



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS

Grado en Óptica y Optometría

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADOTITULADO

TRANSMITANCIA ESPECTRAL DE LENTES OFTÁLMICAS POR DEBAJO DE LOS 500 NANÓMETROS.

Presentado por: Sara Casero González.

Tutelado por: Carlos Toledano Olmeda.

Tipo de TFG: Investigación.

En Valladolid a 29 de mayo de 2020.

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN	[página 4]
1.1. Espectro electromagnético	[página 4]
1.1.1. Tipos de rayo y ondas.....	[página 5]
1.1.2. Radiación ultravioleta en el ojo humano.....	[página 6]
1.1.3 Luz azul.....	[página 7]
1.2. Transmitancia de lentes oftálmicas	[página 8]
1.3. Objetivo del estudio.....	[página 9]
MATERIAL Y MÉTODO	[página 10]
2.1. Instrumentos utilizados	[página 10]
2.1.1. Tipos de lentes	[página 10]
2.1.2. Fuente de luz	[página 11]
2.1.3. Espectrorradiómetro	[página 12]
2.2. Proceso de medida de la transmitancia en diferentes lentes	[página 14]
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	[página 15]
3.1. Medida de la transmitancia en lentes tintadas.....	[página 15]
3.2 Medida de la transmitancia en lentes sin tinter.....	[página 16]
4. CONCLUSIONES	[página 20]
5. BIBLIOGRAFÍA	[página 21]

RESUMEN:

El objetivo de este trabajo de fin de grado, es obtener mediante medidas realizadas en el laboratorio de Óptica Atmosférica de la Universidad de Valladolid, el valor de la transmitancia en distintos tipos de lentes (adquiridas en establecimientos ópticos y en establecimientos no ópticos) dentro del espectro visible que abarca desde los 380nm a los 750nm. Nos vamos a centrar en la radiación UV y en la luz azul. Hablaremos de la luz azul, ya que estamos en una época en la que utilizamos muchas pantallas digitales que contienen esta radiación, advertiremos de las posibles causas nocivas que puede tener la luz azul.

Con las medidas de transmitancia espectral que hemos obtenido en el laboratorio, podremos sacar conclusiones, para así poder decidir y recomendar que tipo de lente es más adecuada para su uso frente a la radiación UV y si proporcionan filtrado para la luz azul.

SUMMARY:

The objective of this project is to obtain, through measurements carried out in the Atmospheric Optics laboratory of the University of Valladolid, the value of transmittance in different types of lenses (acquired in optical stores and in non-optical stores) within the spectrum visible ranging from 380nm to 750nm. We are going to focus on UV radiation, and on blue light.

We will talk about blue light, since we are in an era when we use many digital screens that contain this radiation, we will warn of the possible harmful causes that contain this radiation.

With the spectral transmittance measurements we have obtained in the laboratory, we will be able to draw conclusions, in order to be able to decide and recommend which type of lens is most suitable for use against UV radiation and whether they provide filtering for blue light.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Espectro electromagnético

El espectro electromagnético, es la agrupación de todas las longitudes de onda de la radiación electromagnética. Referido a un objeto es la radiación electromagnética que emite o absorbe una sustancia.[1]

El espectro, está dividido en distintas regiones (figura 1). Se extiende desde las radiaciones con menores longitudes de onda como son os rayos cósmicos, rayos gamma y los rayos c, transcurriendo por la radiación ultravioleta, radiación visible (que es la luz), radiación infrarroja, hasta las ondas electromagnéticas de mayor longitud de onda como las ondas de radio [2].

