



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 I

Presentado por Paula Díaz de Pablos

Tutelado por: David Mateos Villán
Sara Herrero Anta

Tipo de TFG: Revisión Investigación

En Valladolid a, 19 de mayo de 2025

ÍNDICE

RESUMEN	3
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. Espectro electromagnético	4
1.1.1. Luz azul	4
1.1.2. Filtro de luz azul	5
1.2. Transmitancia	6
CAPÍTULO 2. OBJETIVOS	7
CAPÍTULO 3. MATERIAL Y MÉTODO	7
3.1. Material	7
3.1.1. LI-COR 1800	7
3.1.2. Lámpara FEL.....	8
3.1.3. Lentes oftálmicas blancas.....	8
3.2. Metodología	9
CAPÍTULO 4. RESULTADOS	10
4.1. INDO	10
4.2. Optimal	11
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN	13
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	15
CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA	16

RESUMEN

Este trabajo de fin de grado presenta un estudio sobre la transmitancia de cuatro lentes oftálmicas blancas, evaluadas en el rango espectral comprendido entre 300 nm y 1000 nm, con especial atención a su comportamiento frente a la luz azul. De esta forma, se ha podido comparar la información que aporta cada fabricante con datos experimentales y estudiar su eficacia de protección frente a los dispositivos electrónicos actuales. Las medidas se han obtenido utilizando un espectroradiómetro LI-COR 1800 manejado con el programa informático WIN-1800. Se analizan las transmitancias espectrales de las cuatro lentes, observándose que, a partir de los 420-450 nm, la mayoría presentan transmitancias superiores al 80%. En la discusión se detallan las características de los filtros de absorción de los diferentes productos ofrecidos por las casas comerciales para la longitud de onda entorno 300-500nm. Tras el análisis, se ha observado que, de manera general, estos tratamientos son más eficaces en el rango ultravioleta, por debajo de los 400 nm, mientras que permiten una alta transmitancia en el rango de 420-450 nm coincidente con la emisión principal de las pantallas actuales, con valores superiores al 85–90%.

ABSTRACT

This undergraduate thesis presents a study on the transmittance of four clear ophthalmic lenses, evaluated within the spectral range of 300 nm to 1000 nm, with particular focus on their behaviour in response to blue light. This way, it has been possible to compare the information provided by each manufacturer with experimental data and assess their effectiveness in protecting against current electronic devices. Measurements were obtained using a LI-COR 1800 spectroradiometer operated with the WIN-1800 software. The spectral transmittances of the four lenses are analysed, revealing that, from 420–450 nm onwards, most show transmittance values above 80%. The discussion section details the absorption filter characteristics of the various products offered by commercial brands within the 300–500 nm wavelength range. Following the analysis, it was observed that these treatments are generally more effective in the ultraviolet range below 400 nm, while allowing high transmittance in the 420-450 nm range, which coincides with the main emission band of modern screens, with values exceeding 85-90%.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Espectro electromagnético

1.1.1. Luz azul

La radiación electromagnética es una forma de energía que se propaga a través del espacio en forma de ondas [1]. Su energía E está relacionada con la frecuencia f mediante la ecuación de Planck:

$$E = h \times f \quad (1).$$

donde E es la energía representada de un fotón, f la frecuencia de la luz y la h la constante de Planck con un valor de $6,626 \times 10^{-34}$ [2].

Por otro lado, la frecuencia está relacionada con la longitud de onda, debido a que la velocidad de la luz es constante $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, expresando su relación mediante la siguiente ecuación:

$$c = \lambda \times f \quad (2).$$

De esta manera combinando la ecuación de Planck (1) y la relación entre la frecuencia y la longitud de onda (2):

$$E = \frac{h \times c}{\lambda} \quad (3).$$

Esta fórmula ecuación comprende que la energía de una onda electromagnética aumenta al disminuir su longitud de onda. Por lo tanto, siguiendo la siguiente anterior ecuación (3), comprendemos que, a las radiaciones con longitudes de onda más cortas, como los rayos ultravioleta (UV), son mucho más energéticas que longitudes de onda mucho más largas como puede ser el infrarrojo (IR) [3].

La radiación electromagnética se clasifica comúnmente en función de su longitud de onda, lo que permite estructurar el denominado espectro electromagnético en distintivos intervalos. Dentro de este espectro, la luz visible abarca un rango aproximado de longitudes de onda comprendido entre los 380 y los 780 nm. Esta radiación es la responsable de la percepción visual, y la variación en la longitud de onda determina los diferentes colores que somos capaces de distinguir pudiendo variar dependiendo del observador [4].

De acuerdo con la definición de la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), se definen las regiones del espectro electromagnético como el ultravioleta que abarca longitudes de onda de 200nm hasta 380 nm, la luz azul corresponde con el intervalo del espectro visible comprendido entre las longitudes de onda de 400 y 500 nanómetros (ver figura 1). Esta porción del espectro posee una elevada energía fotoquímica y cumple funciones esenciales tanto en la visión como en procesos fisiológicos no visuales [5].



