Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

Tratamientos aplicados en lentes oftálmicas para bloquear la luz azul II

Presentado por Manuel Mateo Pérez Ferrero

Tutelado por: David Mateos Villán y Daniel González Fernández

Tipo de TFG: Investigación

En Valladolid a 29 de mayo de 2025

AGRADECIMIENTOS

A mis padres.

A mis tutores, por todos los consejos y la ayuda prestada.

A Nieves González González (VITA Óptica) y a Kevin Chmiel (Óptica Doctrinos), por el material prestado para la investigación.

ÍNDICE

RESUMEN……...[4]

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN……[5]

1.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO VISIBLE……..……...[5]
1.2 ¿QUÉ ES LA LUZ AZUL?.....[6]
1.3 EFECTOS NEGATIVOS DE LA LUZ AZUL……..…[6]
1.4 EFECTOS POSITIVOS DE LA LUZ AZUL……..[7]
1.5 TRANSMITANCIA……[7]

CAPÍTULO 2. OBJETIVOS……..…[8]

CAPÍTULO 3. MATERIAL……...[8]

3.1 LI-COR 1800……[9]

3.2 LENTES BLANCAS NEUTRAS……[9]

CAPÍTULO 4. PROCEDIMIENTO…….……..[10]

CAPÍTULO 5. RESULTADOS…….……[12]

5.1 ZEISS……..……[12]

5.2 YLLA……[14]

5.3 NOVAQUIA……[15]

5.4 INDO……[15]

5.5 FILTRO AMARILLO……..……[16]

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN……..……[16]

CAPÍTULO 7. CONCLUSIÓN…….……[18]

CAPÍTULO 8. BIBLIOGRAFÍA……..……...[20]

RESUMEN

Este es un trabajo de fin de grado que busca demostrar el bloqueo real de los filtros de algunas lentes oftálmicas a la luz azul. La luz azul es la parte del espectro visible que comprende las longitudes de onda entre 380 nm y 500 nm. Muchas investigaciones afirman que una parte de esta luz azul (380-430 nm) es dañina para nuestro ojo, provocando alteraciones en la retina y en el cristalino. Sin embargo, esta luz también tiene beneficios ya que tiene un papel fundamental en la segregación de la hormona melatonina, encargada de la regulación del sueño. Para llevar a cabo este proyecto se ha utilizado el espectrorradiómetro LI-COR 1800 y lentes neutras de varias casas y se ha comprobado cuál es la transmitancia real de estas lentes, comparándola después con la transmitancia teórica que venden dichas casas. Una vez expuestos los resultados, se ha llegado a la conclusión de que estos filtros bloquean la luz azul en sus longitudes de onda más cortas, pero en la franja de máxima emisión de las pantallas LED (450 nm) la transmitancia tiene valores bastante elevados.

ABSTRACT

This is a final degree project that aims to demonstrate the actual blocking capacity of certain ophthalmic lenses against blue light. Blue light is the part of the visible spectrum that includes wavelengths between 380 nm to 500 nm. Numerous studies claim that part of this blue light (380–430 nm) is harmful to the eye, causing damage to the retina and the crystalline lens. However, blue light also has benefits, as it plays a fundamental role in the secretion of the hormone melatonin, which regulates sleep. To carry out this project, the LI-COR 1800 spectroradiometer and neutral lenses from various companies were used to measure the actual transmittance of these lenses, which was then compared with the theoretical transmittance claimed by the companies. Based on the results, it was concluded that while these filters are effective at blocking blue light at the shorter end of the spectrum, they allow a relatively high amount of light to pass through at around 450 nm—the range where LED screens emit the most.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO VISIBLE

Antes de definir el espectro electromagnético, hay que entender qué es la radiación electromagnética.

Se conoce la radiación electromagnética como una forma de energía que viaja a través del espacio en forma de onda. Estas ondas están compuestas por dos tipos de campos que vibran y se desplazan perpendicularmente entre sí: el campo magnético y el campo eléctrico. Esta radiación, a diferencia de otros tipos de energía, puede propagarse a través de medios no materiales, por lo que es capaz de propagarse por el vacío, como ocurre cuando llega luz solar a la Tierra. [1, 2]

Una vez definida la radiación electromagnética, se entiende el espectro electromagnético como el conjunto de todas las formas de radiación electromagnética que existen, organizadas según su longitud de onda o su frecuencia. Aunque muchas de estas radiaciones no pueden ser vistas por el ojo humano, forman parte de nuestra vida cotidiana. El espectro se divide en diferentes tipos de ondas, que van desde las ondas de radio, que tienen longitudes de onda muy largas y poca energía, hasta los rayos gamma, que tienen longitudes de onda extremadamente cortas y gran cantidad de energía. Otras ondas que se pueden encontrar entre estos extremos son los rayos X, luz ultravioleta, luz visible, infrarrojos o microondas. [3] Dentro del espectro electromagnético, se encuentra el espectro electromagnético visible, que es el conjunto de radiaciones que es capaz de detectar el ojo humano. Estas radiaciones abarcan las longitudes de onda entre 380-700 nm y provocan cambios en la retina que permiten tener visión a los seres humanos.

En la figura 1 se puede ver cuál es la franja de espectro electromagnético que ocupa el espectro visible.

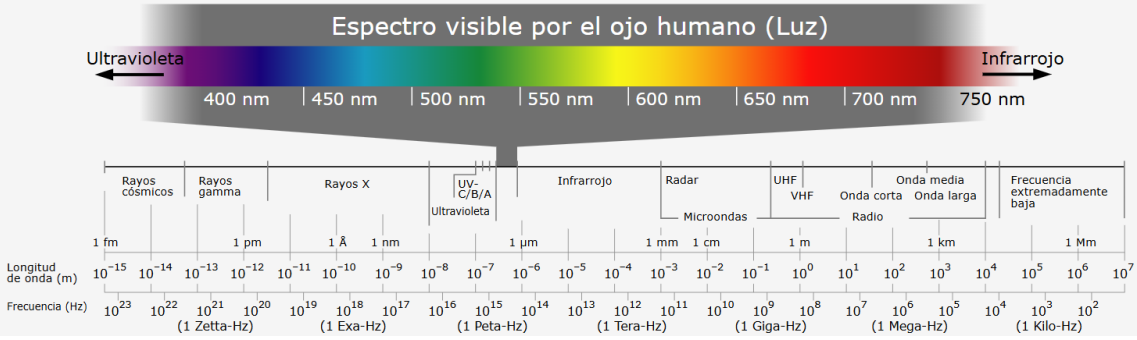

Figura 1 (https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_electromagn%C3%A9tico#/media/Archivo:Electromagnetic_spectrum-es.svg)

1.2 ¿QUÉ ES LA LUZ AZUL?