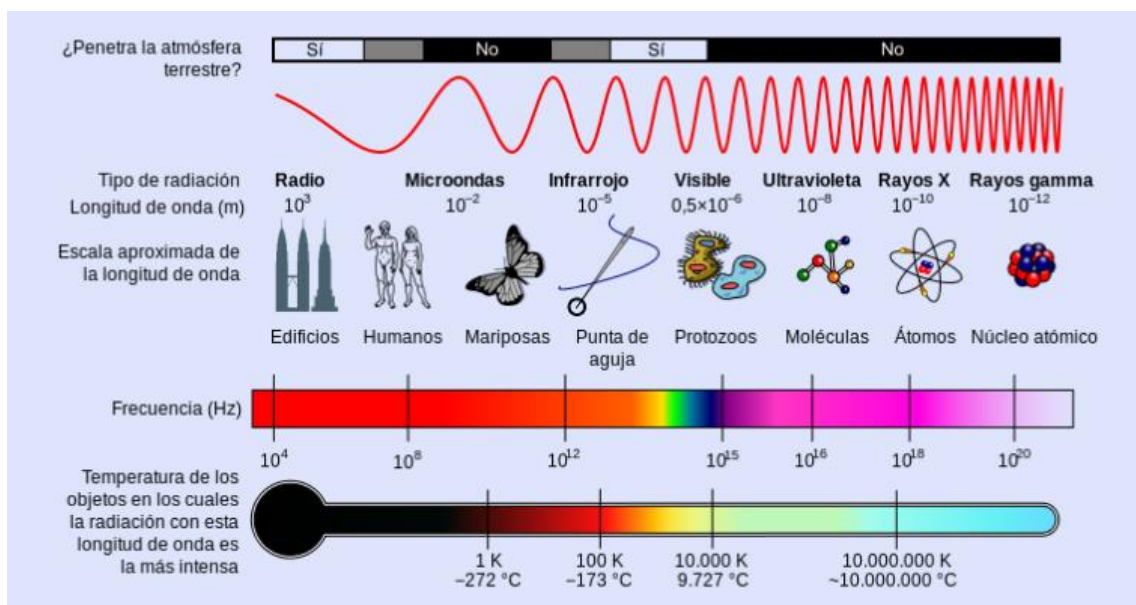


Figura 1: representación del espectro electromagnético. Fuente: meteo glosario aemet.

El espectro visible (figura 2), es la parte del espectro electromagnético que el ojo es capaz de percibir, lo que se llama dentro del espectro electromagnético radiación visible. El ojo humano percibirá longitudes de onda de 350 a 750nm.

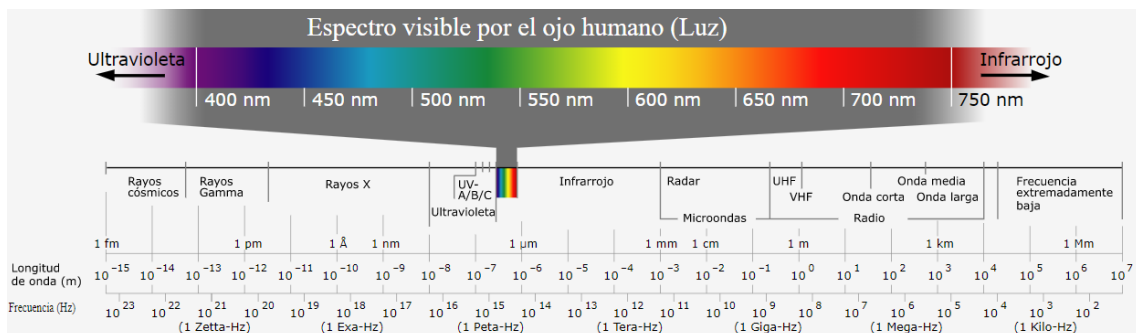


Figura 2: parte del espectro electromagnético que el ojo es capaz de percibir.

1.1.1 Tipos de rayos y ondas.

Una onda electromagnética, es una onda que no necesita un medio material para propagarse.

Dentro de éstas podemos encontrar rayos y ondas.

- **Rayos gamma**, es una radiación electromagnética formada por fotones, se produce por elementos radiactivos, tienen una alta energía que constituyen la radiación ionizante. Su penetración en la materia es muy alta. Estos rayos se producen en la descomposición radiactiva de numerosas sustancias. Se pueden utilizar en medicina nuclear y para exterminar bacterias e insectos en productos alimentarios.[3] [4] [5]
- **Rayos X**, son un tipo de radiación electromagnética ionizante de alta energía. Son invisibles y capaces de atravesar cuerpos opacos. La energía de estos rayos se encuentra entre la radiación ultravioleta y los rayos gamma. Tienen aplicación en medicina y para el estudio de la estructura cristalina.[6]
- **Rayos ultravioleta (UV)**, es una radiación que tiene una longitud de onda más corta que la luz visible, pero más larga que los rayos X. El sol emite estos rayos. Estos rayos son los responsables del bronceado de la piel, en altas dosis pueden ser perjudiciales.[7]
- **Luz visible**, es una parte pequeña del espectro electromagnético a la que el ojo humano es sensible. La luz visible está compuesta por longitudes de onda que van de 400nm a 700nm. Hay personas que son capaces de percibir desde 380nm hasta 780nm.
- **Radiación infrarroja**, es una radiación electromagnética y de radiación térmica cuya longitud de onda está comprendida entre 760-780nm, limita con el color rojo en la zona visible del espectro, hasta los 10000-15000nm, limitando con las microondas. Esta radiación es emitida por cualquier cuerpo cuya temperatura sea superior a 0K. Esta luz no es visible por el ojo humano, ya que es una radiación electromagnética. Se suelen utilizar en visión nocturna, teléfonos móviles, mandos...[8]
- **Radiación de microondas**, es una forma de radiación electromagnética no ionizante. Tiene características de radiación de cuerpo negro, tiene una frecuencia de 160,2GHz, correspondiéndose con una longitud de onda de 1,9mm. Esta radiación es producida por vibraciones de moléculas.[7]
- **Onda de radio**, es una perturbación física producida por un intercambio energético producido por fuerzas eléctricas y magnética que cambian periódicamente, desplazándose con el tiempo. Tienen una longitud de onda más larga que la luz infrarroja. Estas ondas pueden ser creadas de manera por fenómenos naturales como relámpagos, también pueden ser creadas de manera artificial. Son utilizadas para comunicaciones.[7]

1.1.2 Radiación ultravioleta en el ojo humano.

La radiación ultravioleta, es una radiación nociva para el ojo. Esta radiación comprende las longitudes de onda entre 180nm-380nm.

