



---

**Universidad de Valladolid**

FACULTAD DE CIENCIAS

# **Grado en Óptica y Optometría**

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

ESTUDIOS DE FILTROS COMERCIALES APLICADOS A  
LENTES DE CONTACTO

Presentado por Rosa García García

Tutelado por: David Mateos Villán y  
Celia Herrero del Barrio

Tipo de TFG:  Revisión  Investigación

En Valladolid a, 29 de Mayo de 2025

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>RESUMEN .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>4</b>  |
| 1.1 ¿QUÉ ES LA LUZ? .....   | 4         |
| 1.2 PROCESO VISUAL .....  | 5         |
| 1.3 PATOLOGÍAS ASOCIADAS A LA EXPOSICIÓN LUMÍNICA Y FILTROS<br>COMERCIALES..... | 6         |
| 1.4 LA TRANSMITANCIA.....   | 7         |
| 1.5 OBJETIVOS.....  | 8         |
| <b>2. MATERIAL Y MÉTODO .....</b>   | <b>9</b>  |
| 2.1 MATERIAL.....   | 9         |
| 2.2 MÉTODO .....  | 11        |
| <b>3. RESULTADOS .....</b>  | <b>14</b> |
| 3.1 MEDIDAS Y CALCULOS.....   | 14        |
| <b>4. DISCUSIÓN.....</b>  | <b>19</b> |
| <b>5. CONCLUSIÓN .....</b>  | <b>21</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>   | <b>22</b> |

## RESUMEN

El ser humano está expuesto a diferente radiación lumínica, esta luz proviene principalmente del Sol, que afecta a nuestra salud ocular, debido a su implicación directa con el desarrollo y progresión de diversas patologías oculares. Aunque también recibimos radiación por parte de dispositivos electrónicos e iluminación artificial. Para protegernos de estos daños podemos utilizar distintos filtros que protejan nuestros ojos. En este estudio, evaluaremos la eficacia de filtros comerciales empleados en varias lentes de contacto de distintas casas comerciales, midiendo su transmitancia espectral con el uso de un espectrorradiómetro (LICOR-1800). Analizando lentes de contacto sin ningún filtro incorporado, con la que obtenemos una alta transmitancia (90%) en todo su espectro, transmitancia que varía cuando se añaden filtros UV bloqueando una gran parte del espectro y parcialmente con la luz azul.

En general, los resultados obtenidos muestran que la información indicada por el fabricante sí que coincide con los resultados experimentales.

## ABSTRACT

Humans are exposed to different types of light radiation. This light primarily comes from the Sun, which affects our ocular health due to its direct involvement in the development and progression of various eye conditions. However, we also receive radiation from electronic devices and artificial lighting. To protect ourselves from this damage, we can use different filters to shield our eyes. In this study, we will evaluate the effectiveness of commercial filters used in various contact lenses from different brands by measuring their spectral transmittance using a spectroradiometer (LICOR-1800). We analyze contact lenses without any incorporated filter, which show high transmittance (90%) across their entire spectrum. This transmittance changes when UV filters are added, blocking a large portion of the spectrum, and partially when blue light filters are applied.

Overall, the results obtained demonstrate that the information provided by the manufacturer does indeed match the experimental findings.

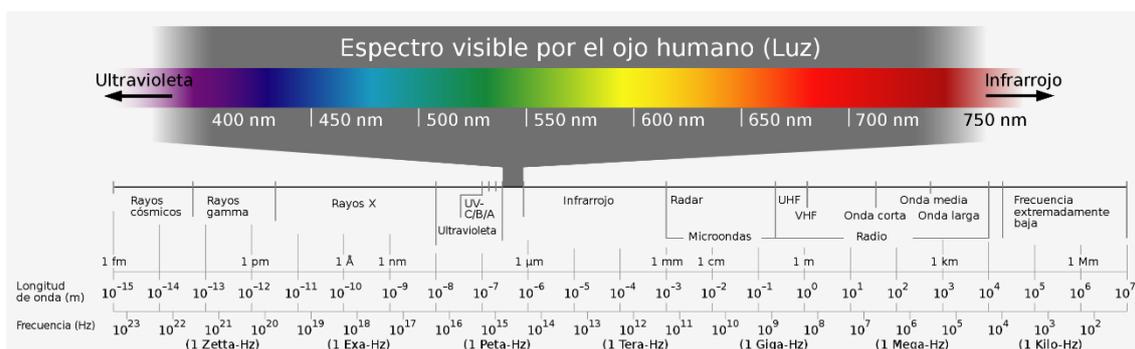
## 1. INTRODUCCIÓN

Para entender por qué se utilizan distintos filtros en las lentes comerciales, primero tenemos que entender, ¿qué es la luz?, y como la radiación lumínica nos puede afectar a nivel ocular, provocando la aparición o evolución de patologías oculares.

### 1.1 ¿QUÉ ES LA LUZ?

La luz se describe como una onda electromagnética que se propaga a través del espacio a una velocidad:  $c = 300000 \text{ m/s}$ , según las ecuaciones de Maxwell [1]; y que también exhibe propiedades corpusculares, comportándose como partículas denominadas fotones, como se observó en el efecto fotoeléctrico descrito por Planck en 1900 [1], siendo esta dualidad necesaria para entender el comportamiento de la luz.

Todas las longitudes de onda de la radiación electromagnética se incluyen en el espectro electromagnético; distinguiendo en este la luz visible, como aquella que es capaz de percibir el ojo humano, aproximadamente de 380 nm a 750 nm, encontrándose en este rango los colores que percibimos, correspondiéndose cada uno a una longitud de onda específica [1,2]. El espectro electromagnético y visible se muestra en la Figura 1.

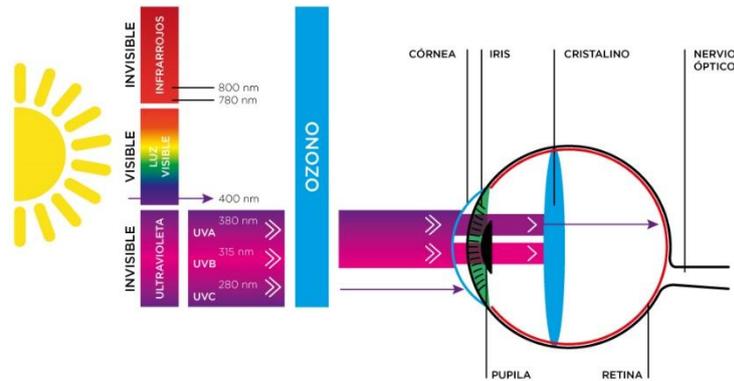


**Figura 1.** Imagen del espectro electromagnético y espectro visible [3] (<https://www.facoelche.com/espectro-luminico-y-oftalmologia-controversias-con-el-filtro-azul-y-otras-patologias/>)

Fuera del espectro visible nos encontramos con la radiación ultravioleta (UV), entre otras, que es una de las más dañinas para nuestra salud ocular, aunque nuestro ojo no es capaz de percibirla, es más energética que el visible. Se divide en tres categorías principales según su longitud de onda:

- UV-C (100-280 nm): radiación más energética y dañina, aunque filtrada casi en su totalidad por la capa de ozono. Sobre todo, afecta a la córnea, no alcanza la retina en condiciones normales.
- UV-B (280-315 nm): parcialmente filtrada por la atmósfera (alrededor del 10% llega a la superficie terrestre). Afecta tanto a córnea como a cristalino.
- UV-A (315-400 nm): menos energética (llega el 95% a la superficie terrestre). El cristalino filtra una gran parte de esta, la otra parte llega a la retina.