Figura 1- Espectro electromagnético (https://es.wikipedia.org/wiki/Espectro_visible)

En la retina, los conos y bastones son los principales fotorreceptores responsables de la formación de imágenes y de la conversión de la luz en impulsos eléctricos que se transmiten al cerebro. No obstante, se ha identificado un tercer tipo de células fotosensibles: las células ganglionares intrínsecamente fotosensibles (ipRGC). Estas células no participan en la visión consciente, sino que intervienen en funciones visuales no formadoras de imagen, como el control del reflejo pupilar, la regulación de los ritmos circadianos, el ciclo sueño-vigilia, el estado de ánimo y ciertos procesos cognitivos. Su actividad depende de la melanopsina, un fotorpigmento especialmente sensible a la luz, cuya activación inhibe la producción de melatonina por parte de la glándula pineal [6].

La exposición a luz azul durante el día es esencial para mantener la vigilia, mejorar el rendimiento cognitivo y sincronizar adecuadamente el ritmo circadiano. Sin embargo, la exposición crónica a fuentes de luz azul en horarios nocturnos, como las pantallas de dispositivos electrónicos, puede tener efectos adversos sobre la calidad del sueño. Estudios epidemiológicos han demostrado que un mayor tiempo de exposición a pantallas digitales se asocia con una menor calidad y duración del sueño. En particular, la lectura nocturna mediante dispositivos emisores de luz, frente al uso de libros impresos, se ha relacionado con un retraso en el inicio del sueño, una disminución de los niveles de melatonina y un desfase del reloj biológico, lo cual repercute negativamente en el estado de alerta al día siguiente [6].

1.1.2. Filtro azul

Las lentes con filtro de luz azul están diseñadas para bloquear selectivamente la luz azul en el rango de 400 a 500 nm. El filtro azul se aplica como un recubrimiento o tratamiento aplicado a las lentes que permite reducir la cantidad de luz azul-violeta que llega a la retina, especialmente la emitida por fuentes artificiales como pantallas LED o iluminación fluorescente.

En las lentes oftálmicas este tipo de filtro se incorporan para bloquear atenuando la luz dentro de este espectro con el objetivo de conservar ciertos beneficios asociados a la luz azul, como su influencia positiva sobre el ritmo circadiano y la percepción cromática. Además de aplicarse en lentes oftálmicas para gafas, los filtros azules también se han incorporado en el diseño de algunas lentes de contacto con los mismos objetivos [7].

Actualmente, estos filtros tienen la función de proteger los ojos frente a los efectos perjudiciales de la luz azul, mejorar la calidad del sueño nocturno y prevenir enfermedades oculares como la degeneración macular asociada a la edad. Cada marca presenta diferentes características y grados de protección a la luz azul [7].

No obstante, este filtrado selectivo puede provocar efectos secundarios no deseados, como alteraciones en funciones visuales normales. A pesar de ello, estas lentes se siguen produciendo y distribuyendo ampliamente sin que fabricantes ni usuarios tengan pleno conocimiento de sus posibles implicaciones sobre la función visual [8].

1.2. Transmitancia

La transmitancia óptica, representada por T , se define como el cociente entre la luz que logra atravesar un determinado material y la luz que incide sobre él. Se describe matemáticamente mediante la ecuación (4), suponiendo siempre la incidencia normal sobre el filtro [9]:

$$T = \frac{I}{I_0} \quad (4)$$

Donde:

- I : intensidad de luz transmitida.
- I_0 : intensidad de luz incidente.

En estudios espectrales como el presente, esta transmitancia depende de la longitud de onda de la radiación, por ello se representa como una magnitud espectral denotada como $T(\lambda)$ y se define en función de la intensidad medida de cada longitud de onda (5):

$$T(\lambda) = \frac{I_\lambda}{I_{0\lambda}} \quad (5)$$

Por último, es habitual expresar la transmitancia óptica en forma porcentual, se adoptará la siguiente expresión para su cálculo (6), siendo una magnitud espectral [9]:

$$T(\%) = \frac{I}{I_0} 100\% \quad (6)$$

2. OBJETIVOS

El objetivo principal es evaluar la eficacia de los filtros de luz azul presentes en cuatro lentes de potencia nula y comprobar que los resultados se ajustan a las indicaciones que proporciona el fabricante. Para ello se medirán las transmitancias espectrales y se hará un análisis de los resultados.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Material

3.1.1. LI-COR 1800

El LI-COR 1800 es un espectroradiómetro portátil diseñado para medir la radiación espectral de forma precisa y autónoma. El instrumento trabaja en un rango espectral comprendido entre 300 y 1100nm, cubriendo desde la radiación ultravioleta (UV) hasta el infrarrojo (IR), con una resolución espectral de aproximadamente 1nm.

Contiene un receptor coseno y un campo de visión de 180° (2π estereorradianes), también tiene un monocromador, que utiliza una rejilla holográfica de barrido motorizado que dispersa la radiación junto con una rueda de filtros que eliminan energía fuera del rango deseado. [10].