Después de haber definido el espectro electromagnético, se pasa a la parte correspondiente a la luz azul. La luz azul es la franja del espectro electromagnético visible que se corresponde entre las longitudes de onda de 380 nm a 500 nm (ver figura 2). Esta luz se percibe como de color azul, aunque también puede estar presente en luces que parecen de otro color, especialmente en la luz blanca. La luz azul se puede dividir en dos subcategorías: la luz azul-violeta de alta energía (generalmente entre 380 y 450 nm) y la luz azul-turquesa (generalmente entre 450 y 500 nm). [4] La luz azul es la parte del espectro visible que tiene la longitud de onda más corta y la frecuencia más alta y, consecuentemente, la energía más alta. Es por ello por lo que se considera que la luz azul puede tener efectos más intensos sobre las estructuras oculares y, sobre todo, la retina.

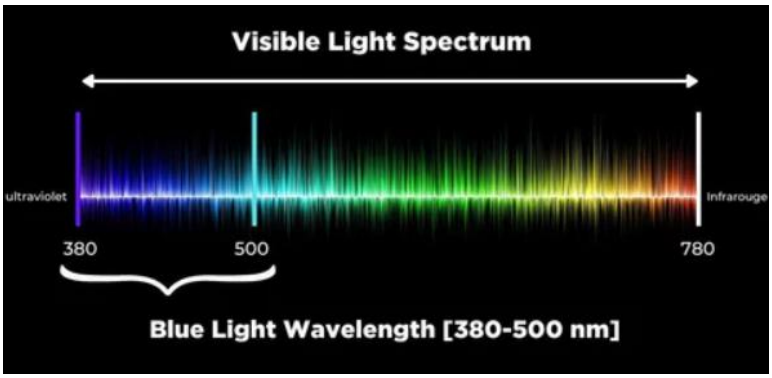

Figura 2 (https://es.horus-x.com/blogs/infos/longueur-d-onde-lumiere-bleue#ruffruff-table-of-contents-item-3)

1.3 EFECTOS NEGATIVOS DE LA LUZ AZUL

Está comprobado que, según [5], la luz ultravioleta (UV) puede causar efectos perjudiciales en el sistema visual. La luz ultravioleta es un tipo de radiación electromagnética que se encuentra por debajo de los 380 nm de longitud de onda hasta los 10 nm y es, por tanto, una radiación con altos niveles de energía y muy nociva para el ser humano. Por suerte, la mayor parte de esta radiación es absorbida por la capa de ozono de nuestro planeta, por lo que solo nos llega el 23% de la luz UV emitida por el Sol. [5] Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), algunos efectos adversos que puede causar la exposición a la luz UV son el daño al ADN celular, las quemaduras solares (sobre todo en la piel), la fotoqueratitis (inflamación dolorosa de la córnea) o la fotoconjuntivitis (inflamación de la conjuntiva por exposición solar). [6] Dado que la luz azul es la parte del espectro visible que más se acerca a las características de la luz ultravioleta, se cree que una exposición prolongada a altas intensidades de luz azul puede causar efectos muy similares. Pese a que existen estructuras como el cristalino o la córnea que son capaces de bloquear una gran cantidad

de esta luz, hay un porcentaje de la luz azul que logra transmitirse a través de ellas, llegando a la retina donde puede causar daños.

Según el artículo [7], existen varios estudios afirmando que la exposición excesiva a la luz azul produce un aumento del estrés oxidativo en la retina provocando daños a nivel celular y aumentando el riesgo de Degeneración Macular Asociada a la Edad (DMAE), la tercera causa principal de ceguera en el mundo. Los estudios científicos han demostrado que la luz azul puede desencadenar procesos metabólicos que, a su vez, provocan una degradación a largo plazo de la integridad celular y favorecer la muerte celular prematura debido al estrés fotooxidativo en las células. Sin embargo, no se puede determinar qué dosis y qué fuentes de luz presentan un mayor potencial para causar daños. Hasta ahora, los resultados científicos demuestran que la luz azul artificial de la iluminación LED o las pantallas convencionales se encuentra muy por debajo de cualquier umbral conocido para perjudicar la salud en el sistema ocular humano. [7] Además, según [12], las pantallas emiten una luz azul-violeta de alrededor de 450 nm, por lo que esta luz no es tan dañina como la de longitud de onda más corta que sí que nos puede causar alteraciones en el ojo.

1.4 EFECTOS POSITIVOS DE LA LUZ AZUL

Por otro lado, no todos los efectos de la luz azul son perjudiciales. La luz azul constituye una gran parte de la luz solar que nos llega diariamente y, según [8], algunos estudios científicos han confirmado que influye en nuestro estado hormonal.

Se cree que la luz azul controla los ritmos circadianos del sueño mediante el aumento o descenso de la producción de la hormona melatonina. Esta hormona regula el ciclo del sueño por lo que se cree que el uso de dispositivos electrónicos que emiten luz azul puede reducir los niveles de melatonina. Durante el día recibimos gran cantidad de luz azul, en cambio por la noche nos llega muy poca. Por eso, el uso de estos dispositivos antes de dormir causa que no se produzca tanta melatonina como debería y por tanto no se induce el sueño correctamente, causando insomnio. [8, 9]

1.5 TRANSMITANCIA

La transmitancia óptica se puede definir como la parte de luz incidente, a una longitud de onda determinada, que atraviesa un material. La transmitancia óptica sirve para medir la cantidad de luz que deja pasar un cuerpo. Cuando un haz de luz incide sobre un cuerpo traslúcido, una parte de esa luz es absorbida por el cuerpo, y otra fracción de ese haz de luz atravesará el cuerpo (ver figura 3). [10]