El epitelio corneal y conjuntival, absorben virtualmente toda la radiación UV de menor longitud de onda que 290nm. Una exposición prolongada causa daño al epitelio.

La radiación UV, son rayos invisibles al ojo humano, que provienen del sol. La radiación UV está dividida en tres tipos: UV A, UV B, UV C.

- **UV C o lejano**, comprende las longitudes de onda entre 180nm y 280nm. Esta radiación del sol es absorbida por el ozono de la atmósfera y no supone peligro a nivel ocular. También es producida por fuentes artificiales, que deben ser manejadas con protocolos estrictos y elementos de protección.
- **UV B o medio**, comprende las longitudes de onda entre 280nm y 315nm. Es la más perjudicial y principal responsable del daño ocular. El máximo de absorción en la córnea sucede en torno a los 280nm.
- **UV A o cercano**, comprende las longitudes de onda entre 315nm y 380nm. Esta radiación es la de menor energía, pero es la que posee mayor poder de penetración hacia los tejidos internos del ojo. La absorción de UV A por parte del cristalino puede producir cataratas.[9]

espectro	Tejido afectado	Lugar de absorción	Naturaleza del daño
UV C,B	párpado	piel	Melanoma maligno/ carcinomas
UV C,B	conjuntiva	epitelio	Fotoqueratoconjuntivitis/pinguécula/ptirigion
UV C, B	cornea	epitelio	Fotoqueratitis/opacidades
UV C, B	cornea	Bowman y estroma anterior	Degeneración esfenoidal
UV B	cornea	endotelio	Disminución del número de células
UV A, B	cristalino	núcleo	cataratas

Tabla 1: nos muestra las distintas radiaciones y los daños que causan.

Estas radiaciones son emitidas en grandes cantidades por el sol y, aunque en gran parte son filtrados por la atmósfera, es conveniente protegerse de ellas ya que en condiciones diferentes de las habituales (por ejemplo, en lugares de alta montaña) pueden producir lesiones oculares.

Es fundamental que las personas protejan sus ojos, sobre todo aquellas que pasan mucho tiempo expuestas al aire libre. El daño se puede evitar con lentes que tengan filtros para la radiación ultravioleta. Estas lentes pueden contar con protección normal o protección especializada.

Se tiene que evitar utilizar lentes sin protección certificada, y más aún si son oscuros, porque existe mayor riesgo de daño, ya que la pupila se dilata y entra más radiación al ojo.

1.1.3 La luz azul

La luz azul, es la parte de la luz visible, la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir. Esta luz es emitida por fuentes naturales como el sol, y también por fuentes artificiales como los dispositivos electrónicos.

Existen dos tipos de luz azul:

- **Luz azul turquesa**, tiene la longitud de onda más larga de 450nm hasta 500nm. Esta luz es la responsable de la regulación de los ritmos circadianos.
- **Luz azul violeta**, es la parte con más energía ya que una parte se solapa con la radiación ultravioleta. Su longitud de onda va desde los 380nm hasta los 450nm.

Se ha demostrado, que la luz azul es nociva para el ojo humano, pudiendo causar problemas a corto y largo plazo, entre estos problemas podemos señalar cansancio y estrés visual. La gran energía de este tipo de luz puede dañar la retina provocando degeneración macular asociada a la edad (DMAE). Se sospecha que esta luz al igual que la radiación UV ayuda a la formación de cataratas.[10]

Puede alterar el ciclo de sueño/vigilia, ya que una prolongada exposición puede interferir en la producción de la hormona melatonina, produciendo un estado de vigilia más prolongado.

Hay diferentes estudios, que dicen que la luz azul también tiene algunos efectos beneficiosos. Según estos estudios, la luz azul nos activa e incrementa la producción de dopamina. También sirve para que el cerebro sincronice nuestro reloj biológico.

La luz azul tiene efectos negativos y positivos, y por tanto hay que aprender a usar la luz adecuada para cada hora del día.

Existen filtros para protegernos de la luz azul, estos filtros reducen entre el 15% y el 20% la intensidad de la luz azul. Estos filtros hacen que las agresiones a nuestra retina sean menores, y evitan los efectos sobre la secreción de

melatonina. Algunos dispositivos móviles incluyen ya un modo nocturno con menor emisión de luz azul de las pantallas.