El instrumento opera mediante un sistema óptico interno compuesto por los siguientes elementos principales (ver figura 2):

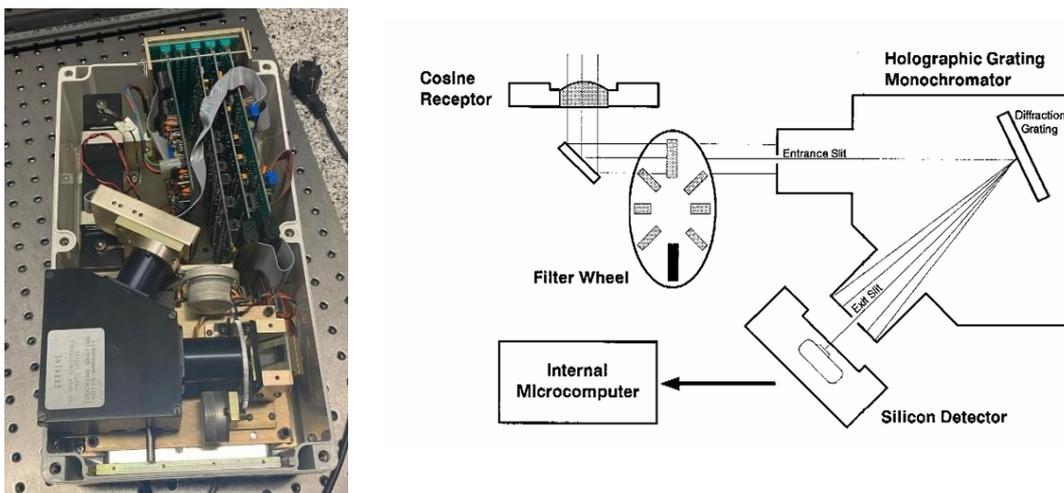


Figura 2- Imagen del espectroradiómetro LI-COR 1800 tomada en el laboratorio y diagrama de LI-COR 1800 (<https://licor.app.boxenterprise.net/s/k8mr6zd0h6bjndwmqn6h>)

- *Receptor coseno:* una cúpula translúcida de PTFE (tetrafluoroeteno) que capta la luz desde todo el hemisferio superior, cumpliendo la ley del coseno de Lambert.
- *Rueda de filtros:* contiene siete filtros y un objetivo opaco. Su función es bloquear la luz no deseada y reducir la luz parásita, mejorando la exactitud del análisis espectral.
- *Monocromador:* dispersa la luz policromática en bandas espectrales estrechas mediante una rejilla de difracción holográfica. La radiación seleccionada pasa a través de una rendija de salida hacia el detector, determinando la distribución espectral con alta resolución.
- *Detector:* un fotodiodo de silicio que convierte la radiación en corriente

eléctrica. Esta señal se amplifica, se digitaliza y se almacena en la memoria interna del dispositivo.

3.1.2. Lámpara FEL

Para el análisis de la radiancia en las lentes se empleó una fuente de luz tipo FEL de 1000 W. Esta lámpara cuenta con un filamento de wolframio dentro de un vidrio de cuarzo, un material que permite el paso de la radiación ultravioleta, lo que facilitó la realización de las mediciones en regiones de baja longitud de onda del espectro electromagnético.

Dado que esta fuente lumínica abarca desde el ultravioleta hasta el infrarrojo, fue necesario utilizar gafas de protección equipadas con filtros específicos para la radiación UV durante el procedimiento.

3.1.3. Lentes oftálmicas blancas

Para la realización de este estudio se han utilizado cuatro lentes oftálmicas blancas, cada una con distintos tratamientos diseñados para la protección frente a la luz azul. Todas las lentes seleccionadas son neutras, es decir, sin graduación, con el fin de evitar que la potencia óptica altere el comportamiento de la luz durante las mediciones.

Las lentes seleccionadas fueron las siguientes:

- Lente oftálmica de INDO Indofin con el tratamiento Natural Blue. Este tratamiento es en concreto Energy Blue que descrito por el fabricante está diseñado para la protección a la luz azul frente a dispositivos electrónicos y radiaciones solares, en lentes transparentes [11].
- Lente oftálmica de INDO Superfin 1.5 NSpCIZ con el tratamiento Natural SuperClear, siendo el tratamiento premium, ofrece una lente más resistente a rayaduras, con mayor calidad estética y con protección total frente a radiación nociva. Se publicita como una lente de alta transparencia [11].
- Lente oftálmica de INDO Superfin 1.5 NeBIZ con el tratamiento Natural SuperClear también catalogada como lente "premium". El fabricante señala que proporciona confort visual, resistencia mecánica mejorada y protección frente a la luz azul y a la radiación ultravioleta en un formato estéticamente optimizado [11].
- Lente oftálmica de OPTIMAL con el tratamiento Blueblock UV420 Protection que promete una protección contra los rayos UV hasta 420 nm y filtra la luz azul dañina, especialmente emitida por dispositivos electrónicos. Incluye un recubrimiento antirreflejo de alta tecnología con tono verde que se promueve como ideal para usuarios expuestos a pantallas digitales durante tiempos prolongados [12].