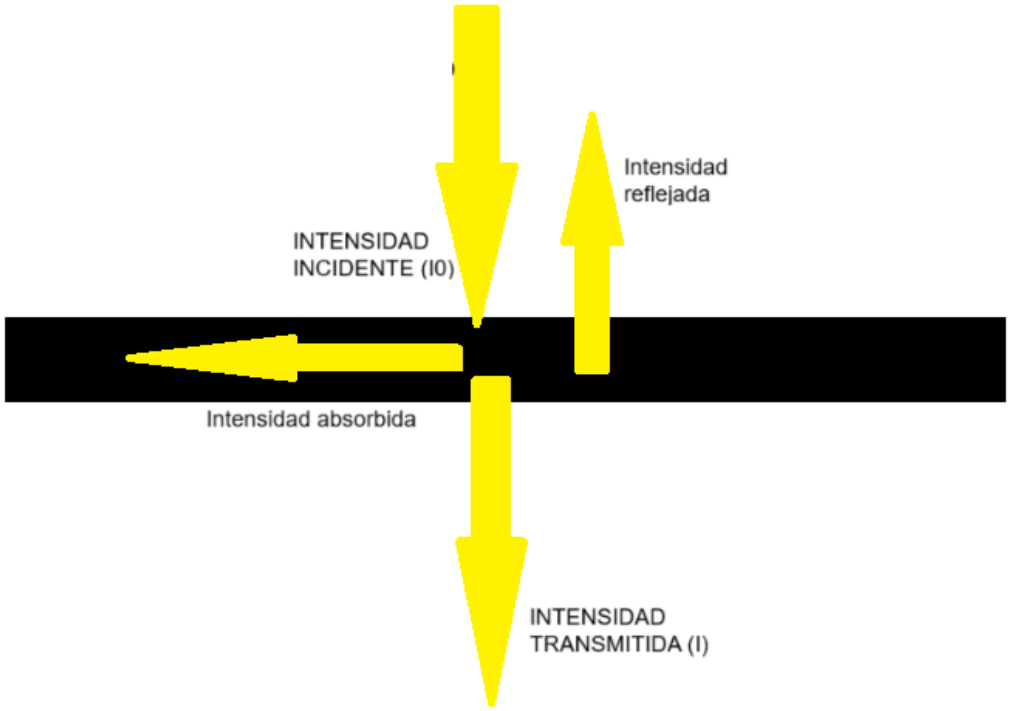

Figura 3. Esquema de la intensidad incidente y la intensidad transmitida sobre una superficie cualquiera.

La transmitancia T, expresada en porcentaje como se utiliza a lo largo de este trabajo, viene dada por la siguiente ecuación (ec. 1), asumiendo incidencia normal sobre la lente oftálmica:

$$T = \frac{I}{I_0} * 100 \text{ (ec. 1)}$$

Siendo *I* la cantidad de luz que atraviesa el cuerpo y I_0 la cantidad de energía que incide en el cuerpo.

2. OBJETIVOS

El principal objetivo de este trabajo es medir la transmitancia real de una selección de lentes neutras que llevan un filtro para bloquear la luz azul. Se comprobará si estas lentes realmente son eficaces a la hora de bloquear la luz azul de los dispositivos electrónicos, tal y como defienden sus propios fabricantes.

3. MATERIAL

Para la realización de este trabajo se ha utilizado el siguiente material: un espectrorradiómetro LICOR 1800 y una colección de lentes neutras tratadas con un filtro para bloquear la luz azul.

3.1 LI-COR 1800

Se trata de un espectrorradiómetro que cuenta con un receptor coseno, un difusor y una rueda con siete filtros de colores (controlada por un ordenador) para seleccionar la luz con la longitud de onda de interés en cada caso (ver fig. 4).

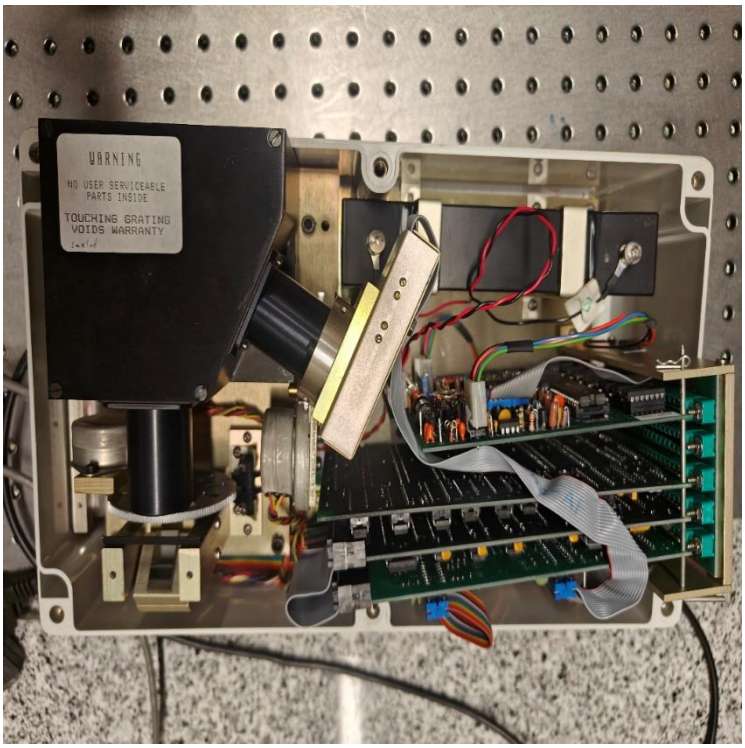

Figura 4. Foto del interior del espectrorradiómetro LI-COR 1800

El espectrorradiómetro se conecta al ordenador a través de un puerto serie y se controla mediante el software WIN 1800, proporcionado por el fabricante. Este programa recoge los datos del modelo LI-COR1800 y permite ajustar la frecuencia de escaneo. El equipo ofrece una resolución espectral máxima de 1 nanómetro en el rango de 300 a 1100 nm.

Un espectrorradiómetro es un instrumento potente y preciso capaz de detectar la radiación de cualquier objeto que emita luz. Es capaz de realizar medidas muy fiables de cromaticidad y luminancia. [11]

3.2 LENTES BLANCAS NEUTRAS

Se trata de un conjunto de lentes neutras tratadas con un filtro específico para bloquear la luz azul.

- ZEISS DURAVISION BLUE PROTECT

  Son 3 lentes similares que constan del tratamiento Duravision Blue Protect de la marca Zeiss. Según la propia casa, es un tratamiento

desarrollado específicamente para clientes que pasan mucho tiempo en interiores y están expuestos a la luz azul-violeta de las luces LED y de las pantallas de televisión, ordenadores o tabletas; ayudando a aliviar la fatiga visual que perciben los clientes asociada con la exposición a la luz azul. Aseguran que este tratamiento reduce la cantidad de luz entre 390 y 440 nm. [13]

- YLLA JAPAN LENS 1.6 UV 420 BLOCK

  Se trata de una lente japonesa (Ylla) con tecnología para bloquear la luz UVA (99%), UVB (100%) y UVC (100%). Además, informan de que bloquea la luz azul hasta un 55% en una longitud de onda de 420 nm. Tiene un índice de refracción de 1.6. [14]

- 1.58 BLOCKAGE PIXAR BLUV (NOVAQUIA)

  Es una lente de la casa Novaquia con la tecnología Blockage Pixar BLUV. Según la marca, absorbe la luz artificial y bloquea los rayos dañinos de hasta 420 nm que provienen de dispositivos digitales. Tiene un índice de refracción de 1.58. [15]

- SUPERFIN NATURAL BLUE (INDO)

  Consiste en una lente de la casa Indo que consta del tratamiento Energy BLUE. Según la propia casa, tiene un 100% de protección hasta una longitud de onda de 410 nm. Tiene un índice refracción de 1.5. [16]

- FILTRO AMARILLO

  Se trata de un filtro de color amarillo capaz de cortar y bloquear toda la luz que le llega hasta 450 nm.