La córnea absorbe el 100% del UV-C y el 90% del UV-B gracias a sus componentes, como se presenta en la Figura 2; el cristalino filtra el UV-A (alrededor de un 70%) mediante proteínas de las que se compone (cristalinas); a la retina llega el 1% del UV-A, sobre todo en personas jóvenes, en mayores de 50 años bloquea alrededor de un 99%, debido al aumento de pigmento. [4,5]



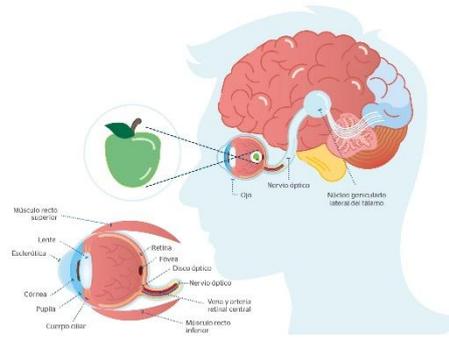
**Figura 2.** Esquema de los distintos tipos de radiación UV que llegan al ojo. (<https://www.farmamoda.com/wp-content/uploads/2024/12/ojos-uv.jpg>) [6]

## 1.2 PROCESO VISUAL

El proceso visual es un mecanismo complejo que comienza cuando los rayos de luz atraviesan la córnea, responsable del 70% del poder refractivo total [7]. Tras atravesar la córnea la luz pasa a través de la pupila, que varía en función de la intensidad lumínica (midriática en ambientes oscuros y miótica en ambientes luminosos) para regular la cantidad de luz que llega al ojo [8]. El cristalino es la siguiente estructura ocular por la que pasará la luz, siendo esta biconvexa y flexible que, mediante la acomodación, modificando su curvatura, proyecta imágenes nítidas sobre la retina; llegando estas imágenes a la mácula, zona de mayor agudeza visual [9].

En la retina se encuentran los fotorreceptores (conos y bastones) que transforman la energía lumínica en señales eléctricas: conos (mayor número en fovea) permiten la visión en color y alta resolución y los bastones (distribuidos en la periferia) facilitan la visión escotópica (baja luminosidad) [10].

Las señales eléctricas son transmitidas al nervio óptico y procesadas en la corteza visual primaria (V1), interpretándolas como imágenes; se integran aspectos como el contraste, el movimiento y la profundidad [11]. Factores como la dispersión de la luz, las aberraciones ópticas o la exposición a longitudes de onda dañinas (por ejemplo, la luz azul o UV) pueden alterar este proceso, afectando a la calidad visual [12]. Este proceso visual se puede ver representado en la Figura 3.



**Figura 3.** Esquema del sistema visual [13]  
[\(https://www.clinicabaviera.com/blog/la-via-optica-sabes-que-es/\)](https://www.clinicabaviera.com/blog/la-via-optica-sabes-que-es/)

### 1.3 PATOLOGÍAS ASOCIADAS A LA EXPOSICIÓN LUMÍNICA Y FILTROS COMERCIALES

La excesiva exposición lumínica es un factor que afecta al desarrollo de diversas patologías oculares. El ojo humano cuenta con estructuras que filtran la radiación UV de forma natural, pero esta capacidad varía con la edad. Las estructuras que nos protegen de esta radiación son la córnea y el cristalino, sobre todo.

- La córnea: absorbiendo radiación UVC y parte de la UVB.
- El cristalino: filtrando la radiación UVA y parte de UVB antes de que llegue a la retina [14].

Debido al daño producido por la radiación UV, aun con las estructuras que la filtran, se inducen diversas patologías, teniendo en cuenta el tiempo de exposición a la radiación: la fotoqueratitis, es la inflamación corneal debido a la exposición puntual a UVB (280-315 nm), más común en ambientes nevados, ya que la reflexión de la luz en la nieve incide en nuestros ojos provocando esta “quemadura” [15]; el pterigión, es un crecimiento anómalo del tejido conjuntival asociado a la exposición continuada a UVA (315-400 nm) [16], también la exposición continuada a esta radiación provoca cataratas y degeneración macular asociada a la edad (DMAE), ya que acelera la oxidación del cristalino y la retina, creando opacidades y estrés fotooxidativo en la mácula [17].

La radiación de luz azul no produce tantas patologías como la radiación UV, pero también nos afecta, ya que desajusta la producción e inhibición de la melatonina.

Las células ganglionares de la retina intrínsecamente fotosensibles (ipRGCs) son neuronas especializadas que responden a la luz en el rango de 480 nm (luz azul-verde), utilizando el pigmento melanopsina. Estas células no participan en la visión, pero sí en la regulación de los ritmos circadianos, enviando señales para sincronizar el ciclo sueño-vigilia. La luz azul del día suprime la melatonina (activa el estado de alerta), la oscuridad estimula su producción (induciendo el sueño) [18,19].

La exposición a las pantallas (luz azul artificial) durante la noche, anula la producción de melatonina, afectando a los ritmos circadianos, provocando dificultad para dormir y reduciendo la calidad del sueño [20].

Un uso excesivo durante el día de filtros que bloquean la luz azul también afecta a los ritmos circadianos, ya que el cuerpo necesita inhibir la melatonina para mantener el estado de alerta y la función cognitiva [21].

Los filtros comerciales en lentes de contacto más comunes son los de protección UV y luz azul (aunque en menor medida que los UV, ya que los están empezando a implementar en las lentes de contacto ahora), estos filtros actúan modificando selectivamente la transmitancia espectral (cantidad de luz que atraviesa la lente) que llega a la retina.

Para saber si un filtro es útil, se tiene que adaptar a unos estándares que establecen los requisitos que debe tener un producto para garantizar su calidad, seguridad, eficiencia...; Estas normas las crea la organización internacional de normalización (ISO, por sus siglas en ingles). Las normas ISO establecen requisitos para la protección UV tanto en lentes de contacto como oftálmicas [22]:

- ISO 8980-3: define los requisitos de transmitancia para lentes que afirman tener protección UV. Para lentes de contacto, deben bloquear al menos: UVB > 99% (transmitancia < 1%) y UVA > 90% (transmitancia < 10%).

Las lentes que cumplen esta norma también pueden incluir bloqueadores del UV de clase 1 (bloquean el UVB > 99% y UVA > 90%) y de clase 2 (si bloquean > 95% UVB y > 70% UVA, serían lentes con protección básica) [22].

Los filtros son capaces de absorber longitudes de onda dañinas, incorporando compuestos como el benzotriazol o oxibenzona, bloqueando el 99% de la radiación UVA/UVB (280-400 nm) [23], los filtros también pueden bloquear la luz azul (sobre todo en LIOs), utilizando pigmentos amarillos / naranjas que, absorbiendo selectivamente su longitud de onda, reduciendo su llegada a la retina sin alterar la visión de los colores [24]; pueden mejorar el contraste, utilizando tintes como el rojo o amarillo, que aumentan la sensibilidad al contraste, al disminuir las longitudes de onda cortas (azul-verde) que generan mayor aberración cromática [25]; los filtros también pueden eliminar reflejos, incluyendo filtros polarizados que eliminan los reflejos horizontales, aunque su aplicación en lentes de contacto es menos común que en lentes oftálmicas [26].

#### 1.4 LA TRANSMITANCIA

La transmitancia es una magnitud adimensional que cuantifica la fracción de energía radiante que atraviesa un material (en este TFG, una lente de contacto) sin ser absorbida ni dispersada. Se expresa mediante la fórmula (1) para condiciones de incidencia normal sobre la lente:

$$T(\lambda) = \frac{I_t(\lambda)}{I_0(\lambda)} \times 100 \quad (1)$$

$I_0(\lambda)$ : intensidad de luz incidente a una longitud de onda  $\lambda$

$I_t(\lambda)$ : intensidad de luz transmitida

La transmitancia se expresa en porcentajes y varía con  $\lambda$  debido a las propiedades de absorción del material [27].