3.2. Metodología

Antes de iniciar las mediciones, fue necesario realizar la calibración y alineación del sistema de medida.

El sistema estaba compuesto por una fuente de iluminación situada a una distancia aproximada de 70 cm del portalentes, en el cual se insertaban las lentes correspondientes según los requisitos de cada medición. Estas lentes se colocaban a una distancia muy reducida del detector (el espectrorradiómetro LI-COR 1800), la cual se consideraba despreciable (ver figura 3). Para garantizar la fiabilidad de las medidas, era fundamental que el sistema estuviera correctamente alineado y calibrado, ya que esto constituía un factor clave en la precisión de los resultados obtenidos.

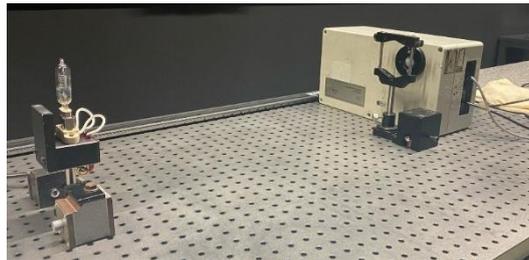


Figura 3- Imagen del sistema óptico tomada en el laboratorio

El espectrorradiómetro LI-COR 1800 fue utilizado a través del programa WIN 1800, instalado en un ordenador al que se conectaba el instrumento. Este software permite controlar el funcionamiento del espectrorradiómetro, configurando parámetros de medición y visualizar los datos espectrales.

Durante el proceso de medición se realizaron múltiples tomas de los datos para cada tipo de lente. Además, se midió el offset del instrumento verificando que era despreciable (ver figura 4):

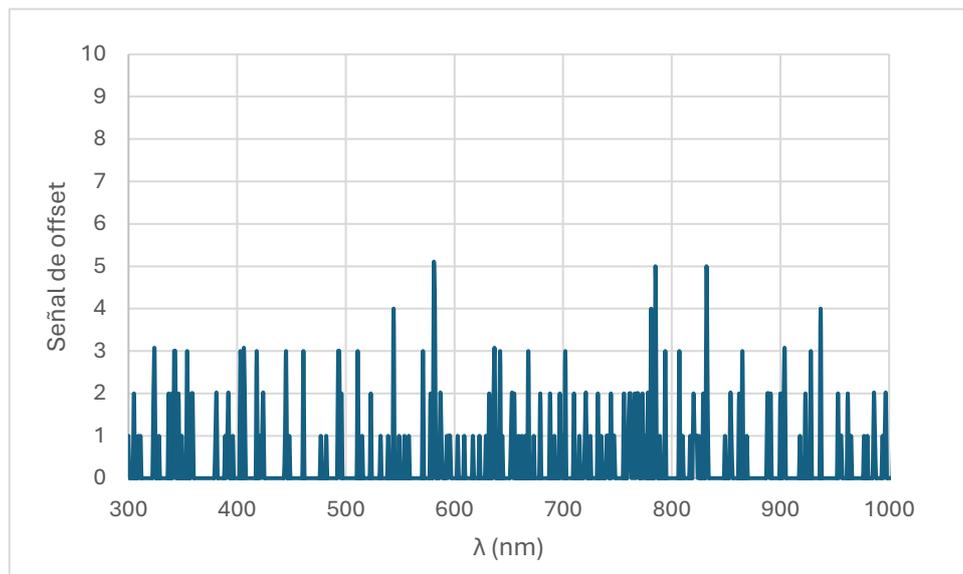


Figura 4- Medida de OFFSET con LI-COR 1800

En la gráfica se puede observar que los valores registrados se mantienen próximos a cero en todo el rango espectral analizado, con variaciones atribuibles al ruido del sistema, sin impacto relevante en las mediciones posteriores.

4. RESULTADOS

4.1. INDO

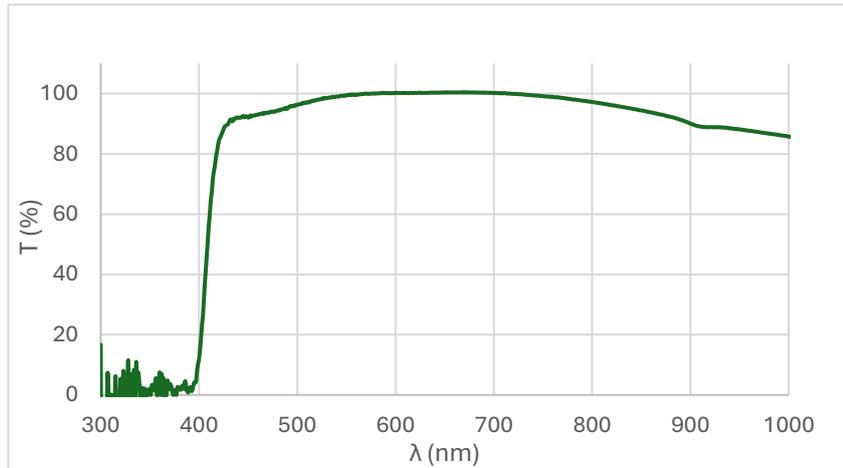


Figura 5-Transmitancia entre 300 y 1000 nm de la lente INDOFIN 1.6 Nat.Blue

En la gráfica de la figura 5 podemos ver los datos obtenidos de la lente INDOFIN 1.6 Nat.Blue. Se observa que entre 300 y 400 nm la transmitancia es menos del 20%. A partir de 400 nm vemos como comienza a aumentar la transmitancia alcanzando valores superiores al 90% cerca de 450nm.

