las características de la actividad que se efectúe en ella teniendo en cuenta las exigencias visuales de las tareas desarrolladas y siempre que sea posible en los lugares de trabajo tendrán una iluminación natural que deberá contemplarse con una iluminación artificial.

Además de la iluminación las características de la temperatura o el tono del color influye en el confort visual, ambos aspectos deben ser consideradas siguiendo la normativa vigente para lograr la protección de la salud visual de los trabajadores.

En segundo lugar, se describen las características de las lámparas destacando que las lámparas incandescentes tienen una vida media limitada y la eficiencia energética es bastante pequeña motivo por el que se han retirado por completo en el año 2016.

Las lámparas de descarga que abarcan las lámparas fluorescentes tienen una eficiencia energética más elevada que las lámparas incandescentes y su vida media también es mayor. Las lámparas de vapor de Mercurio con eficiencia energética y vida media similar a las lámparas fluorescentes, pero se pueden fabricar para potencias más elevadas.

Las lámparas de vapor de Sodio son dos tipos; lámparas de vapor de Sodio de baja presión que son muy eficientes, pero emiten solamente luz monocromática. Y, las lámparas de Sodio de alta presión con eficiencia energética bastante pequeña en comparación con las lámparas de Sodio de baja presión, pero permiten cierta distinción de colores.

Y por último se describen las características de las lámparas LED destacando la rápida respuesta al encendido y apagado, larga duración, mayor eficiencia y ahorro energético. En comparación con las distintas tecnologías de lámparas, la temperatura del color de las lámparas LED varía en tres tonalidades fría, cálida y neutra. Son menos contaminantes ya que no incluyen elementos nocivos como el Plomo (Pb) y Mercurio (Hg).

Cabe mencionar que se está desarrollando una tecnología denominada OLED (Organic light-emitting diode) que consiste en el paso de la corriente por unas capas de material semiconductor orgánico que emite luz.

En tercer lugar, se trata de prevenir el riesgo que causa la sobreexposición a las fuentes de iluminación LED principalmente, la luz azul con las siguientes medidas:

-Diseñar el entorno de trabajo siguiendo las normas del INSST para mitigar en la mayor medida posible las alteraciones oculares que pueden ocasionar las distintas fuentes de iluminación LED.

-Se recomienda llevar a cabo una evaluación de las distintas fuentes de iluminación y pantallas de visualización de datos en el puesto de trabajo acudiendo a dispositivos que permiten evaluar la radiación de las distintas bandas lumínicas, los espectrómetros ópticos y los espectrorradiómetros o las cámaras hiperespectrales.

-Aplicar diseños de filtros de protección que son específicos para la luz azul y minimizan su exceso e impiden la llegada de esta radiación al ojo. Estos filtros pueden ser internos incluidos en el software de los dispositivos electrónicos del entorno laboral o externos que se adhieren encima de las pantallas de los sistemas de visualización de datos.

-Utilizar en medida de lo posible lentes oftálmicas con filtro azul y tratamiento antirreflejante.

De acuerdo con los resultados expuestos, se han alcanzado los objetivos descritos con la realización del presente TFG.

## BIBLIOGRAFÍA

-AE, Asociación Española de optometristas unidos, 2021. Lentes con filtros contra luz azul. (en línea).(consultado en junio 2023) Disponible en [:Los filtros selectivos como primera opción de ayuda a pacientes con retinosis pigmentaria | Optometristas.org.](#)

-Agencia Estatal ,Boletín Oficial del Estado. Real Decreto-ley 14/2022 , de 1 de agosto , medidas de sostenibilidad económica en el ámbito del transporte ,en materia de becas y ayudas al estudio , así como de medidas de ahorro , eficiencia energética y de reducción de la dependencia energética del gas natural.02/08/2022.(En línea )(consultado en abril 2023) disponible en [:BOE-A-2022-12925 Real Decreto-ley 14/2022, de 1 de agosto, de medidas de sostenibilidad económica en el ámbito del transporte, en materia de becas y ayudas al estudio, así como de medidas de ahorro, eficiencia energética y de reducción de la dependencia energética del gas natural.](#)

-Agencia Estatal, Boletín Oficial del Estado. Real Decreto Ley 18/2022, de 18 de octubre medidas de refuerzo de la protección de los consumidores de energía y de contribución a la reducción del consumo de gas natural en aplicación del “ Plan + Seguridad para tu energía (+SE)”.2022.(en línea ) (consultado en abril 2023) disponible en [:BOE-A-2022-17040 Real Decreto-ley 18/2022, de 18 de octubre, por el que se aprueban medidas de refuerzo de la protección de los consumidores de energía y de contribución a la reducción del consumo de gas natural en aplicación del "Plan + seguridad para tu energía \(+SE\)", así como medidas en materia de retribuciones del personal al servicio del sector público y de protección de las personas trabajadoras agrarias eventuales afectadas por la sequía.](#)