### **1.5 OBJETIVOS**

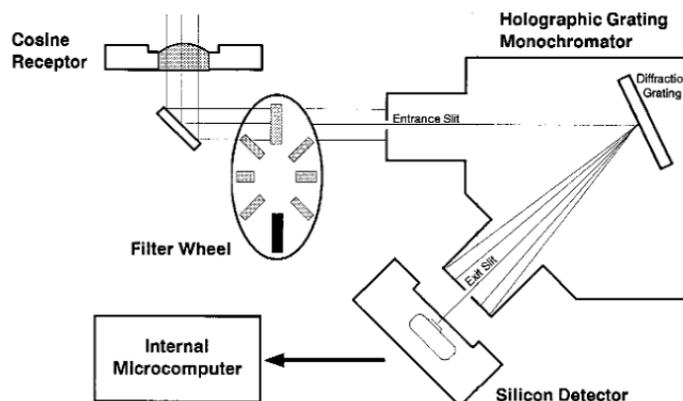
En este trabajo vamos a estudiar el funcionamiento de los distintos filtros en lentes de contacto que se comercializan actualmente, sobre todo filtros de luz azul y radiación UV. Para ello, se realizarán medidas experimentales de la transmitancia espectral de los diferentes materiales ópticos. Analizaremos la protección real que ofrecen estas lentes al ojo frente a la radiación UV y la luz azul, comparando los resultados experimentales con los datos suministrados por los fabricantes.

## 2. MATERIAL Y MÉTODO

### 2.1 MATERIAL

#### 2.1.1 Espectrorradiómetro LI-COR 1800

El espectrorradiómetro LI-COR 1800 es un instrumento de alta precisión diseñado para medir las radiaciones espectrales desde los 300 hasta los 850 nm, aunque se puede ampliar este rango hasta los 1100nm. Permite explorar las diferentes regiones del espectro de luz y obteniendo representaciones de la intensidad de la señal en función de la longitud de onda incidente. En la figura 4 se muestra un esquema de la estructura del espectrorradiómetro, que nos ayudará a entender su funcionamiento:



**Figura 4.** Esquema interno del espectrorradiómetro LI-COR 1800 [28]

Este instrumento cuenta con un detector coseno de cúpula de PTFE con un campo de visión de 180°. Posteriormente se encuentra una rueda con 7 filtros, que limita el rango espectral de la luz incidente al que puede ser analizado por el instrumento y ayuda a reducir el ruido de la señal. Uno de los filtros es opaco, lo que nos permite conocer el offset, impidiendo el paso de la luz.

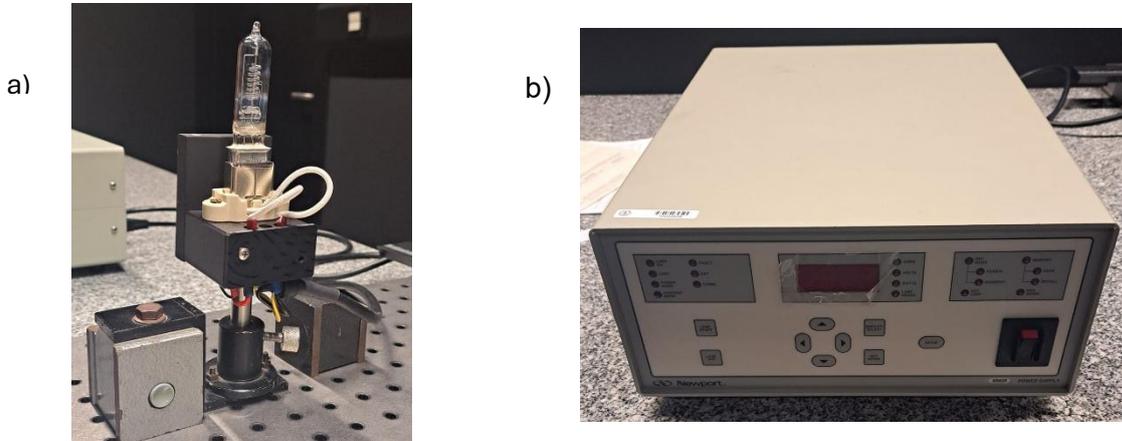
La luz entra por la rendija de entrada (entrance slit) del monocromador y llega hasta la rejilla holográfica, que dispersa la luz en sus diferentes longitudes de onda, permitiendo así medirlas por separado. El espejo focalizador dirige esta luz dispersada hacia la rendija de salida (exit slit), para llegar al detector, que es un fotodiodo de silicio (silicon photodiode), que produce una corriente proporcional a la radiación recibida, que se amplifica y se convierte en voltaje para pasar al microordenador interno (internal microcomputer).

Las rendijas de entrada y salida tienen una apertura ajustable, que permiten una resolución espectral inversamente proporcional a estas, a menor anchura de las rendijas se conseguirá una mayor resolución, aunque disminuye la señal que capta el detector [29].

#### 2.1.2 Fuente de iluminación y generador

Se utilizará un generador que sirve como fuente de alimentación para la lámpara FEL incandescente de 1000W (ver Figura 5), que será nuestra fuente de luz. Pasa corriente eléctrica por un filamento de Wolframio, hasta que este alcanza una temperatura adecuada y emite luz amarillenta. El filamento está

encerrado en el bulbo de vidrio de cuarzo, que no absorbe radiación UV, permitiéndonos así medir esta parte del espectro, además de protegerlo de la oxidación [29].



**Figura 5.** a) imagen real de la fuente de iluminación, b) imagen real del generador que alimenta la fuente de luz.

### 2.1.3 Soporte de lentes de contacto

Para la colocación de las lentes de contacto a la hora de la toma de medidas se necesitaba un soporte para mantenerlas a la altura y distancia adecuadas. Se utilizó un fieltro negro alrededor de la lente para conseguir que solo la luz que la atravesara fuese la que llegase al detector, al igual que colocamos cinta aislante para sujetar el fieltro al soporte y así evitar que la luz pasase, como se muestra representado en la Figura 6.



**Figura 6.** Imágenes reales del soporte de lentes de contacto.

### 2.1.4 Lentes de contacto utilizadas

En el caso de las lentes de contacto, todas ellas tienen un mínimo de graduación, entre -0,50 y +0,50 D, ya que no ha sido posible, por la disponibilidad de los fabricantes, encontrar lentes con menor potencia o potencia neutra. Hemos utilizado a la hora de la toma de medidas las siguientes lentes de contacto blandas:

- **MARK'ENNOVY**

- Blu:gen de mark'ennovy. Rx -0,25. Material: hidrogel de silicona. Filtros: bloquea al menos el 93% de la luz UVA y el 99% de la luz UVB (filtro UV clase 1), filtra al menos el 14% de la luz azul-violeta nociva [30].
- Blu:ssential de mark'ennovy. Rx -0,25. Material: hidrogel de silicona. Filtros: combina un filtro UV de clase 1 con un filtro de luz azul, protegiendo contra el 99% los rayos UVB, el 93% de UVA y el 14% de la luz azul-violeta nociva [30]
- Blu:kidz de mark'ennovy. Rx +0,25. Material: hidrogel de silicona. Filtros: bloquea al menos el 93% de la luz UVA y 99% de la luz UVB (filtro clase 1), y filtra al menos el 14% de la luz azul-violeta nociva [30]

- **BAUSCH & LOMB**

- ULTA ONE DAY, material: Kalifilcon A, hidrogel de silicona de 3ª generación (55% de agua). Rx -0,5. Filtros: protección contra la luz UV, no se informa de que tipo de protección específica ofrece, no incluye filtro de luz azul [31].

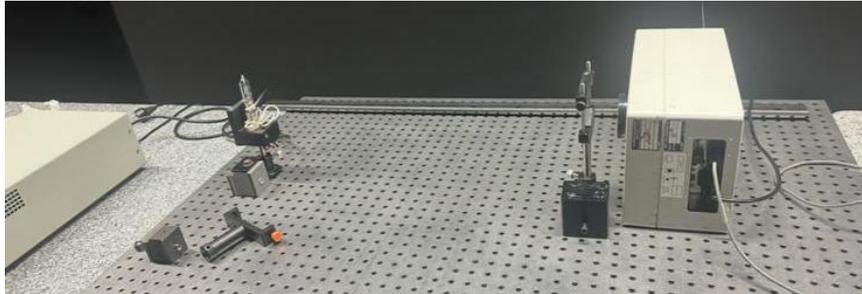
- **COOPERVISION**

- Biofinity de CooperVision. Material: Comfilcon A 52% no iónico, contiene un 48% de hidratación. Rx -0,25. Filtros: no incluye filtro para la luz UV ni filtro azul [32].
- My Day (asphere) de CooperVision. Material: Stenfilcon A, hidrogel de silicona de 3ª generación 46%, contiene 54% de hidratación. Rx: -0,25D. Filtros: protección UV clase 2, bloquea más del 95% de UVB y más del 70% de UVA, no incluye filtro de luz azul [32].
- One Day (sphere) de CooperVision. Material: Somofilcon A 44%, hidrogel de silicona de última generación, contiene 56% de hidratación. Rx: -0,5D. Filtros: protección UV clase 2, bloqueando más del 95% de UVB y más del 70% del UVA, no incluye filtro de luz azul, [32].
- Biomedics 55 evolution de coopervision. Material: Ocufilecon D 45%, hidrogel convencional, 55% de hidratación. Rx: -0,25D. Filtros: protección UV clase 2, bloqueando más del 95% del UVB y más del 70% del UVA, no incluye filtro azul [32].