La transmitancia de la radiación infrarroja alcanza valores del 100% entorno 550nm y 750nm aproximadamente, pero después hay una leve disminución llegando hasta el 80% a 1000nm.

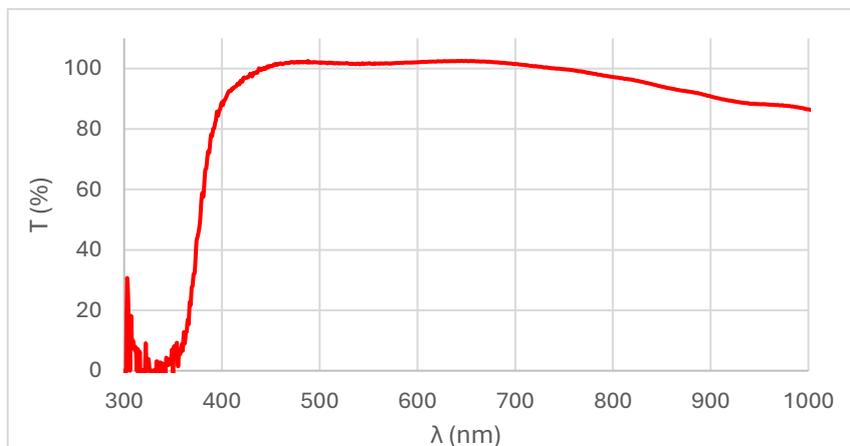


Figura 6- Transmitancia entre 300 y 1000 nm de la lente Superfin 1.5 NSpCIZ

La figura 6 muestra la transmitancia de la lente Superfin 1.5 NSpCIZ (Natural SuperClear). Como se puede apreciar esta lente en la región ultravioleta a los 300nm la transmitancia alcanza un valor máximo de 30%, aunque en varios tramos desciende por debajo del 10% hasta los 360nm.

A partir de los 400nm la transmitancia aumenta hasta alcanzar el 90%, manteniéndose entorno al 100% desde los 450nm, manteniéndose cercana a este valor hasta los 700nm. En la región del infrarrojo, desde los 700nm hasta los 1000nm la transmitancia disminuye gradualmente hasta un 86% en 1000nm.

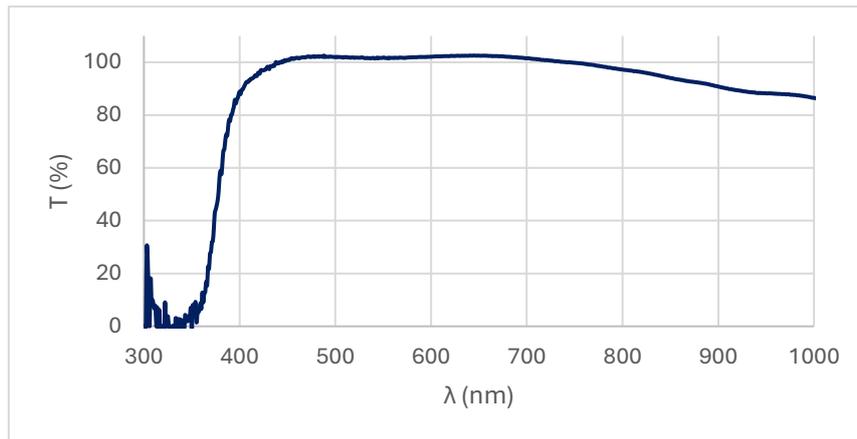


Figura 7- Transmitancia entre 300 y 1000 nm de la lente Superfin 1.5 NeBIZ

Analizando los datos obtenidos de la lente Superfin 1.5 NeBIZ (Natural SuperClear), representados en la Figura 7, se observa un comportamiento similar al de la lente (Superfin 1.5 NSpCIZ (figura6)) en la región del ultravioleta. En torno a los 300 nm, se presentan picos de transmitancia de hasta un 30%, los cuales descienden progresivamente hasta alcanzar aproximadamente un 10% a los 350 nm. A partir de los 400 nm, la transmitancia aumenta, alcanzando el 90%, y se mantiene cercana al 100% entre los 450 nm y 700 nm. A partir de los 750 nm, se observa una ligera disminución, situándose en torno al 86% aproximadamente.