1.2. Transmitancia de lentes oftálmicas.

- **Transmitancia.**

La transmitancia, se define como la cantidad de energía que atraviesa un cuerpo en determinada cantidad de tiempo. Aunque se puede definir la transmitancia como un parámetro único para todo el espectro visible, nosotros nos vamos a centrar en la transmitancia espectral.

La transmitancia espectral, es la cantidad de radiación que atraviesa un cuerpo a una determinada longitud de onda. Cuando la luz incide sobre un cuerpo translúcido, una parte de esa luz es absorbida por el mismo, y otra fracción de esa parte de luz podrá atravesar el cuerpo. Se mide con un espectrorradiómetro. Con la siguiente expresión podemos obtener la transmitancia óptica de un objeto:

$$T = I/I_0$$

En este trabajo, la expresión de la transmitancia espectral la vamos a utilizar en función de la longitud de onda, ya que las medidas que hemos realizado son de transmitancia espectral.

$$T(\lambda) = I(\lambda)/I_0(\lambda)$$

- **Transmitancia en lentes oftálmicas.**

Las lentes de protección, deben cumplir dos requisitos muy importantes:

- Absorber la radiación ultravioleta.
- Disminuir la intensidad de la luz, para que el deslumbramiento sea mínimo.

El grado de absorción de la radiación ultravioleta, depende del material de la lente. Los materiales más utilizados son: orgánico, policarbonato y mineral. Aunque el material mineral actualmente, en pocos casos lo vamos a encontrar. Las lentes de policarbonato y orgánicas, son las lentes que más grado de absorción tienen, si las colocamos de mayor a menor grado de absorción sería en primer lugar lentes de policarbonato (380nm), en segundo lugar, lentes orgánicas (350nm) y en el último lugar lentes minerales (corte UVA 330nm).[9]

El color de la lente, depende de la transmitancia espectral para las longitudes de onda del espectro visible, y no de la transmitancia en la zona UV, a la que es insensible el sistema visual humano.

El tipo de tinción de las lentes, va a influir en la transmitancia y en el grado de absorción del UV.

Cuánto más oscura es una lente, más nos va a proteger de la radiación, pero esto puede ser perjudicial en determinados días, como por ejemplo en un día con niebla, al atardecer o al amanecer, ya que se produce un cambio de visión fotópica a mesópica, y esto puede provocar cambios en la agudeza visual y dificultad en identificar colores. Se recomiendan un tipo u otro de lentes, dependiendo de la actividad que se vaya a realizar.[9]

1.3. Objetivos del trabajo.

La principal meta del estudio es la medida de la transmitancia de la radiación UV y la luz azul (que abarca desde los 380nm hasta los 500nm en el espectro electromagnético), en diferentes tipos de lentes.

El ojo no bloquea bien la luz azul, pero la córnea y el cristalino son muy eficaces en bloquear el ultravioleta. Aun teniendo estas estructuras que nos protegen, a la retina sigue llegando un uno por ciento, por eso es muy importante la protección ocular.

Nos vamos a fijar principalmente en la importancia que hay en proteger los ojos ante estas radiaciones, ya que, si no nos protegemos, estas radiaciones pueden resultar nocivas. En el estudio hemos utilizado diferentes lentes, de las que en principio se presume que son seguras, es decir, que protegen de la radiación UV.

En la época en la que estamos, utilizamos muchas pantallas (móviles, ordenadores, tabletas...) y siempre escuchamos que la luz azul es nociva y que procede de estos dispositivos digitales. La luz azul, es una parte del espectro visible que abarca de los 400nm a 500nm aproximadamente, se acerca a la parte más energética del espectro [10].

Esta luz contribuye además a la fatiga ocular, porque se dispersa más fácilmente que otros tipos de luces, por lo que nos cuesta más enfocarla. Las lentes con tratamiento para la luz azul, hacen que podamos ver con mayor contraste y así poder relajar nuestro cristalino, para que el cerebro interprete las letras más enfocadas.

Aunque nos "vendan" que la luz azul es muy nociva, esto todavía no es 100% seguro.

2. MATERIAL Y MÉTODO.

2.1. Instrumentos utilizados.

Para realizar este trabajo, hemos utilizado diferentes materiales, entre ellos podemos encontrar diferentes tipos de lentes (figura 3), una fuente de luz, y el más importante, un espectrorradiómetro.

2.1.1. Tipos de lentes.

En este trabajo utilizamos diferentes tipos de lentes.