## 2.2 MÉTODO

Una vez conseguidos los materiales necesarios, se colocan los instrumentos en el banco óptico para empezar a tomar las medidas, como vemos representado en la Figura 7. A un lado del banco óptico se coloca la fuente de iluminación y el generador y al lado contrario colocamos el soporte de lentes y unos centímetros detrás colocamos el espectrorradiómetro LI-COR.

Hay que ajustar el sistema para que este bien centrado y alineado, ajustamos la altura tanto de la fuente de iluminación como del soporte de las lentes para que todo quede en el mismo eje óptico que el detector del espectrorradiómetro. Una vez centrado todo es importante que los instrumentos no sufran ninguna variación de su posición ya que esto afectaría a la toma de medidas y por consiguiente a los resultados.



**Figura 7.** Imagen real del sistema de medición montado.

Cuando todo el sistema está correctamente montado y alineado, empezamos a preparar la toma de medidas. El sistema hace un barrido de 300 a 1100 nm (pasando de 2 en 2 nm) para tomar las medidas.

Es necesario eliminar la luz ambiente para evitar resultados erróneos, por lo que utilizamos la cortina del laboratorio para eliminar esta iluminación dejando solo la lámpara como única fuente de iluminación que va a recibir el espectrorradiómetro.

Primero encendemos el generador, para encender la lámpara. Esperamos unos minutos a que se caliente y empiece a emitir luz. Hay que tener cuidado con esta luz ya que puede ser dañina para la visión debido a su intensidad por lo que se utilizará en todo momento unas gafas especiales de protección, Figura 8.



**Figura 8.** Imagen real de las gafas de protección del laboratorio.

Estas gafas nos proporcionaban protección UV e IR lejano, de 190-398 nm (bloqueando el UV C y A) y de 9000-11000nm (cubriendo el IR lejano, no protege del cercano), tenían una densidad óptica 7+, que significa que atenúan la luz en esos rangos por un factor  $10^7$ . Estas gafas tenían 93% VLT (visible light transmission), lo que indica que deja pasar el 93% de la luz visible (400-700 nm), lo que es útil para trabajar con buena visibilidad [33, 34]. Esta información nos la daba la propia gafa de protección que en el borde superior de estas nos indicaba estas características.

Cuando el sistema ya está preparado empezamos con la toma de medidas, primero medimos la cantidad de luz que llega al sistema, midiendo una primera vez sin utilizar ninguna lente en el soporte, siendo este nuestro espectro de referencia. Esta medida será nuestra intensidad de luz incidente ( $I_0$ ), que utilizaremos luego para medir la transmitancia ( $T$ ) de las lentes, utilizando la fórmula 1. A continuación empezamos a tomar las medidas colocando las lentes de contacto en el porta lentes, consiguiendo la intensidad de luz transmitida ( $I_t$ ). Después de estas medidas tomamos el offset con la lámpara FEL apagada, que es el valor de la luz ambiente que se cuela y la máquina puede captar (ya que no es un espacio completamente a oscuras) o del ruido electrónico de los distintos componentes del espectrorradiómetro. Este valor que conseguimos hay que restárselo a la intensidad de la luz incidente y también a la transmitida.

Cuando ya tengamos todas las medidas del espectrorradiómetro de todas las lentes a comprobar calcularemos su transmitancia, utilizando la Fórmula 1 y finalmente se representan en una gráfica para poder comparar los resultados.

A la hora de la toma de medidas se observó que la señal medida era muy baja, por lo que se decidió quitar el detector coseno para tratar de captar la máxima cantidad de luz tras comprobar que no afectaba significativamente a la precisión de las medidas.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 MEDIDAS Y CALCULOS

##### 3.1.1 MEDIDA DE LA $I_0$

Para calcular la intensidad de la luz incidente se medía la cantidad de luz que llegaba al detector de espectrorradiómetro en el rango de longitudes de onda que queríamos comprobar, en este caso de 300-1100 nm, obtenemos los datos con una resolución de 2nm, lo que luego tendremos en cuenta para el cálculo de la transmitancia (T) de las lentes utilizadas. Se tomaba una medida de referencia de la luz incidente antes de la toma de medidas de cada lente, ya que el sistema de iluminación puede variar con el tiempo, por lo que se volvía a tomar esta referencia con cada lente medida.

##### 3.1.2 MEDIDA DE LA $I_T$

Para el cálculo de la intensidad transmitida, íbamos colocando de una en una las lentes que teníamos para analizar, en el porta-lentes y tomábamos la medida en el mismo rango de longitudes de onda (300-1100 nm). Tomábamos cuatro medidas, lo que luego nos permite calcular parámetros estadísticos.

##### 3.1.3 MEDIDA DEL OFFSET

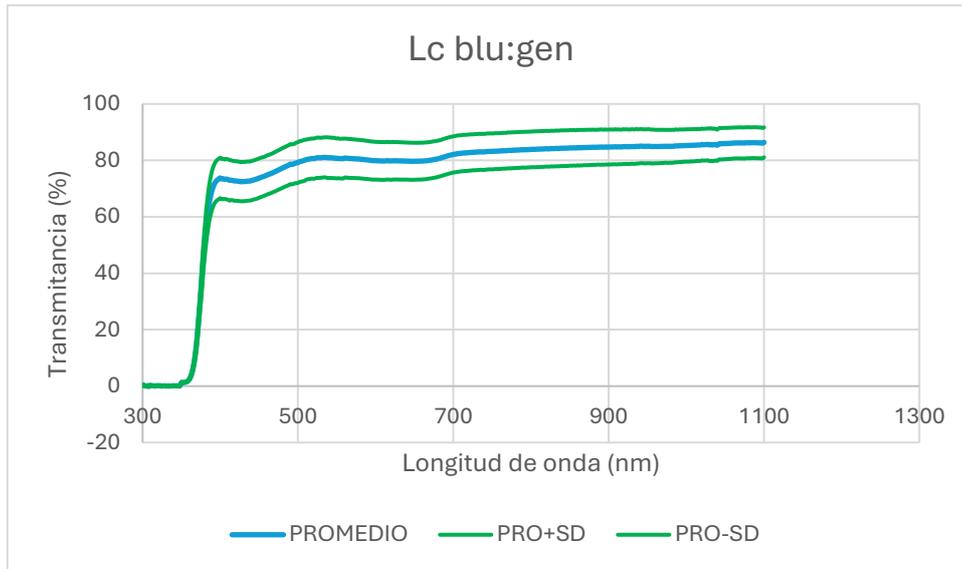
Para medir el offset como hemos comentado anteriormente, se apaga la lámpara para medir cuanta luz ambiente mide el instrumento, en el mismo rango. Tras tomar estos datos hay que restárselo a la  $I_0$  y a la  $I_T$  y finalmente, calcular la transmitancia.

Probamos en la gráfica de una de las lentes restar el offset para ver si la medida era significativa para tenerlo en cuenta en el resto de las gráficas, y al verlo representado, nos dimos cuenta de que realmente el offset era un valor tan pequeño, que los datos de la gráfica con y sin él, no variaban, por lo que optamos por no tenerlo en cuenta y no restárselo al resto de los cálculos de transmitancias.