4 PROCEDIMIENTO

Una vez expuesto el material, se dará comienzo a la realización de las medidas. Lo primero es la correcta colocación del banco óptico. Para ello, se utiliza el siguiente material:

- Una bombilla halógena de 1000 W como fuente de luz. Se trata de una lámpara FEL capaz de emitir desde luz UV hasta luz infrarroja.
- Soportes para las lentes sobre los que se realizan las medidas.
- El espectrorradiómetro LI-COR 1800
- Ordenador conectado al espectrorradiómetro para procesar los datos recibidos

En este caso, se ha realizado el montaje de manera que la bombilla está a 70 cm del detector y del portalentes.

Antes de llevar a cabo las medidas, se tiene que medir el offset del instrumento. El offset se puede definir como la señal que detecta un sensor o detector cuando no hay una señal de entrada. En este caso, se podría definir como la radiación que detecta el espectrorradiómetro cuando la fuente de luz está apagada.

La ecuación de la transmitancia teniendo en cuenta el offset es la siguiente (ec. 2):

$$T = \frac{I - I_{offset}}{I_0 - I_{0\,offset}} * 100 \approx \frac{I}{I_0} * 100 \text{ (ec. 2)}$$

Sin embargo, no se tiene en cuenta el offset ya que corresponde a una fracción muy pequeña en comparación con las medidas cuando la fuente de luz está encendida (ver fig. 5).

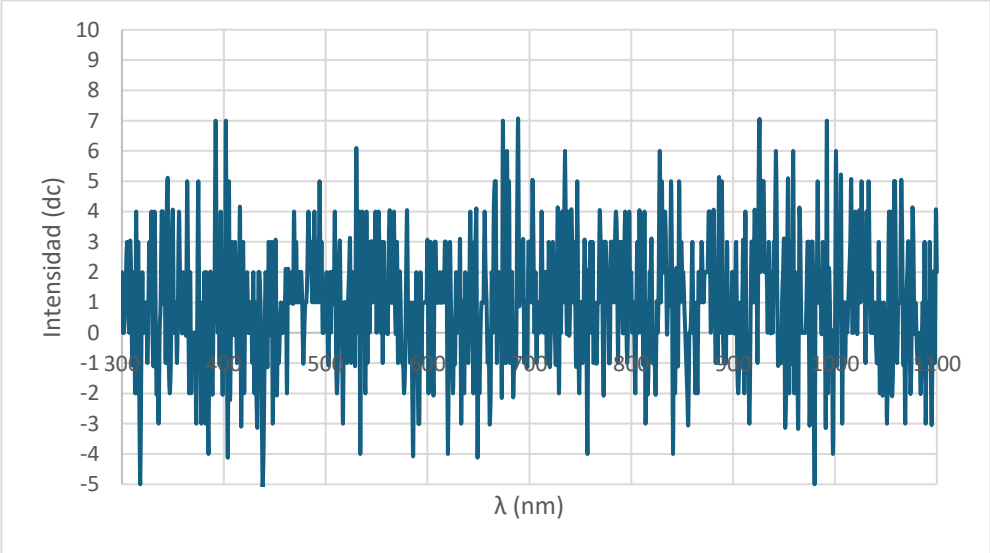

Figura 5. Medida del offset (longitud de onda frente a intensidad)

Los valores de intensidad en cuentas digitales (dc) son de entre 7 y –7, cuando en las medidas con lentes los valores pueden ascender hasta 18000 dc. De esta manera, el offset se corresponde con el 0,039% de los valores con lente, por lo que se puede ignorar.

Después de calcular el offset, se comienzan ya las medidas de cada lente elegida. Por cada medida con lente, se hace una medida sin lente de referencia para conocer la cantidad de luz que llega al detector (I_0). Se podría utilizar una misma referencia para todas las lentes ya que en teoría el valor debería ser igual. Sin embargo, la lámpara aumentaba su temperatura a medida que pasaba el tiempo, por lo que también puede cambiar el valor de la referencia. De esta manera, se considera que es más fiable hacer una medida de referencia para cada lente.

A la hora de colocar las lentes, se debe tener cuidado de que el soporte no tape parte del detector del espectrorradiómetro y llegue la mayor cantidad posible de luz.

Se realiza sólo una medida con cada lente ya que los valores varían mínimamente si se realizan dos medidas o tres medidas para cada una.

Después de obtener las medidas, se utiliza Excel para calcular las transmitancias de cada lente y representarlas en gráficos, lo que se expone a continuación en la sección de resultados. La transmitancia se calcula utilizando la ecuación (ec. 1), expuesta en el apartado 1.5.

5 RESULTADOS

En esta parte, se muestran las gráficas de transmitancia de cada lente hechas con Excel. En la parte izquierda de la gráfica existe una zona irregular de subida y bajada de la transmitancia, se trata del llamado ruido. En este caso los cálculos de transmitancias, si se trabajan con señales muy bajas en las dos medidas, I e I_0 (ver ecuación 2), pueden dar lugar a valores de transmitancias tanto muy pequeños como muy grandes, observándose cambios muy bruscos en la dependencia espectral de T.