4.2. Optimal

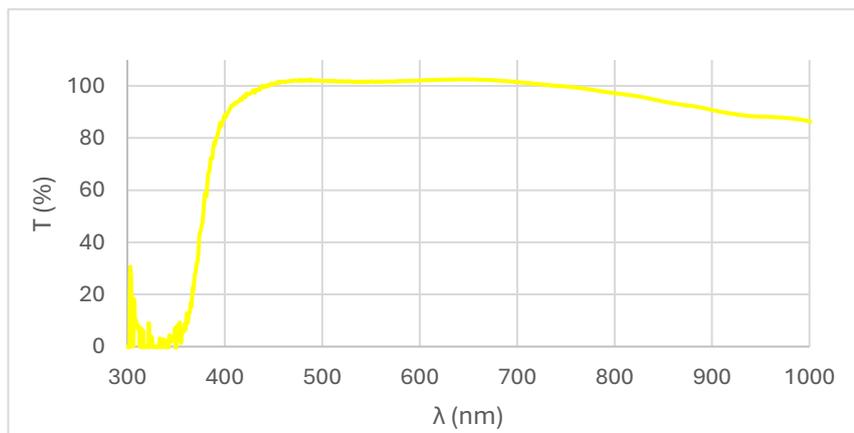


Figura 8- Transmitancia entre 300 y 1000 nm de la lente Optimal Blueblock

Como se observa en la Figura 8, la transmitancia de la lente Optimal Blueblock, en torno a los 300 nm, presenta una transmitancia de aproximadamente un 30%, que desciende hasta cerca del 10% a los 350 nm. A partir de los 400 nm, la transmitancia aumenta hasta alcanzar el 90%, y continúa elevándose hasta llegar al 100% en el rango de 450 nm a 750 nm. A partir de los 800 nm, se observa una ligera disminución, situándose alrededor del 86% hacia los 1000 nm.

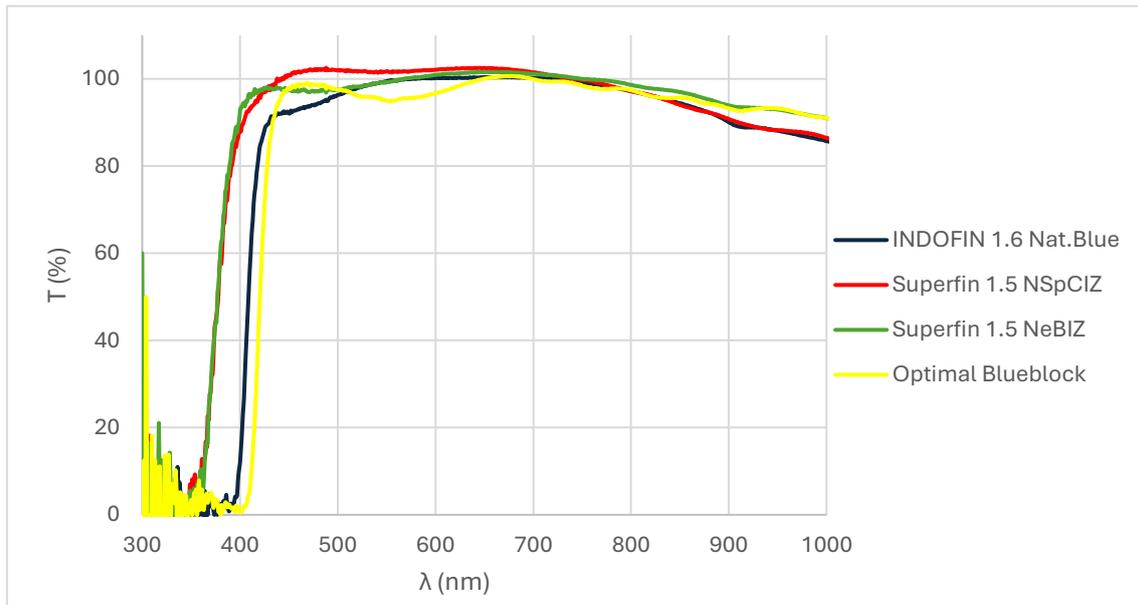


Figura 9- Transmitancia (300nm-1000nm) de las cuatro lentes evaluadas.

En la figura 9 se muestran en la misma gráfica las transmitancias obtenidas para las cuatro lentes.

Al observar las curvas, se aprecia que todas las lentes presentan un comportamiento similar en torno a los 450 nm a 700nm, donde la transmitancia se mantiene en torno al 100%. En la región, se observa un comportamiento comparable entre las dos lentes Superfin 1.5, y del mismo modo, las lentes INDOFIN 1.6 y Optimal Blueblock también presentan un patrón de transmitancia similar en esta zona del espectro.

En cambio, en la región del infrarrojo, las cuatro lentes muestran una reducción progresiva de la transmitancia. Las lentes Superfin 1.5 NSpCIZ e INDOFIN 1.6 alcanzan valores cercanos al 86 % a 1000 nm, mientras que las lentes Optimal Blueblock y Superfin 1.5 NeBIZ mantienen una transmitancia ligeramente superior, en torno al 90 %.