##### 3.1.4 CALCULO DE LAS TRANSMITANCIAS

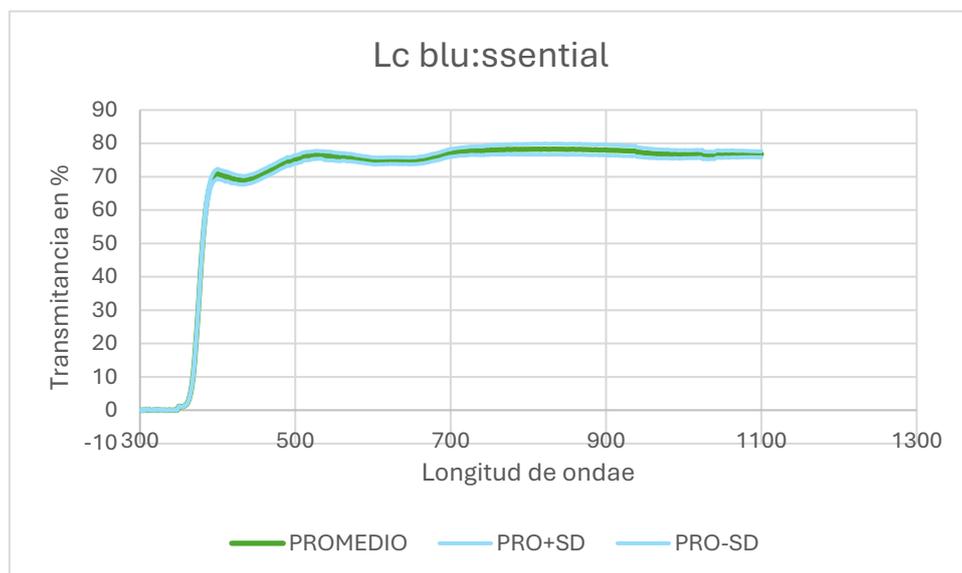
Cuando ya hemos recogidos todos los datos, calculamos la transmitancia de las ocho lentes con la fórmula 1. Como tenemos cuatro medidas de cada lente, vamos a obtener cuatro transmitancias, utilizando siempre la medida de intensidad de luz incidente como referencia. Con las cuatro transmitancias vamos a calcular su desviación media (SD por sus siglas en ingles), mostrando la variación en las medidas tomadas. Representamos en las gráficas el promedio y el promedio sumándole y restándole la desviación media, para conseguir una forma más sencilla de comparar y explicar los resultados obtenidos.

La gráfica obtenida, muestra la transmitancia (%) en función de la longitud de onda (nm) para las lentes de contacto medidas. Cada curva representa cómo cada lente filtra la luz en el espectro UV, visible e infrarrojo cercano.



**Figura 9.** Transmitancias espectrales de la lente de contacto Blu:gen de Mark'envoy, medido en el laboratorio.

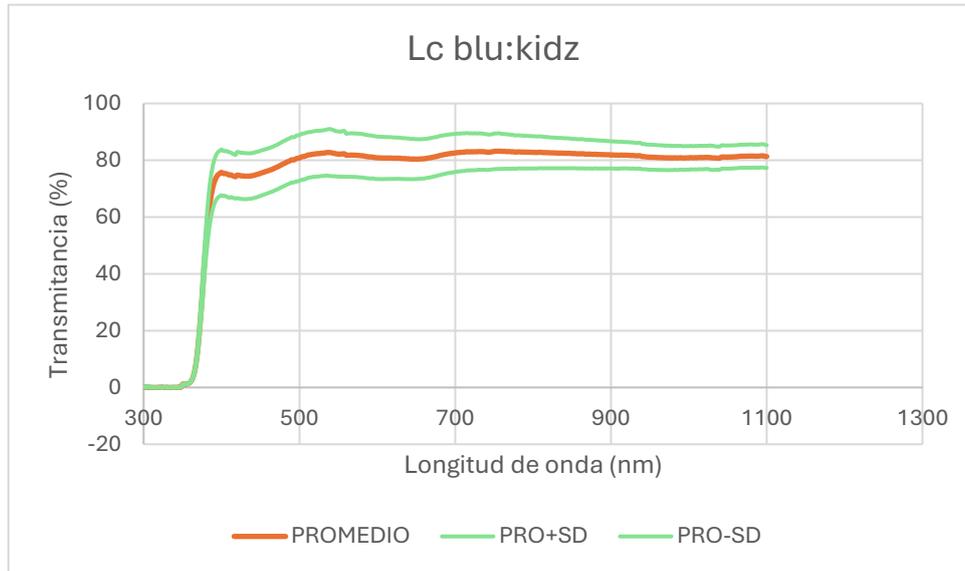
En la Figura 9 vemos que la lente Blu:gen bloquea la transmitancia hasta los 360 nm, donde va dejando pasar mayor cantidad de luz hasta los 400nm, donde alcanza una transmitancia del 70%. Bloquea todo el UV hasta los 380 nm. En el rango de luz azul (400-450 nm) esta lente tiene una transmitancia del 70-80%, bloqueando el 20-30%. En el espectro visible (500-700 nm), el promedio muestra una transmitancia de más del 80%, por lo que no afectará a la visión de los colores.



**Figura 10.** Transmitancias espectrales de la lente de contacto Blu:ssential de Mark'envoy, medido en el laboratorio.

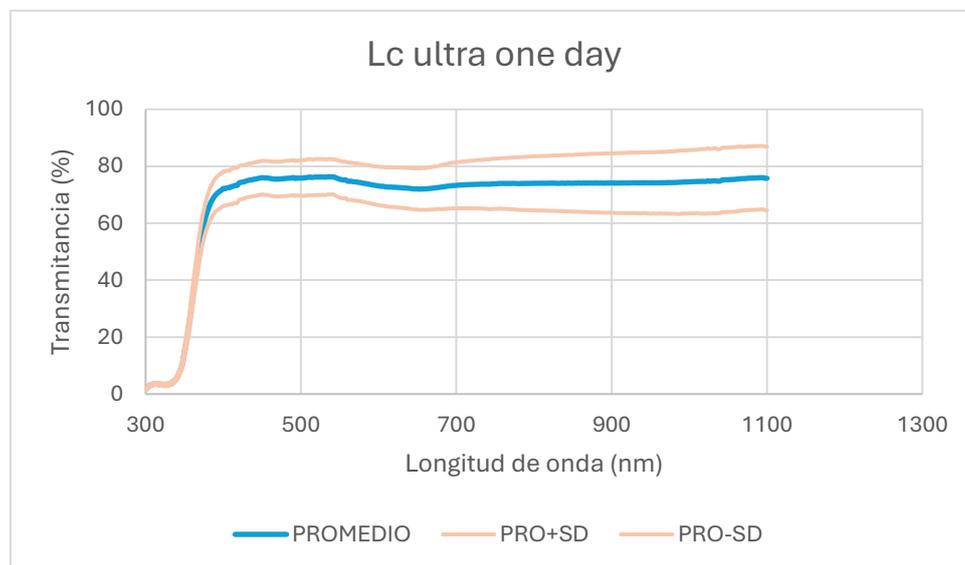
En la gráfica vemos que las bandas que representan el promedio  $\pm$  la desviación estándar están más próximas al promedio, esto nos indica que las medidas son más precisas. La Figura 10 muestra una transmitancia entre el 0 y

el 70% en el UV. En el rango de luz azul tiene una transmitancia del 70-75%. Mientras que en la fracción del espectro visible la transmitancia es de un 75-80%.