5.1 ZEISS

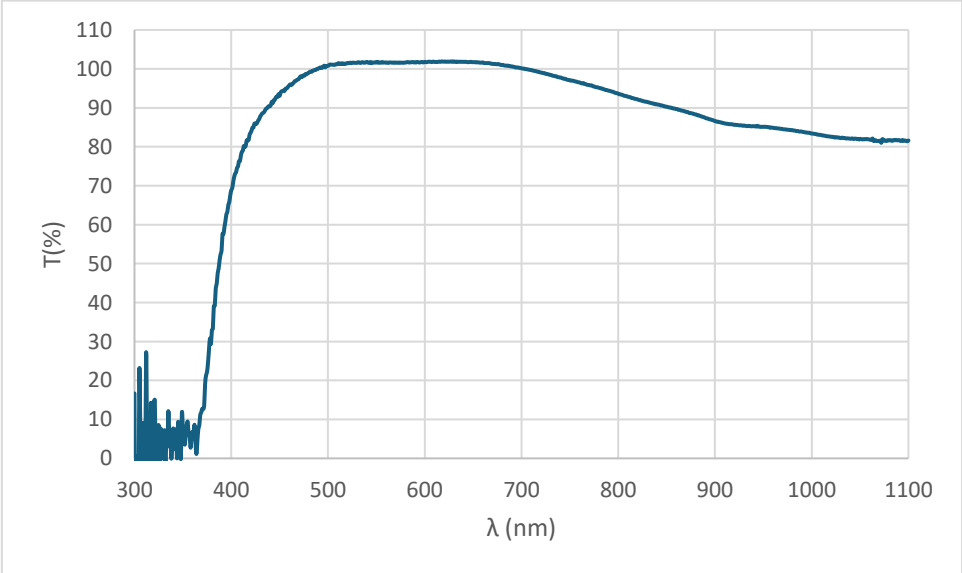

Figura 6. Transmitancia (300-1100 nm) de la lente Zeiss

La primera lente se muestra en la figura 6 y es de la marca Zeiss. Esta lente lleva el tratamiento Duravision Blue Protect. Se aprecia el bloqueo total que produce la lente hasta una longitud de onda de 360 nm, después aumenta

considerablemente hasta el 100% a 480 nm. A 450 nm (máxima emisión de luz de pantallas), la transmitancia es del 93%. Pasados los 700 nm, en la zona del infrarrojo, baja un poco la transmitancia hasta llegar al 85%.

Además de esta lente Zeiss, se contaba con otras dos del mismo material, marca y tamaño. Se ha querido comprobar que eran iguales y se ha realizado el mismo procedimiento que en la primera lente. En la siguiente imagen (figura 7), está la comparativa de las tres lentes, donde puede verse que se comportan exactamente igual, no existiendo diferencias en los tratamientos utilizados.

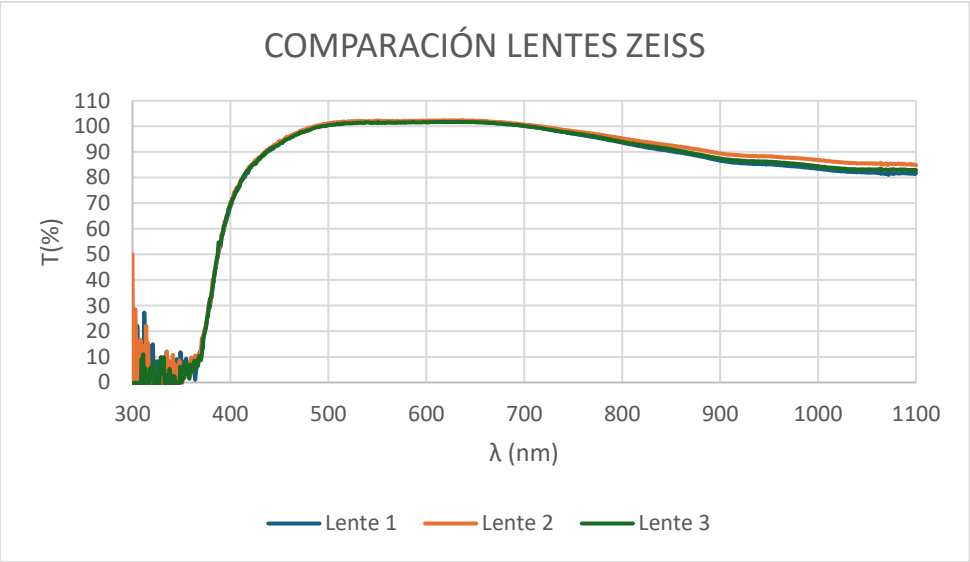

Figura 7. Comparación transmitancia (300-1100 nm) de las lentes Zeiss.

Además, para esta lente quisimos comprobar el efecto de la repetitividad de las medidas. Para ello se realizaron tres medidas completas de transmitancia consecutivas. Los resultados se muestran en la figura 8, donde se ha representado el valor medio y la desviación estándar de las tres medidas como las barras de error verticales. Estos resultados prueban la estabilidad de las medidas realizadas y que se puede limitar nuestro método experimental a la realización de una única muestra de datos.