- **Lentes oftálmicas**, estas lentes son transparentes y están formadas por dos superficies, en la que al menos una superficie está curvada, gracias a esta curvatura los rayos de luz que atraviesan la lente se desvían formando una imagen en un lugar distinto al que se habría formado sin lente. Estas lentes se suelen utilizar para problemas visuales como miopía, hipermetropía, astigmatismo y presbicia.
- **Lentes de sol**, estas lentes suelen estar coloreadas u oscurecidas, se utilizan para proteger los ojos de la luz molesta y el deslumbramiento, estas lentes suelen tener distintos niveles de bloqueo a los rayos ultravioletas.[9]

Dentro de este tipo de lente, podemos encontrar distintos tratamientos para el sol:

Coloreado, se tinte la lente para proteger al ojo de la luz solar, podemos encontrar diferentes tonos como grises, verdes o marrones, estos tonos se suelen utilizar para un uso general o para conducir o para deportes al aire libre. También podemos encontrar lentes rojas, naranjas, amarillas, azules o violetas, que por su distorsión de los colores tienen usos específicos como para practicar deportes como el golf o la caza o para pacientes de baja visión.

Polarizado, este tratamiento elimina el deslumbramiento. Consta de una lámina integrada en la superficie de la lente, que separa la luz útil de la perjudicial, eliminando la componente horizontal de los reflejos polarizados que ocasionan el deslumbramiento.

Fotocromático, este tratamiento hace que las lentes se oscurezcan cuando la luz del sol incide sobre la lente, y se aclaran en ausencia de la luz solar. Según la incidencia que reciban las lentes se aclararán u oscurecerán más o menos. La suelen utilizar personas con patologías como cataratas o degeneración macular.



Figura 3: en la que se muestra los diferentes tipos de lentes que hemos utilizado.

2.1.2 Fuente de luz.

La fuente de luz que hemos utilizado, es una lámpara tipo FEL¹. Esta lámpara, es una lámpara halógena de cuarzo de 1000 vatios de potencia, que está compuesta por un filamento de Wolframio dentro de un gas inerte y una pequeña cantidad de halógeno que puede ser yodo o bromo. La temperatura de manejo de esta lámpara es mucho mayor que la de una lámpara convencional, por lo que se ha sustituido el vidrio normal, por un vidrio de cuarzo, ya que resiste mejor las altas temperaturas, lo cual además permite obtener una mayor cantidad de luz ultravioleta. Su longitud de onda de máxima emisión va de 400-600nm.[11]

Esta lámpara es alimentada con una fuente de alimentación Newport (figura 4), que proporciona 8,2 amperios de corriente estabilizada a la lámpara. Esta lámpara, está montada sobre un soporte regulable para que pueda ser fijada al banco óptico y alineada adecuadamente en el laboratorio.

¹ FEL no es un acrónimo, sino que es una designación del Instituto Americano de Normas Nacionales (ANSI).

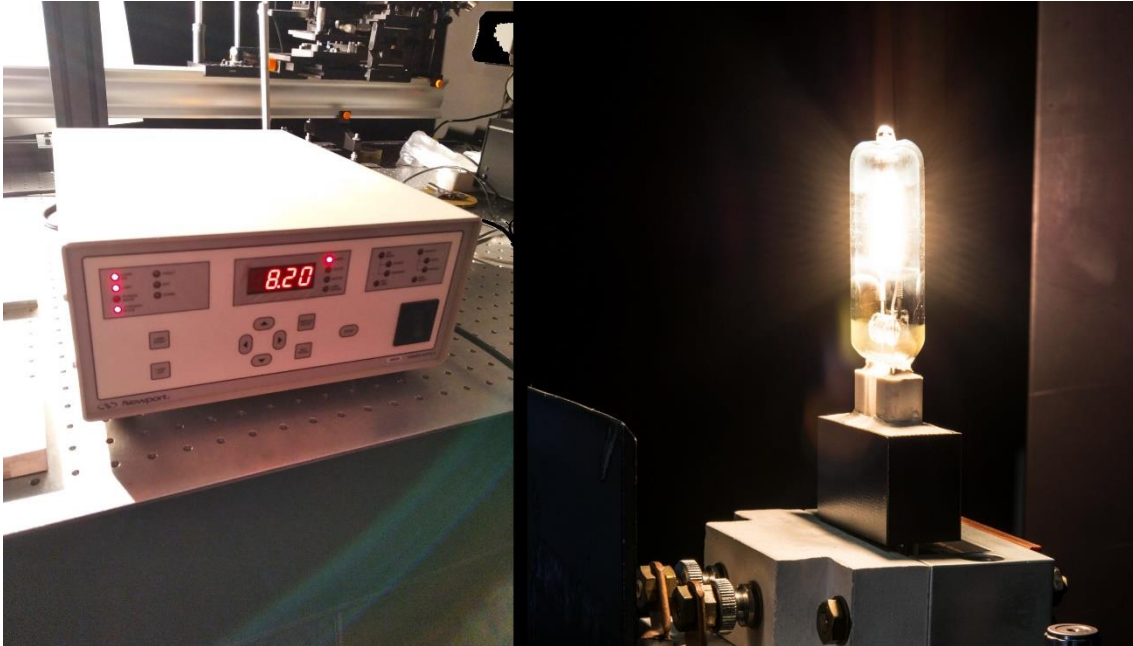


Figura 4: en la imagen de la izquierda podemos observar el alimentador Network, y en la imagen de la derecha la lámpara FEL.