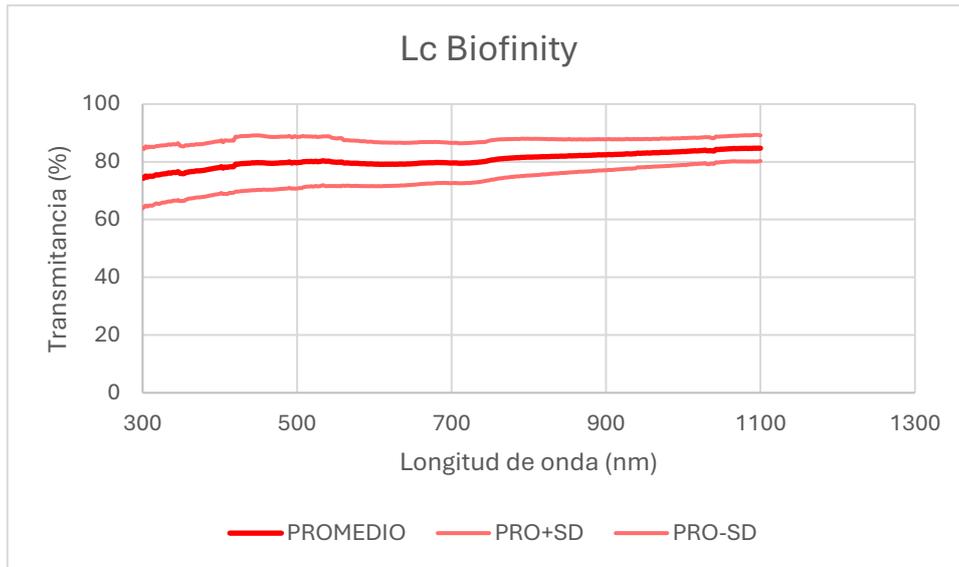
**Figura 11.** Transmitancias espectrales de la lente de contacto Blu:kidz de Mark'envoy, medido en el laboratorio.

La Figura 11 muestra un bloqueo de la radiación UV hasta los 360 nm, donde vemos que la transmitancia, se empieza a alejar del eje. Mientras que en el rango de luz azul vemos una transmitancia de alrededor de un 80%, valor que se mantiene por el resto del espectro medido.



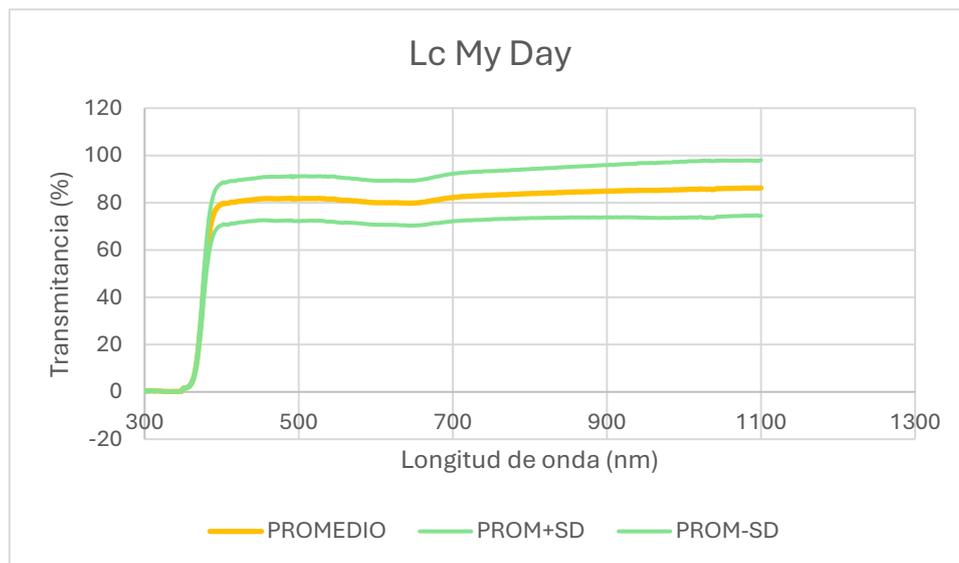
**Figura 12.** Transmitancias espectrales de la lente de contacto Ultra one Day de Bausch & Lomb, medido en el laboratorio.

La lente Ultra One de Bausch & Lomb, representada en la Figura 12, vemos que ofrecería una protección al UV algo menor que las anteriores, pues tiene algo de transmitancia (menos del 10%) por debajo de los 340 nm. En el rango de la luz azul esta lente ofrece una transmitancia del 70-75%. Y en el rango de luz visible vemos una transmitancia del 70%.



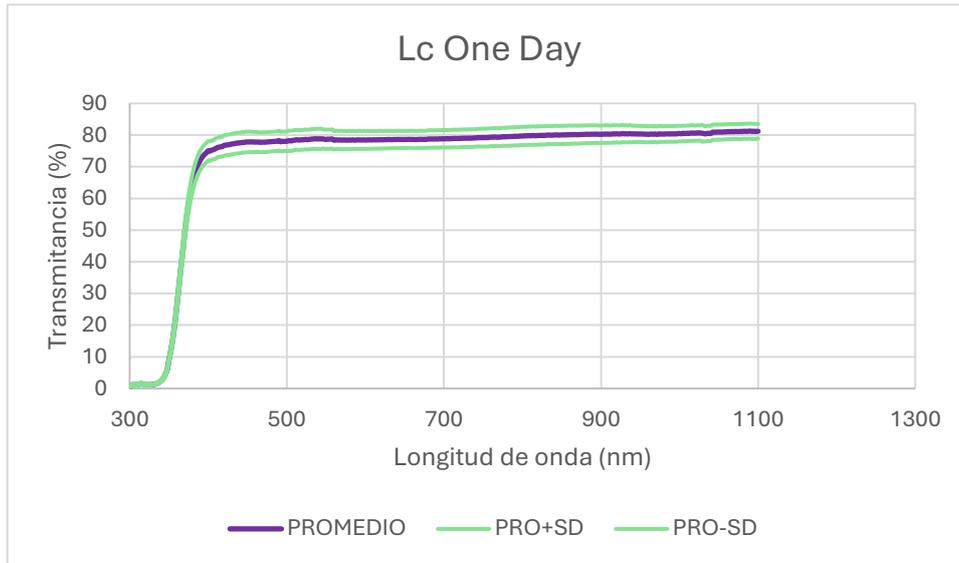
**Figura 13.** Transmitancias espectrales de la lente de contacto Biofinity de CooperVision, medido en el laboratorio.

Con la lente Biofinity observamos que no cuenta con filtro UV ni filtros de luz azul, mantiene una transmitancia del 80-85% en todo el rango medido.



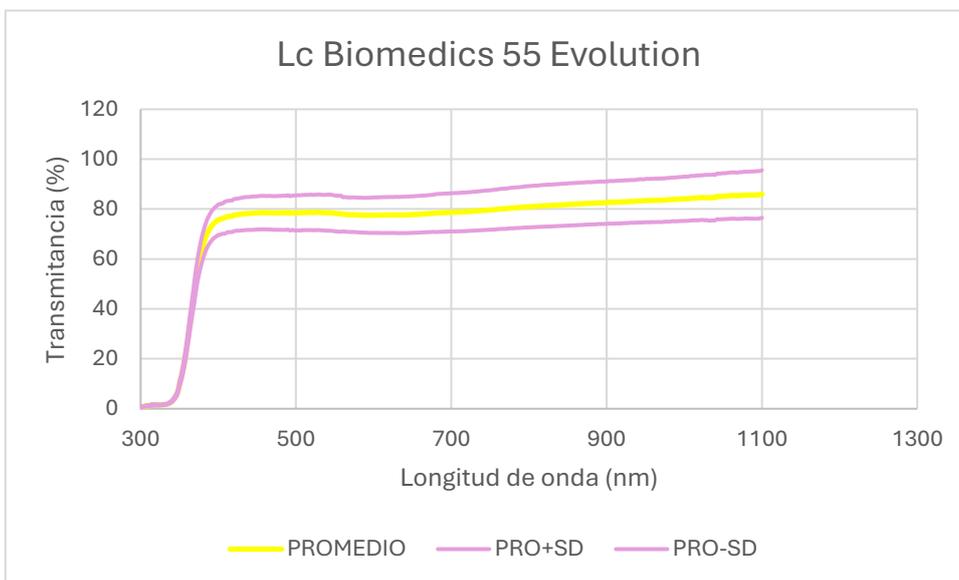
**Figura 14.** Transmitancias espectrales de la lente de contacto My Day (asphere) de CooperVision, medido en el laboratorio.