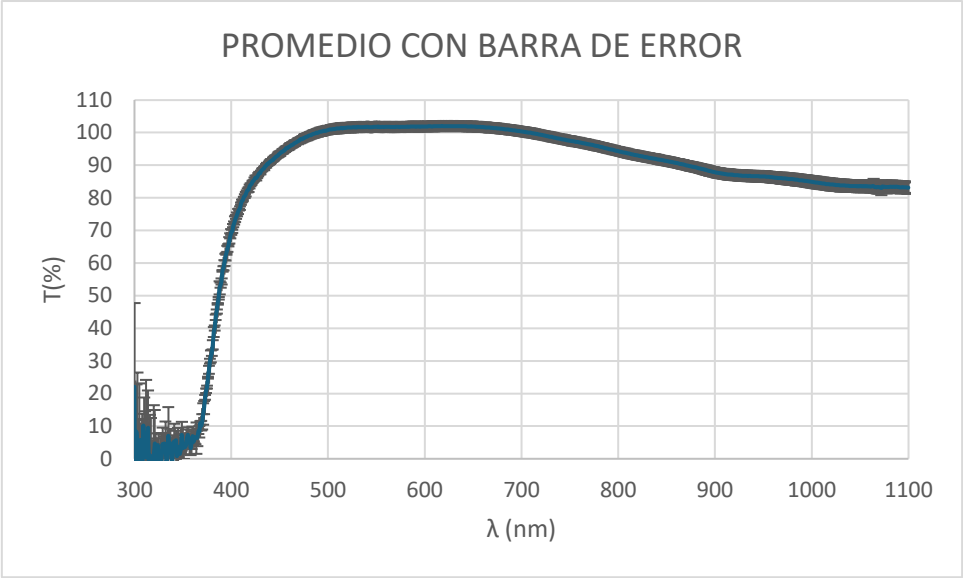

Figura 8. Transmitancia frente a longitud de onda com barra de error vertical

5.2 YLLA

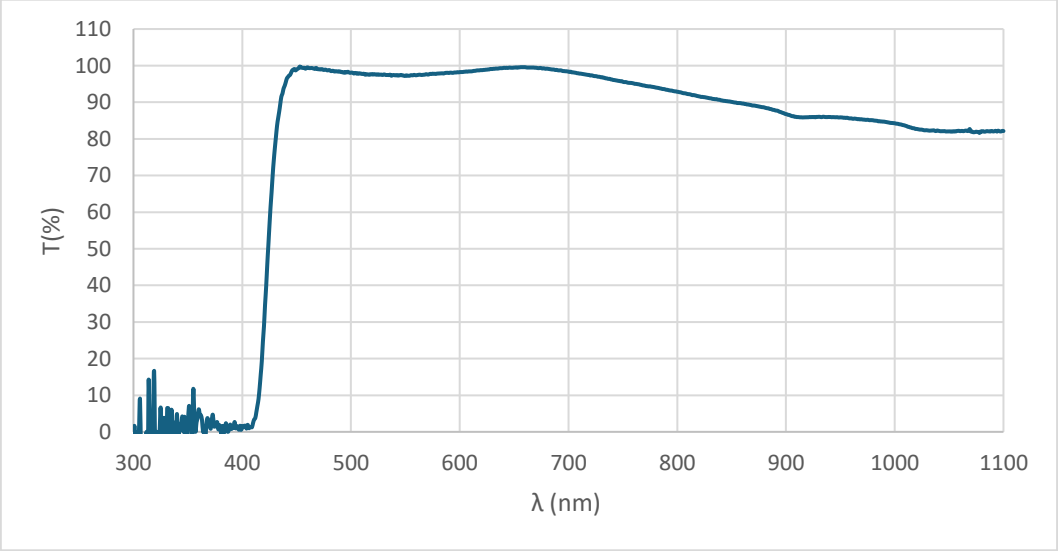

Figura 9. Transmitancia (300-1100 nm) de la lente Ylla

Como se puede observar en la figura 9, el tratamiento de la lente Ylla produce un bloqueo del 100% hasta los 410 nm. Más tarde, la transmitancia aumenta hasta llegar al 98% en una longitud de onda de 460 nm (la máxima emisión de las pantallas LED está en torno a 450-460 nm) y, por último, se ve como baja la transmitancia en la zona del infrarrojo a partir de los 700 nm.

5.3 NOVAQUIA

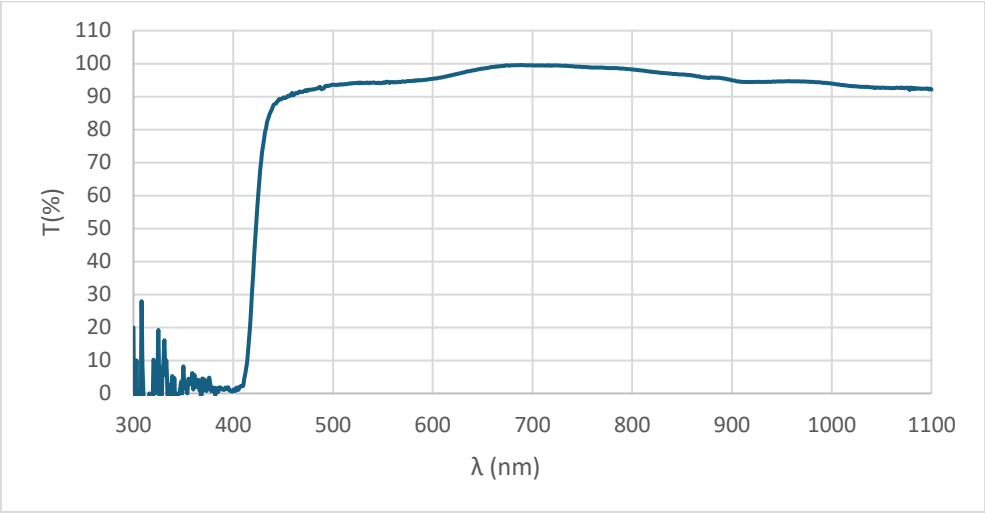

Figura 10. Transmitancia (300-1100 nm) de la lente Novaquia

En la figura 10, está representada la transmitancia (frente a la longitud de onda) de la lente de Novaquia con el tratamiento de bloqueo de la luz azul Pixar BLUV. Se puede observar cómo hay un bloqueo total hasta los 410 nm, aumentando después la transmitancia hasta el 90% en los 450-460 nm. Vuelve a aumentar hasta el 100% hacia la zona roja en 650 nm y acaba bajando en la zona de infrarrojo otra vez hasta el 90%.

5.4 INDO

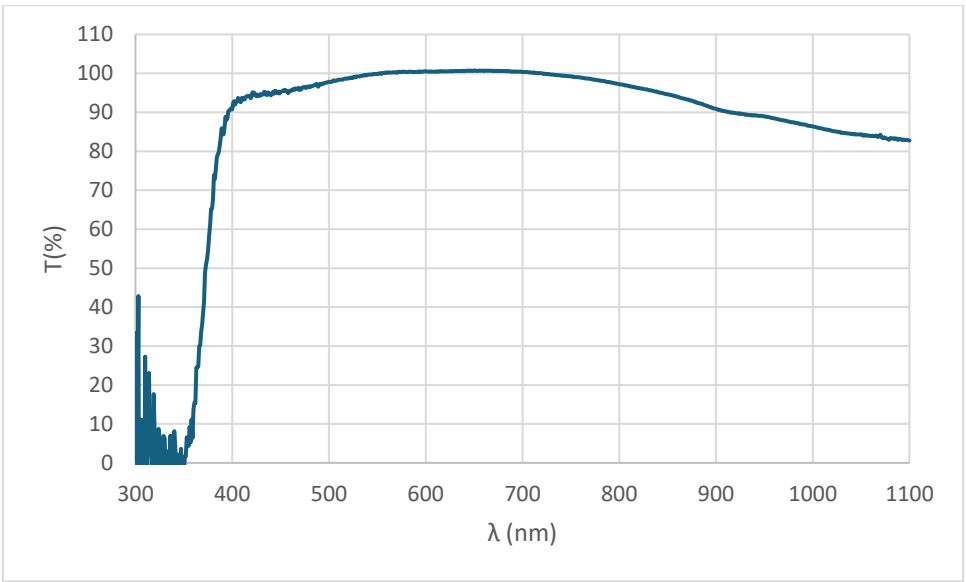

Figura 11. Transmitancia (300-1100 nm) de la lente Indo

La imagen anterior, la figura 11, se corresponde con la transmitancia de la lente de Indo con el tratamiento para el bloqueo de luz azul Natural Blue. Se aprecia una transmitancia del 0% hasta la longitud de onda de 350 nm y, seguidamente, un aumento considerable hasta el 90% en una longitud de onda de 400 nm. En la zona de máxima emisión de pantallas (450-460 nm) existe una transmitancia del 95%. Más tarde, sube hasta el 100% a una altura de 600 nm y vuelve a disminuir en la zona del infrarrojo hasta el 85%.