5. DISCUSIÓN

Una vez analizadas las gráficas de transmisión espectral de las distintas lentes en todo el rango espectral medido por el LI-COR 1800 (desde 300 hasta 1000nm), nos centraremos en la transmitancia en rango que es el objetivo del estudio: la luz azul. En esta sección se compararán los resultados obtenidos experimentalmente con la información técnica proporcionada por los fabricantes de cada lente.

Para evaluar mejor los resultados obtenidos en la región espectral de estudio se ha incluido en la figura 10 una adaptación de la figura 9.

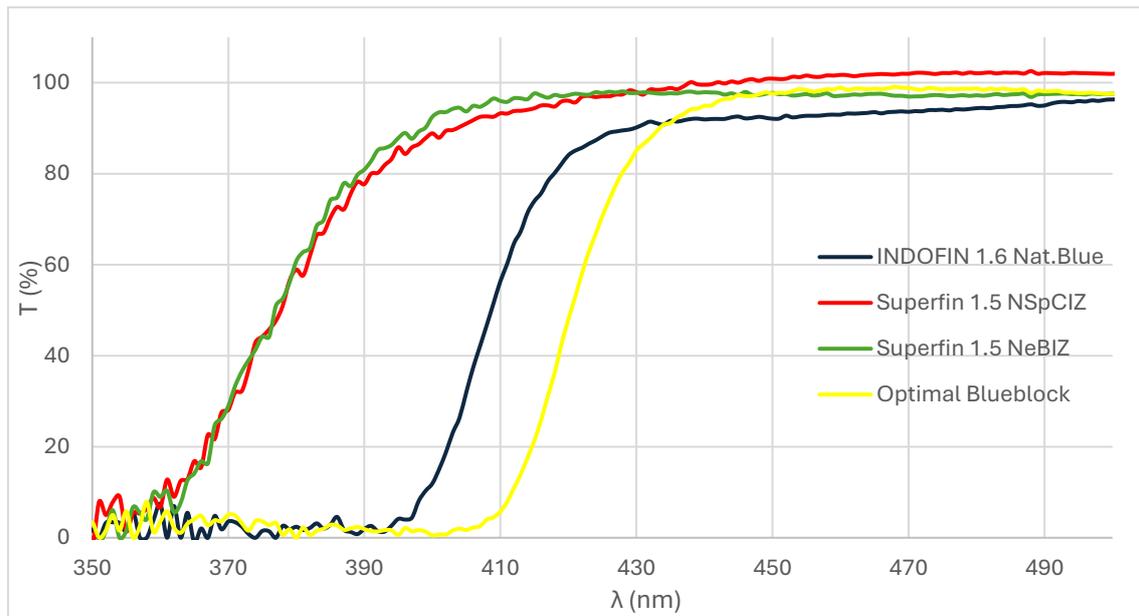


Figura 10- Transmitancia entre 300 y 500nm de las cuatro lentes evaluadas.

Los resultados experimentales muestran que los filtros analizados presentan un aumento progresivo de la transmitancia a partir de los 350 nm en el caso de las dos lentes Superfin 1.5 y en 400-420 nm las lentes INDOFIN 1.6 y Optimal Blueblock. Sin embargo, a partir de los 450 nm (coincidiendo con el pico de emisión de la luz azul en la mayoría de los dispositivos electrónicos) la transmitancia es considerablemente elevada, superando el 80 % en todos los casos. Esto indica que las lentes permiten el paso de una proporción significativa de luz azul, lo cual podría resultar perjudicial para el sistema visual en condiciones de exposición prolongada.

Fijándonos en las dos lentes Superfin, se aprecia un incremento en la transmitancia a partir de aproximadamente 360 nm, permitiendo incluso el paso de parte del espectro ultravioleta, lo cual presenta un riesgo para la salud visual. El fabricante (INDO) [11] describe el producto como lente de “protección total”, una expresión ambigua que no especifica claramente a qué parte del espectro hace referencia. En este sentido, y teniendo en cuenta que en las regiones donde el ojo necesita mayor protección (ultravioleta y azul) las lentes presentan cierto grado de transmitancia, se puede afirmar que los resultados experimentales no se corresponden del todo con dicha afirmación comercial.

En cuanto a la lente INDOFIN, la información proporcionada por el fabricante (INDO) [11], el tratamiento de esta lente, denominado Energy Blue,

está diseñado específicamente para ofrecer una protección integral frente a la luz azul y otras radiaciones nocivas, incluida la infrarroja [11]. Los resultados experimentales obtenidos confirman que esta lente bloquea eficazmente la radiación ultravioleta y reduce significativamente la transmitancia en la región violeta-azul, especialmente entre los 400 y 450 nm. En las zonas del espectro de luz azul y también zona del infrarrojo [13] se observan altos valores de transmitancia. Por lo tanto, aunque no elimina completamente el paso de la luz azul, sí ofrece una protección adecuada frente a la radiación solar. En este sentido se puede considerar una lente eficaz para uso en exteriores.