En esta lente, hasta los 370 nm no se alcanza una transmitancia de más del 10%, ofreciendo una alta protección al UV. Mientras que, en el rango de luz azul, tiene una transmitancia del 80%, bloqueando un 20%. Vemos una transmitancia del espectro visible de alrededor de un 80%.



**Figura 15.** Transmitancias espectrales de la lente de contacto One Day (sphere) de CooperVision, medido en el laboratorio.

Esta lente alcanza una transmitancia del 70% a los 390 nm. Mientras que, en el rango de luz azul, mantiene una transmitancia del 75-80%, bloqueando un 20-25%. Vemos las bandas de desviación estándar muy próximas al promedio, indicando calidad óptica y unas medidas menos dispares.



**Figura 16.** Transmitancias espectrales de la lente de contacto Biomedics 55 Evolution de CooperVision, medido en el laboratorio.

La lente Biomedics 55 Evolution medida en el laboratorio bloquea la transmitancia hasta los 340 nm, donde va aumentando la transmitancia progresivamente hasta los 400 nm, donde alcanza una transmitancia del 75%, bloqueando un 25% de la luz. En el rango de luz azul, tiene una transmitancia de alrededor del 80%, bloqueando un 20%. Teniendo en el resto del espectro una transmitancia del 80-90%.

#### 4. DISCUSIÓN

Después de ver y comparar las gráficas podemos agrupar las lentes según sus filtros: hay lentes con filtro UV, como la lente de Bausch & Lomb, con un bloque UV de clase 2 y alta transmitancia al visible (400-700 nm), alrededor del 70%; las tres lentes de mark'envoy cuentan con filtro UV y bloqueo de la luz azul; la lente biofinity de coopervision, hemos comprobado con la gráfica que no cuenta con ningún filtro ni de UV ni de luz azul, como indica su fabricante. Las demás lentes de coopervisión, tiene una alta transmitancia en todo el espectro, en el rango de luz UV, lo que indicaría que tiene una clasificación de filtro UV de clase 2, como nos informa su fabricante.

**Tabla 1.** Resumen del análisis realizado por rango espectral.

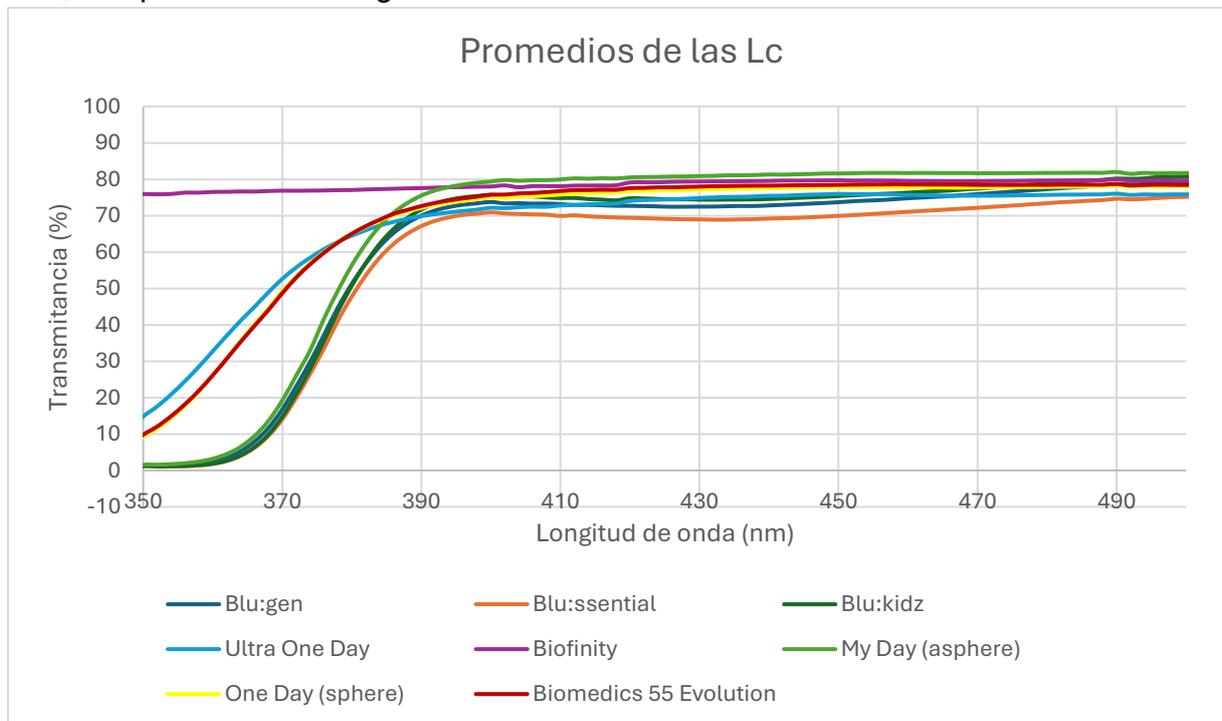
| Rango (nm)               | Análisis  | Lentes Destacadas  |
|--------------------------|---|--|
| <b>280-400 (UV)</b>      | Todas las lentes muestran protección en mayor o menor medida, excepto la Biofinity. | Las lentes de mark'envoy, son las que mayor bloqueo tienen.                  |
| <b>400-450 (Azul)</b>    | Las lentes de mark'envoy son las que más bloquean.                                  | Lente blu:ssential con filtro más pronunciado.                               |
| <b>450-700 (Visible)</b> | Todas mantienen >80% transmitancia (óptima visión).                                 | La lente que menos transmitancia tiene en el visible es la Ultra One, 70-75% |

Mediante la tabla 2 presentamos la información recogida por los fabricantes, sobre las lentes medidas:

**Tabla 2.** Resumen de las LC medidas

| Lente                  | UV          | Luz Azul | Material          |
|------------------------|-------------|----------|-------------------|
| Bausch & Lomb          | ✓           | ✗        | Samfilcon A       |
| Mark'envoy             | ✓ (clase 1) | ✓ (14%)  | Hidrogel silicona |
| CooperVision Biofinity | ✗           | ✗        | Comfilcon A       |
| CooperVision           | ✓ (clase 2) | ✗        | Hidrogel silicona |

Tras estas mediciones podemos concluir que las lentes de mark'ennovy son las únicas con doble protección tanto a la luz UV, ya que cuentan con filtros de clase 1, como a la luz azul, lo que las hace más completas. La lente de Bausch & Lomb sería una de las lentes con menor protección a la luz UV, de todas las lentes medidas. Con las lentes de CooperVision observamos que la Biofinity no cuenta con ningún filtro mientras que las demás cuentan con protección de clase 2, cumpliendo con la regla ISO 8980-3.



**Figura 17.** Promedios de las transmitancias espectrales de todas las lentes de contacto medidas en el laboratorio, en el rango de 350-500 nm.

Al comparar todas las lentes en un rango menor, nos damos cuenta de las diferencias que hay entre ellas más fácilmente. Se aprecia que las lentes con menor protección al UV son las lentes de Ultra One Day, como se aprecia en la Figura 17 tiene una transmitancia de alrededor del 15% a los 350 nm, mientras que las demás lentes en ese valor mostrarían una transmitancia del 0%, excluyendo también las lentes de CooperVision, Biomedics 55 Evolution y One Day, que tienen unas transmitancias del 10% en los 350 nm. Por el contrario, las lentes con mayor protección al UV vemos que son todas las de Mark'ennovy, junto con la lente de CooperVision, My Day, teniendo una transmitancia del 20% a los 370 nm. Respecto a los filtros de luz azul, la lente que mejor protege es la Bluessential, seguido de la Blu:gen y la Blu:kidz.

El fabricante de CooperVision nos informa que sus lentes (My Day, One Day y Biomedics 55 Evolution) cuentan con un filtro de protección al UV de Clase 2 (protección al UV > 70%); Y el fabricante de Mark'ennovy nos indica que sus lentes tienen filtro de clase 1 (protección al UV > 90%). Lo que concuerda con los datos extraídos del laboratorio, aunque dentro de las distintas lentes no todas protejan igual, teniendo mayor o menor bloqueo de la radiación.

El fabricante de Bausch & Lomb no indica el tipo de protección de su lente.