5.5 FILTRO AMARILLO

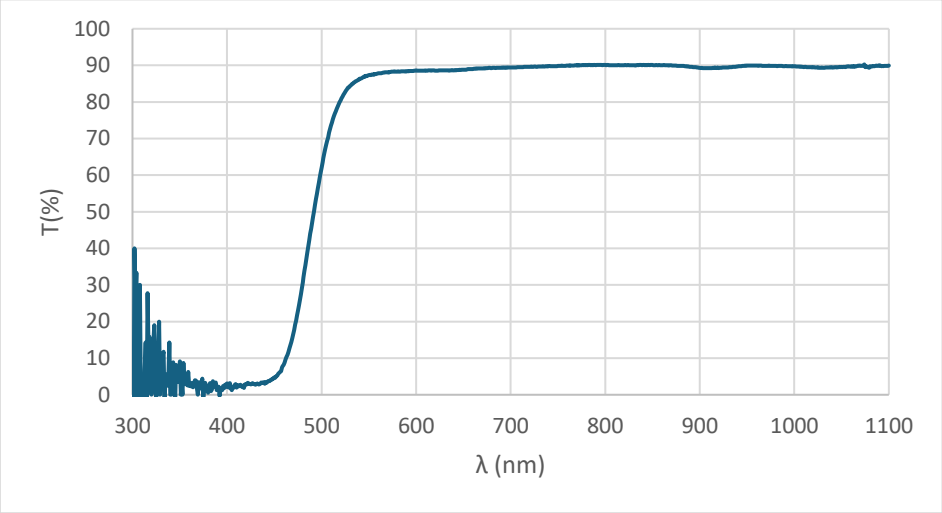

Figura 12. Transmitancia (300-1100 nm) de la lente con filtro amarillo

En este gráfico (figura 12), se ha representado la transmitancia que tiene un filtro amarillo con bloqueo de radiación hasta 450 nm (teóricamente). Se puede ver como a una longitud de onda de 450 nm, la transmitancia es del 5% y como, seguidamente, sube hasta casi el 90% en una longitud de onda de 550 nm. Más tarde, se mantiene la transmitancia en un 90% hasta la zona de infrarrojo.

6 DISCUSIÓN

Una vez expuestos los resultados, hay que analizarlos y compararlos siguiendo el objetivo propuesto en este trabajo. Para ello, se irá lente por lente viendo si la transmitancia calculada experimentalmente se corresponde con la transmitancia que defiende cada fabricante. Cabe resaltar que son pocas las casas que definen con datos exactos cómo es el efecto de estos filtros, muchas de ellas se limitan a explicar que simplemente existe una reducción de la transmitancia en una determinada franja de la zona de luz azul en el espectro

visible. Para ello se ha realizado una nueva representación en la figura 13 de los valores de transmitancias pero en el intervalo entre 350 y 500 nm.

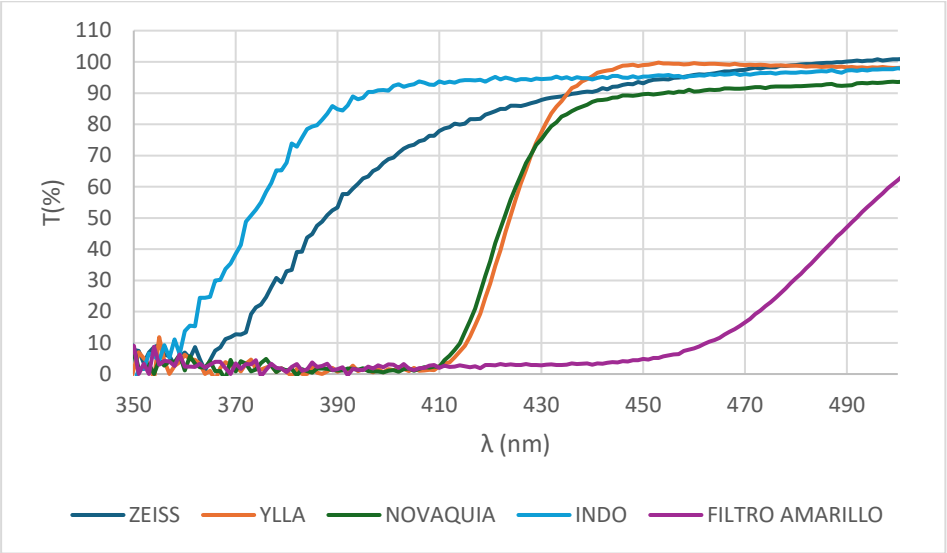

Figura 13. Comparación transmitancia (350-500 nm) de las lentes

En esta gráfica (figura 13), se ve una comparativa de todas las lentes que han sometido a investigación. El filtro amarillo es la lente que deja pasar menor cantidad de luz potencialmente dañina para el ojo. La lente con mayor transmitancia a la luz azul se trata de la fabricada por la casa Indo.

Las tres primeras lentes analizadas están tratadas con el tratamiento Blue Protect de Zeiss. Desde la propia marca defienden que existe una bajada de la transmitancia en la franja de 390-440 nm. Si se aprecia la figura 13, la transmitancia en esa franja va desde el 50% al 90%, por lo que se puede asegurar que sí que existe una reducción en esa zona del espectro.

Otra de las lentes pertenece a la marca japonesa Ylla, la cual habla sobre una protección total a la radiación UV y un bloqueo del 55% en una longitud de onda de 420 nm. Una vez analizada la gráfica, se puede confirmar que la información de la marca no solo es correcta, si no que nuestras medidas indican que el tratamiento filtra hasta el 70% de la luz azul a 420 nm.

Por otro lado, la lente de la casa Novaquia, consta del tratamiento Blockage Pixar Bluv. Según la casa, el filtro absorbe los rayos dañinos hasta 420 nm. Se puede ver en la figura 13, que corresponde a la gráfica de la transmitancia de la lente de Novaquia, como en 420 nm, la transmitancia es de entorno al 35%, por lo que, a pesar de filtrar gran parte de la luz, el bloqueo no es total.

La última lente de una marca se trata de la lente de Indo, que lleva el tratamiento Natural Blue de dicha casa. Teóricamente, este tratamiento bloquea el 100% de la luz hasta 410 nm. Si se aprecia la curva de transmitancia correspondiente, vemos que, en 410 nm, la transmitancia es del 92%, por lo que se puede asegurar que la información proporcionada por la casa no se corresponde con nuestras medidas.