2.1.3 Espectrorradiómetro.

Para realizar este trabajo, el espectrorradiómetro ha sido el instrumento principal. Hemos utilizado un Field Spec Pro de la casa Analytical Spectral Devices (ASD) (figura 7), cuyo rango espectral de medida es de 350 a 2500nm, con una resolución espectral de unos 3nm aproximadamente [12]. El espectrorradiómetro, es un aparato que está compuesto por un conjunto de módulos altamente configurables que facilitan su uso en todo tipo de sistemas ópticos.[13]

Nuestro montaje experimental lo componen una fuente de luz muy intensa (la lámpara FEL) (figura 4), un apoyo para colocar las lentes sueltas o gafas, y a continuación un receptor de energía luminosa que está conectado con una fibra óptica (figura 5) al espectrorradiómetro ASD, sistema que nos va a dar información de la radiación espectral que ha traspasado la lente. Todo esto se monta sobre un banco óptico para permitir su alineación. Los datos obtenidos van a un ordenador que guarda la información obtenida.

El espectrorradiómetro, separa espectralmente la radiación que llega por la fibra óptica y mide la intensidad en las diferentes longitudes de onda.



Figura 5: montaje del instrumento.



Figura 6: montaje del instrumento



Figura7: espectrorradiómetro ASD.

2.2. Proceso de la medida de la transmitancia en diferentes lentes.

La medida de la transmitancia en diferentes lentes, se realizó en un laboratorio radiométrico adecuado, ya que esta medida no se puede realizar en cualquier sitio por la peligrosidad de la fuente de luz utilizada.

Todas las personas presentes en el laboratorio, obligatoriamente tienen que utilizar gafas de seguridad, ya que la fuente de luz emite una considerable cantidad de radiación ultravioleta, y si no se usa protección puede causar daños en los ojos. Solo estaba encendida la fuente de luz, las demás luces deben de estar apagadas para no alterar el experimento. La fuente de luz emite desde el UV hasta el infrarrojo.

Antes de comenzar a realizar las medidas, es muy importante que el instrumento esté bien estabilizado, para poder obtener los resultados lo más exactos posibles. Por ello se enciende unos 20 minutos antes de iniciar las medidas.

Una vez estabilizado, se coloca la lente o la gafa en el soporte, y una vez que haya llegado la información al ordenador la retiramos. A continuación, realizamos una medida sin lente. Una vez que tenemos estos datos, procedemos a realizar los cálculos de la transmitancia espectral. Para ello se realiza un cociente entre los valores de la radiación espectral obtenidos con la lente y la medida obtenida de la lámpara FEL sin lente, y así obtendremos la transmitancia espectral. Al tratarse de un cociente el resultado no tiene unidades.

Una vez realizados los cálculos, pasamos a una gráfica los resultados obtenidos y en los que se representa en el eje X la longitud de onda y en el eje Y la transmitancia espectral. Esta gráfica permite analizar en qué medida cada lente de las que hemos utilizado absorbe o transmite radiación para cada longitud de onda.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En esta parte del trabajo, vamos a explicar las distintas gráficas y resultados que hemos obtenido de las diferentes lentes.

Primero vamos a explicar la medida de la transmitancia obtenida en las lentes tintadas y a continuación en las lentes sin tintar.

3.1. Medida de la transmitancia en lentes tintadas.

Las lentes tintadas, tienen como función la protección de los ojos frente a las radiaciones nocivas, estas lentes absorben las radiaciones en una longitud de onda determinada.

Vamos a empezar, con unas gafas de sol de la conocida marca Ray-Ban (lente nº16), que asegura la protección hasta los 400nm. Son unas gafas de coloración oscura, que como todas las gafas de sol deben de proteger de la radiación UV. Si examinamos la gráfica (figura 7), podemos observar cómo nos protege de la radiación más nociva, aunque no nos protege del todo ya que a partir de los 395nm empieza a transmitir una pequeña cantidad. Por lo tanto, eso de que asegura protección hasta los 400nm no es del todo cierto. Tampoco elimina la luz azul por debajo de 450nm, ya que permite aproximadamente un 0.1 (ó 10%) de transmitancia hasta los 500nm.