-Ágora ,2020. Pantallas y salud visual: Efectos y soluciones. (en línea) (consultado en mayo 2023). Disponible en [Webinar Àgora. Pantalles i salut visual efectes i solucions 2 en Vimeo](#)

-Arnault E, Barrau C, Nanteau C , Gondouin P ,Bigot K , Viénot F et al.Phototoxic action spectrum on a retinal pigment epithelium model of age-related macular degeneration exposed to sunlight normalized conditions.National library of medicine.2013.(en línea) (consultado en junio 2023) , disponible en [:Phototoxic action spectrum on a retinal pigment epithelium model of age-related macular degeneration exposed to sunlight normalized conditions - PubMed \(nih.gov\).](#)

[-Espectro de acción fototóxico en un modelo de epitelio pigmentario retiniano de degeneración macular relacionada con la edad expuesta a condiciones normalizadas de luz solar - PubMed \(nih.gov\).](#)

-Chinchero Villacis Héctor. Tesis Doctoral. Desarrollo de drivers para aplicaciones de iluminación LED, basados en elementos reactivos controlables para su aplicación en edificios inteligentes. Universidad de Oviedo:2020. (Consultado en mayo 2023). Disponible en:[Desarrollo de drives para aplicaciones de iluminación LED, basados en elementos reactivos controlables para su aplicación en edificios inteligentes \(uniovi.es\)](#)

-Dominguez Salgado A , Chávez-Orta S , Duque-Rodriguez M ,Franco-Contreras J, Herbert-Anaya D,Montes-Rodriguez M et al.Is the blue light filter for spectacle and intraocular lenses helpful in improving ocular health?2021.(en línea)(Consultado en junio 2023).Disponible en :[¿Es útil el filtro para luz azul de los lentes intraoculares y aéreos para mejorar la salud visual? Una revisión sistemática de la literatura \(scielo.org.mx\).](#)

- Garrity James .Características protectoras de los ojos.MD mayo Clinic College of medicine and Science.2022(en línea) (consultado en abril 2023). Disponible en:[Estructura y función de los ojos - Trastornos oftálmicos - Manual MSD versión para público general \(msdmanuals.com\)](#)

-Howells O, Eperjesi F, Bartlett H. Macular pigment optical density in young adults of South Asian origin. Invest Ophthalmol Vis Sci ( Consultado en junio 2023) .Disponible en [Macular Pigment Optical Density in Young Adults of South Asian Origin \(aston.ac.uk\).](#)

-Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo. Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para la evaluación ergonómica y acondicionamiento de los puestos.2015 (en línea) (consultado en junio 2023). Disponible en:[9f9299b8-ec3c-449e-81af-2f178848fd0a \(insst.es\)](#)

-Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos con pantallas de visualización.2021. (en línea) (consultado en junio 2023). Disponible en: [Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la utilización de equipos con pantallas de visualización \(insst.es\).](#)

- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo. Norma Técnica Española, NTP211 Iluminación en los centros de trabajo. Madrid :España. (en línea) (Consultado en abril 2023). Disponible en : [NTP 211: Iluminación de los centros de trabajo \(insst.es\)](https://www.insst.es/normas/normas-technicas/normas-technicas-2011/normas-technicas-2011-211-iluminacion-en-los-centros-de-trabajo)
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. La iluminación en el ambiente Laboral. 2016 (en línea) (Consultado en julio 2023) Disponible en : [Microsoft Word - GUÍA PRACTICA SOBRE ILUMINACIÓN final 2 .doc \(srt.gob.ar\)](https://www.srt.gob.ar/Documentos/Practica%20sobre%20iluminacion%20final%202.doc)
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo .Trabajo con PVD :Riesgos derivados del avance de las TIC. Trabajo líquido y riesgo emergente en las sociedades de la información. 2020(en línea) (Consultado en mayo 2023) Disponible en : [Trabajo con PVD: Riesgos derivados del avance de las TIC. Trabajo líquido y riesgo emergente en las sociedades de la información \(insst.es\)](https://www.insst.es/Trabajo-con-PVD-Riesgos-derivados-del-avance-de-las-TIC-Trabajo-liquido-y-riesgo-emergente-en-las-sociedades-de-la-informacion).
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Seguridad en el trabajo. 2011 (en línea) (Consultado en Julio 2023) Disponible en : [e34d1558-fed9-4830-a8e3-b0678c433bb1 \(insst.es\)](https://www.insst.es/Seguridad-en-el-trabajo).
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. Riesgos ergonómicos en el uso de las nuevas tecnologías con pantallas de visualización. 2020 ( en línea) ( Consultado en julio 2023) Disponible en : [NTP 1150. Riesgos ergonómicos en el uso de las nuevas tecnologías con pantallas de visualización \(insst.es\)](https://www.insst.es/NTP-1150-Riesgos-ergonomicos-en-el-uso-de-las-nuevas-tecnologias-con-pantallas-de-visualizacion)
- Iribaren F , Iribaren G, Fornaciari A .Estudio de la función visual en el trabajo con computadoras. Trabajo presentado en en Congreso Panamericano de Oftalmología, 2002. Buenos Aires ( en línea)( Consultado en junio 2023) Disponible en: [ESTUDIO DE LA FUNCION VISUAL EN EL TRABAJO CON COMPUTADORAS \(medicinabuenaaires.com\)](http://www.medicinabuenaaires.com/estudio-de-la-funcion-visual-en-el-trabajo-con-computadoras)
- Jaadane I., Boulenguez P., Chahory S., Carré S., Savoldelli M., Jonet L., BeharCohen F., Martinsons C., Torriglia A. Retinal damage induced by commercial light emitting diodes (LEDs). Free Radic Biol Med (2015).
- Jason C S yam and Alvin K H Kwok. Ultraviolet light and ocular diseases. 2013. National library of medicine. (Consultado en junio 2023). Disponible en : [Ultraviolet light and ocular diseases - PubMed \(nih.gov\)](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24888888/)
- Kaido M., Toda I., Oobayashi T., et al. Reducing Short-Wavelength Blue Light in Dry Eye Patients with Unstable Tear Film Improves Performance on Tests of Visual Acuity. PLoS