Además de las lentes de varias casas, también se dispone de una lente con un filtro amarillo. De este filtro la única información que existe es que corta toda la luz hasta 450 nm. Después de analizar la gráfica correspondiente, se puede confirmar que este filtro bloquea en un 95% la luz hasta 450 nm, por lo que la información es bastante acertada en relación con las medidas realizadas en laboratorio.

Por otro lado, según se ha explicado en el apartado 1.3, estos filtros están dirigidos al público que usa dispositivos electrónicos en exceso y está expuesto a su luz durante muchas horas al día. La luz que emiten estos dispositivos tiene una longitud de onda de entorno a 450-460 nm y, por tanto, sería interesante estudiar cuál es la transmitancia en esta franja del espectro.

Tabla 1. Comparación lentes oftálmicas por transmitancia en 450-460 nm

LENTES OFTÁLMICAS	**T (%) EN 450-460 nm**
ZEISS	93-95%
YLLA	98-99%
NOVAQUIA	89-90%
INDO	95%
FILTRO AMARILLO	4-8%

En la tabla anterior (ver tabla 1), se aprecian las transmitancias de cada lente en la franja de emisión de las pantallas LED de los dispositivos electrónicos. Exceptuando el filtro amarillo, que es la lente que menos radiación deja pasar, todas las lentes de las casas seleccionadas dejan pasar entre el 90% y el 99% de luz azul. Analizando estos resultados, se puede asegurar que la eficacia de estos filtros frente a la luz azul-violeta es muy diferente a la eficacia frente a la luz azul-turquesa que emiten las pantallas de los dispositivos electrónicos.

7 CONCLUSIÓN

A través de este trabajo se ha comprobado experimentalmente la efectividad de diferentes lentes oftálmicas con filtros para bloquear la luz azul. Utilizando un espectrorradiómetro (LI-COR 1800) y siguiendo un procedimiento riguroso, se ha determinado la transmitancia real de cada lente y se ha comparado con la información proporcionada por los fabricantes.

Los resultados muestran que, si bien la mayoría de las lentes analizadas presentan algún grado de bloqueo en la franja de luz azul-violeta (especialmente por debajo de los 420 nm), en la región de máxima emisión de las pantallas electrónicas (450-460 nm), su efectividad es limitada. En esta franja, todas las lentes comerciales examinadas (Zeiss, Ylla, Novaquia e Indo) permiten el paso de entre un 89% y un 99% de la radiación, lo que indica una escasa protección

frente a esta longitud de onda. Solo el filtro amarillo demostró un bloqueo significativo, con transmitancias de apenas un 4-8% en esta región.

Este trabajo pone de manifiesto que muchos fabricantes no ofrecen datos completamente precisos sobre la capacidad de bloqueo de sus lentes, o bien centran su efectividad en longitudes de onda distintas a las que realmente emiten los dispositivos electrónicos. Por tanto, es fundamental que tanto profesionales optometristas como usuarios finales conozcan estos matices antes de confiar plenamente en este tipo de filtros como solución frente a la exposición prolongada a la luz azul.

En definitiva, se concluye que, aunque estas lentes pueden ofrecer cierta protección frente a la luz azul-violeta, su eficacia frente a la luz azul emitida por pantallas es limitada. Sería recomendable un mayor esfuerzo por parte de la industria para mejorar la transparencia en la información proporcionada y desarrollar tratamientos más eficaces en las longitudes de onda relevantes para la salud visual en entornos digitales.

8 BIBLIOGRAFÍA

1 Clínica Universidad de Navarra. Radiación electromagnética. https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/radiacion-electromagnetica. (13 de abril de 2025)

2 Serway RA, Jewett JW. Física para ciencia e ingeniería. 7ª ed. Buenos Aires: McGraw-Hill http://www2.fisica.unlp.edu.ar/materias/fisgenI/T/Libros/Serway-7Ed.pdf. (13 de abril de 2025)

3 Encyclopaedia Britannica. Electromagnetic spectrum https://www.britannica.com/science/electromagnetic-spectrum. (15 de abril de 2025)

4 Encyclopaedia Britannica. Blue light https://www.britannica.com/science/blue-light. (20 abril de 2025)

5 Wikipedia. Radiación ultravioleta https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_ultravioleta. (20 de abril de 2025)

6 World Health Organization. Radiation: The known health effects of ultraviolet radiation https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-the-known-health-effects-of-ultraviolet-radiation. (24 de abril de 2025)

7 Zeiss. BlueGuard: protección contra la luz azul para tus ojos https://www.zeiss.es/content/dam/vision-care/download/pdf/newsroom/zeiss-listicle-blueguard-esp-1.pdf. (28 de abril de 2025)

8 Zeiss. La luz azul: lo bueno y lo malo https://www.zeiss.es/vision-care/salud-y-cuidado-ocular/entender-la-vision/la-luz-azul-lo-bueno-y-lo-malo.html. (29 de abril de 2025)

9 Linazasoro Optika. ¿La luz azul debería importarte?: https://linazasoro-optika.eus/la-luz-azul-deberia-importarte/. (1 de mayo de 2025)

10 MexPolímeros. Transmitancia https://www.mexpolimeros.com/lab/transmitancia.html. (1 de mayo de 2025)

11 Aquateknica. ¿Qué es un espectrorradiómetro y para qué sirve? https://www.aquateknica.com/que-es-un-espectroradiometro-y-para-que-sirve-medicion-luz-baja-luminancia/. (5 de mayo de 2025)

12 Horus X. Longueur d'onde lumière bleue https://es.horus-x.com/blogs/infos/longueur-d-onde-lumiere-bleue. (5 de mayo de 2025)

13 Zeiss. Tratamiento protector de luz azul https://www.zeiss.es/vision-care/para-profesionales-de-la-vision/lentes/antirreflejantes-y-tecnologias/tratamiento-protector-de-luz-azul.html. (6 de mayo de 2025)

14 Japan Lens. Ylla Japan Lens 1.6 SuperBlue UV420 Block https://japanlens.com/lentes-de-stock/lentes-monofocales-de-stock/ylla-japan-lens-1-6-superblue-uv420-block/. (7 de mayo de 2025)
15 BetaOptik. Pixar BLUV https://www.betaoptik.com/esp/coatings/pixarBluv. (8 de mayo de 2025)
16 Indo. ¿Qué es la luz azul y cuáles son sus efectos? https://www.indo.es/fr/ophthalmology/blog/que-es-la-luz-azul-y-cuales-son-sus-efectos. (8 de mayo de 2025)