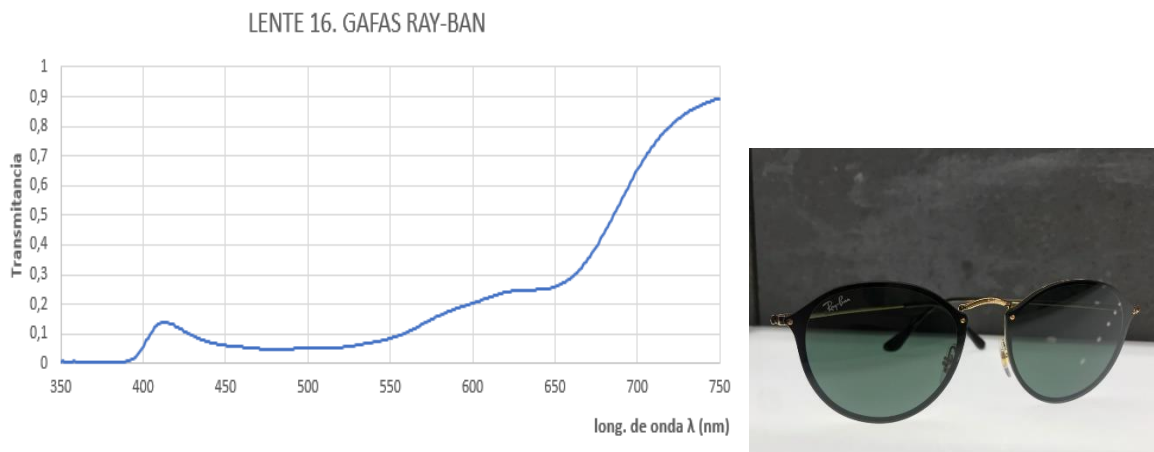


Figura 8: gráfica e imagen de lentes Ray-Ban.

Las siguientes gafas (lente nº 15), fueron adquiridas en un establecimiento no óptico. En la gráfica de la figura 9, podemos observar que nos protege de las longitudes de onda corta y absorbe completamente la radiación hasta los 400nm. Las pequeñas desviaciones que se observan por debajo de 400nm quedan dentro del error del instrumento. A partir de los 400nm, podemos observar como empieza a transmitir radiación en la que poco a poco va aumentando a lo largo del rango visible.

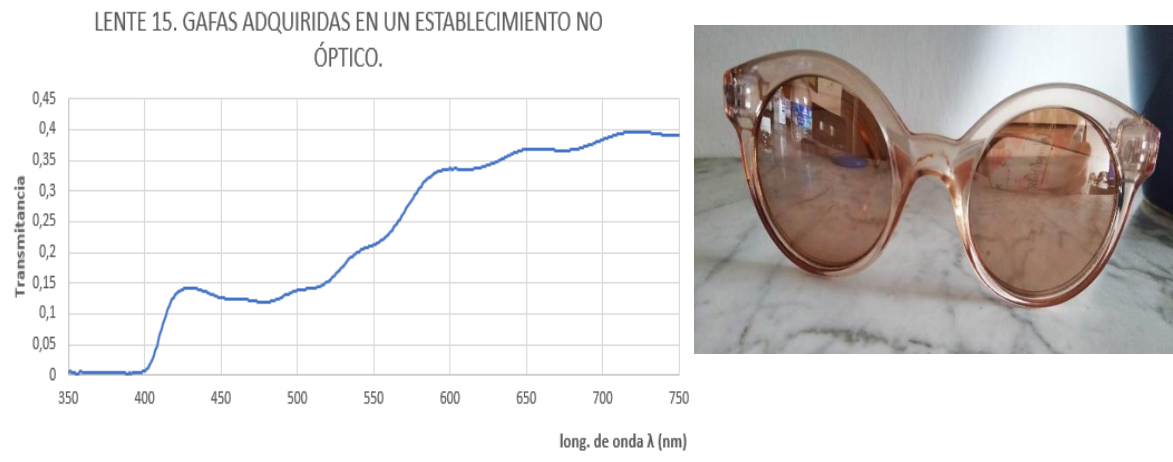


Figura 9: gráfica e imagen de lentes adquiridas en un establecimiento no óptico.

La siguiente lente que vamos a ver (lente nº8), es un talco de una lente polarizada. La función de este tipo de lentes es la de suprimir la reflexión de la luz en una superficie reflectante, para dar una mayor comodidad al usuario. En la gráfica podemos apreciar que absorbe el espectro UV, y que a partir de los 410nm aproximadamente, empieza a transmitir radiación, que poco a poco va aumentando (figura 10) a lo largo del rango visible.