## 5. CONCLUSIÓN

En este Trabajo de Fin de Grado se han realizado medidas de transmitancias espectrales para distintas Lentes de Contacto, utilizando un espectrorradiómetro (LICOR-1800). Se ha realizado un estudio para determinar el grado de protección que poseen los filtros aplicados a la radiación UV y a la luz azul.

Podemos confirmar que la información obtenida de los fabricantes sí que cumple con los datos obtenidos en el laboratorio. Aunque hay laboratorios que no son claros a la hora de indicar las especificaciones de los productos, como es el caso de Bausch & Lomb que no indica el tipo de protección frente a la radiación UV que presentan sus lentes. En el caso de tener que elegir un tipo de lente de contacto que nos ofrezca la mayor protección, en este caso, se podría elegir cualquier lente de Mark'ennovy, siendo la que más protege la Bluessential.

El mercado de los filtros comerciales en lentes de contacto cada vez es más novedoso, y se va actualizando a pasos agigantados, gracias al avance de las nuevas tecnologías y a la creciente concienciación sobre los daños y cambios que puede provocar la radiación UV y luz azul. Personalmente, considero que esta evolución es muy positiva, ya que demuestra un mayor compromiso con la salud ocular preventiva. Además, muestra cómo la industria óptica está respondiendo a las necesidades actuales de protección visual, sobre todo en un contexto donde el uso de dispositivos electrónicos y la exposición a fuentes artificiales de luz es cada vez mayor.

Aun así, considero que haría falta más estudios en este campo que analicen en profundidad las consecuencias reales de la exposición prolongada a este tipo de radiaciones. Así los fabricantes podrían ser más específicos a la hora de informar sobre que tipo de protección ofrecen realmente sus productos y en qué medida.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Hecht E. Óptica. 4ª ed. San Francisco: Addison Wesley; 2002. Capítulo 2, Naturaleza ondulatoria de la luz; Capítulo 3, Teoría electromagnética, fotones y luz.
- [2] Young, H. D., Freedman, R. A. Física Universitaria con Física Moderna . 14ª ed. San Francisco: Pearson; 2015. Capítulo 33, La naturaleza de la luz; Capítulo 34, Ondas electromagnéticas.
- [3] Imagen del espectro electromagnético y espectro visible (<https://www.facoelche.com/espectro-luminico-y-oftalmologia-controversias-con-el-filtro-azul-y-otras-patologias/>) (10/05/2025)
- [4] Coroneo MT. Ultraviolet radiation and the anterior eye. Lentes de contacto oculares. 2011; 37:214-224.
- [5] Kolozsvári L, Nógrádi A, Hopp B, Bor Z. UV absorbance of the human cornea in the 240- to 400-nm range. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2002;43:2165-2168.
- [6] Esquema de los distintos tipos de radiación UV que llegan al ojo. (<https://www.farmamoda.com/wp-content/uploads/2024/12/ojos-uv.jpg>)
- [7] Atchison DA, Smith G. Optics of the Human Eye. Oxford: Butterworth-Heinemann; 2000.
- [8] McDougal DH, Gamlin PD. Autonomic control of the eye. Comprehensive Physiology. 2015;5:439-473.
- [9] Glasser A, Campbell MC. Presbyopia and the optical changes in the human crystalline lens with age. Vision Res. 1998;38:209-229.
- [10] Purves D, Augustine GJ, Fitzpatrick D, Hall WC, LaMantia AS, White LE. Visión: El ojo. En: Neurociencia. 5.ª ed. Sunderland: Sinauer Associates; 2011. págs. 242–269.
- [11] Hubel DH, Wiesel TN. Receptive fields and functional architecture of monkey striate cortex. J Physiol. 1968;195:215-243.
- [12] Hammond BR, Renzi-Hammond LM, Otto L, Barber AJ. Efectos de la suplementación con luteína/zeaxantina en la función cognitiva de adultos mayores que viven en la comunidad. Nutrients. 2021;13:1134.
- [13] Esquema del sistema visual (<https://www.clinicabaviera.com/blog/la-via-optica-sabes-que-es/>) (11/05/2025)
- [14] Young AR. Acute effects of UVR on human eyes and skin. Progress in Biophysics and Molecular Biology. 2006;92:80-85.
- [15] Sliney DH. Photokeratitis and photoconjunctivitis. J Occup Med. 1987;29:200-202.
- [16] Coroneo MT. Ultraviolet radiation and the anterior eye. Eye & Contact Lens. 2011;37(4):214-224.
- [17] Taylor HR, et al. The long-term effects of visible light on the eye. Arch Ophthalmol. 1992;110(1):99-104.
- [18] Berson DM, Dunn FA, Takao M. Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. Science. 2002;295(5557):1070-1073.
- [19] Brainard GC, Hanifin JP, Greeson JM, Byrne B, Glickman G, Gerner E. Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. J Neurosci. 2001;21(16):6405-6412.
- [20] Touitou Y, Touitou D, Reinberg A. Disruption of circadian rhythms by blue light at night. Chronobiol Int. 2020;37(3):434-447.
- [21] Wahl S, Engelhardt M, Schaupp P, Lappe C, Ivanov IV. The inner clock: Blue light sets the human rhythm. J Biophotonics. 2019;12(12):e201900102.
- [22] Organización Internacional de Normalización. ISO 8980-3:2013 Óptica oftálmica, lentes para gafas, sin cortar, terminadas. Parte 3: Especificaciones de transmitancia y métodos de ensayo. Ginebra: ISO; 2013.

- [23] Walsh JE, Bergmanson JP. Does the UV-absorbing contact lens protect the cornea from UV radiation?. *Optom Vis Sci.* 2018;95(7):600-606.
- [24] Hammond BR, Renzi LM, Sachak S, Brint SF. Efectos de las lentes intraoculares con filtro de luz azul en el rendimiento visual. *JAMA Ophthalmol.* 2019;137(7):755-760.
- [25] Wolffsohn JS, Sheppard AL, Vakani S, Dawkins S. Optimizing the manipulation of contrast sensitivity with colored filters. *Optom Vis Sci.* 2019;96(10):729-737.
- [26] Collin HB. Polarized light and the ocular surface. *Clin Exp Optom.* 2015;98(5):387-391.
- [27] Hecht E. Óptica. 4ª ed. San Francisco: Addison Wesley; 2002. Capítulo 27, Propiedades ópticas de los materiales.
- [28] Esquema interno del espectrorradiómetro LI-COR 1800 (<https://licor.app.boxenterprise.net/s/k8mr6zd0h6bjndwmqn6h>) figura 2-2 (p.13) (12/05/2025)
- [29] LI-COR Biosciences. *Manual del usuario del espectrorradiómetro LI-1800*. Lincoln, NE: LI-COR; 1989
- [30] Mark'envovy. 800020v1 ES 2024 Catalogo Digital [Internet]. 2024 [citado 18 mayo 2025]. Disponible en: [https://markenvovy.com/es/wp-content/uploads/sites/5/2024/04/800020v1\\_ES\\_2024\\_Catalogue\\_Digital.pdf](https://markenvovy.com/es/wp-content/uploads/sites/5/2024/04/800020v1_ES_2024_Catalogue_Digital.pdf)
- [31] Bausch & Lomb. Ultra One Day - Lentes de contacto diarias con protección UV [Internet]. Rochester, NY: Bausch & Lomb; 2023 [citado el 2025 May 18]. Disponible en: <https://ultraonedaybl.es/>
- [32] CooperVision. CooperVision Product Reference Guide [Internet]. Pleasanton, CA: CooperVision; 2024 Jul [citado el 2025 May 18]. Disponible en: <https://coopervision.com/sites/coopervision.com/files/media-document/coopervision-product-reference-guide-0724.pdf>
- [33] Comité Europeo de Normalización (CEN). *EN 207:2017. Equipos de protección ocular individual. Filtros y protectores oculares contra la radiación láser*. Bruselas: CEN; 2017.
- [34] ANSI/ISEA Z87.1-2020. American National Standard for Occupational and Educational Personal Eye and Face Protection Devices. Arlington, VA: ANSI; 2020