Por último, la lente Optimal Blueblock, el fabricante presenta la lente como una solución para reducir la fatiga ocular y los efectos nocivos de la luz emitida por dispositivos electrónicos. Sin embargo, aunque el tratamiento ofrece cierta protección frente a las longitudes de onda más cortas, no proporciona una barrera eficaz frente a la luz azul más representativa emitida por dispositivos electrónicos, cuyo pico suele encontrarse entre los 440 y 460 nm. Por tanto, aunque puede reducir parcialmente la fatiga ocular, no se puede considerar una protección completa frente a la luz azul en condiciones de uso prolongado de pantallas.

El fabricante de esta lente afirma que ofrece una protección efectiva del 100 % frente a la radiación ultravioleta (UV) y del 40 % frente a la luz azul [14]. Esta información puede comprobarse en la figura 10, pues todo el intervalo UV es bloqueado y el valor que menciona el fabricante se obtiene para 420nm. Con lo que se debería añadir esa información tan necesaria para una correcta interpretación de los filtros añadido. Ya que se observa que a partir de los 440 nm la lente permite el paso del 100 % de la radiación. Esto demuestra que no bloquea la luz azul en su totalidad, sino que filtra una fracción limitada del espectro, especialmente en las longitudes de onda más cortas. Por tanto, aunque se confirma una cierta protección frente a la luz azul de alta energía y a la radiación UV, los datos experimentales muestran que esta protección no es completa, especialmente en las zonas más relevantes del espectro emitido por dispositivos electrónicos.

6. CONCLUSIÓN

En este estudio se midió la transmitancia de cuatro lentes oftálmicas en un rango espectral de 300 a 1000 nm. Los resultados evidencian que las lentes analizadas no proporcionan una protección completa frente a la luz azul procedente de dispositivos electrónicos y fuentes de iluminación artificial, ya que presentan picos elevados de transmitancia en el rango comprendido entre 400 y 450 nm, característico de las pantallas electrónicas actuales, manteniéndose en torno al 80 % a partir de los 450 nm. Un comportamiento similar se observa en la región del infrarrojo, donde la transmitancia se mantiene elevada, aproximadamente en un 86 %. Sin embargo, algunas lentes, como OPTIMAL Blueblock e INDOFIN 1.6, ofrecen cierta protección frente a la radiación ultravioleta hasta aproximadamente los 400 nm.

Por ello, es importante replantear cómo se comunican las características de tratamientos al usuario final. Sería recomendable que los fabricantes proporcionaran información más detallada y transparente sobre las propiedades ópticas de sus productos, con el fin de poder orientar adecuadamente a los pacientes según sus necesidades visuales y condiciones de exposición.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Clínica de Universidad de Navarra. Radiación electromagnética. <https://www.cun.es/diccionario-medico/terminos/radiacion-electromagnetica> (25 de mayo de 2025)
2. Astronoo. La ecuación de Planck. <https://astronoo.com/es/articulos/ecuacion-de-planck.html#:~:text=La%20ecuaci%C3%B3n%20es%20hoy%20una,10%2D34%20julios%2Dsegundo> (25 de mayo de 2025)
3. Partner. Propiedades de la radiación electromagnética. https://partner.cab.inta-csic.es/printable_section.php?Section=Curso Fundamentos Capitulo 1 (25 de mayo de 2025)
4. Luque J. Espectro electromagnético y espectro radioeléctrico. ACTA; 2017;06: 1-15.
5. Calles P, Maldonado M. Seguridad ocular de la iluminación mediante luz en el espectro visible. 2019: 1-22.
6. Departamento de Epidemiología clínica, Departamento de Retina y Vítreo. ¿Es útil el filtro para luz azul de los lentes intraoculares y aéreos para mejorar la salud visual? Una revisión sistemática de la literatura. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2604-12272020000100023&script=sci_arttext (3 de mayo de 2025)
7. Juan E. La luz azul: peligros y beneficios. El farmacéutico; 2022;614: 29-33.
8. Downie L. Blue-light filtering ophthalmic lenses: to prescribe, or not to prescribe? Ophthalmic & Physiological Optics; 2017;37: 640-643.
9. González M. Transmitancia y absorbancia. <https://quimica.laguia2000.com/conceptos-basicos/transmitancia-y-absorbancia> (6 de mayo de 2025)
10. LI-180 Portable Spectroradiometer Instruction Manual. LI-COR, inc. Publication No. 8210-0030.
11. INDO. Tratamientos exclusivos según las necesidades del usuario. <https://www.indo.es/es/optics/lenses/treatments> (25 de abril de 2025).
12. UNION OPTIC. Optimal Blueblock UV420 Protection. <https://www.union-optic.com/newsdet.aspx?nid=1> (25 de abril de 2025)
13. 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> (30 de abril de 2025)
14. HONGCHEN. Blue Block UV420 HMC Lente óptica. <http://es.hc-optical.net/1-61-blue-block-uv420-hmc-2-product/> (30 de abril)