- one,2016. disponible en [Reducing Short-Wavelength Blue Light in Dry Eye Patients with Unstable Tear Film Improves Performance on Tests of Visual Acuity - PubMed \(nih.gov\)](#).
- Kuse Y., Ogawa K., Tsuruma K., Shimazawa M. & Hara H. Damage of Photoreceptor-derived cells in culture induced by light emitting diode derived blue light. Sci Rep. 4, 5223, 2014. Disponible en : [Damage of photoreceptor-derived cells in culture induced by light emitting diode-derived blue light | Scientific Reports \(nature.com\)](#)
- L&D.Proyectos Estratégicos.Mejora la eficiencia energética en iluminación.2015.(en línea) (Consultado en julio 2023) Disponible en : [Mejora la eficiencia energética en iluminación. ~ L&D Proyectos estratégicos \(strategicprojects.blogspot.com\)](#)
- Lin CJ, Feng WY, Chao CJ, Tseng FY. Effects of VDT workstation lighting conditions on operator visual workload. Industrial Health 2008; 46:105-111.
- Manav B. An experimental study on the appraisal of the visual environment at offices in relation to colour temperature and illuminance. Building and Environment. 2007; 4 (42): 979-983.
- Martínez Verdú F, Fez Saiz D, Viqueira V, Coloma P, Perales E, Chorro E, et al. La investigación en óptica visual del Grupo de Visión y Color (Universidad de Alicante). Óptica Pura y Aplicada 2006.
- Ministerio de trabajo, migraciones y seguridad social.Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.[BOE-A-1997-8669 Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.\(en línea\)](#) (Consultado en junio 2023). Disponible en [RD 486/1997. Seguridad y salud en los lugares de trabajo – Prevención de Riesgos Laborales – CEOE.](#)
- Puell M. Umbral de luminancia absoluto y adaptación visual a la oscuridad.2020. (en línea) (consultado en junio 2023) disponible en [INTERACCIÓN DE LA RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA CON EL SISTEMA VISUAL \(ucm.es\)](#).
- Rothschiller James.Human Eye Anatomy.Pediatric Ophthalmology 2014 .(en línea ) (Consultado en abril 2023).Disponible en : [Eye Anatomy - Pediatric Ophthalmology PA](#)
- Rezai KA, Gasyna E, Seagle B-LL, Norris JR, Rezaei KA. AcrySof Natural filter decreases blue light-induced apoptosis in human retinal pigment epithelium. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2008;246(5):671-6

- Tardá A, Palá V, Arbiol R, Pérez Aragués F,.Detección de la iluminación Exterior Urbana Nocturna con el Sensor Aerotransportado CASI 500.Instituto Cartográfico y geológico de Cataluña.2011.(en línea ).(consultado en abril 2023). Disponible en : [Respuesta espectral percibida por el ojo humano representada en la... | Download Scientific Diagram \(researchgate.net\)](#)
- Universidad de La Rioja.Prevenición de riesgos en trabajos de oficina.2010. (en línea) (Consultado en junio 2023). Disponible en [maqueta riesgos \(unirioja.es\)](#)
- Universidad Politécnica de Valencia. Criterios de elección de lámparas.2011. (en línea) (consultado en 1 de julio 2023). Disponible en:[Criterios de elección de lámparas \(upv.es\)](#)
- Villoslada Salinas Federico ,Anatomía del ojo Humano ,Pérdida de visión manejo en Atención Primaria.2017.MIR del Centro de Salud Urbano. (en línea) (consultado en abril 2023) .Disponible en :[Pérdida de visión manejo en Atención Primaria \(slideshare.net\)](#)
- Xie C., Li X. Y., Tong J. P., Gu Y. S., Shen Y. Effects of white light-emitting diode (LED) light exposure with different correlated color temperatures (CCTs) on human lens epithelial cells in culture. Photochem Photobiol (2014).