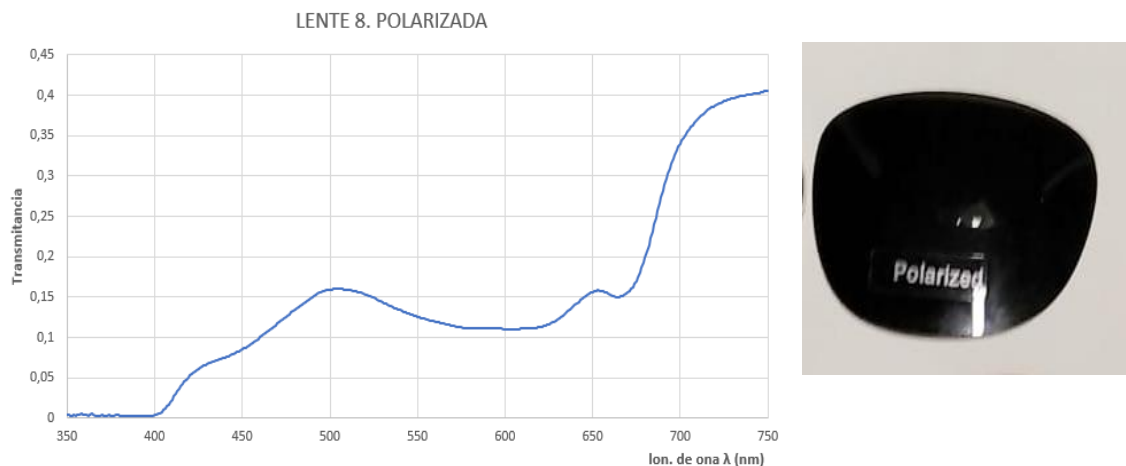


Figura 10: gráfica e imagen de lente polarizada.

3.2. Medida de la transmitancia en lentes sin tintar.

En esta parte del trabajo, vamos a ver la transmitancia en lentes sin tintar, es decir transparentes.

La siguiente lente estudiada (lente nº1), es una lente oftálmica normal, sin ningún tratamiento excepto tratamiento antirreflejante, que hoy en día lo llevan la mayoría de las lentes.

Observando la gráfica de la figura 11, podemos ver que no protege de la radiación UVA, ya que es una lente que deja pasar hasta el 80% en este rango, es prácticamente transparente. A partir de los 350nm empieza a transmitir un 10% de radiación, pero esta transmisión como podemos apreciar va aumentando cada vez más hasta llegar aproximadamente a un 80% en los 380nm. Esta transmitancia se mantiene en todo el rango visible.

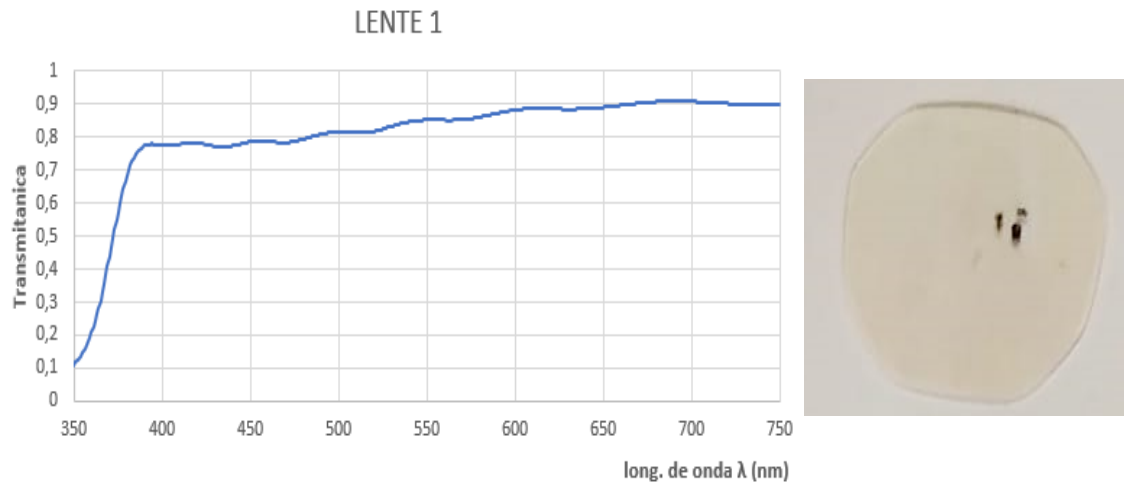


Figura 11: gráfica e imagen de la lente correspondiente a la gráfica.

La siguiente lente (nº3), es una lente del laboratorio Essilor. En la gráfica de la figura 12, se puede observar que no protege adecuadamente de la radiación UVA, ya que a partir de los 350nm empieza a transmitir radiación, esta transmisión va aumentando poco a poco y llega a un 75% aproximadamente en 450nm. Por lo que se puede observar en la gráfica (figura 12), esta lente no lleva un filtro adecuado ni para el UV ni para la luz azul, ya que la longitud de onda de la luz azul abarca aproximadamente desde los 450-490nm, y como se puede apreciar en la gráfica la transmisión en esas longitudes de onda es muy alta.

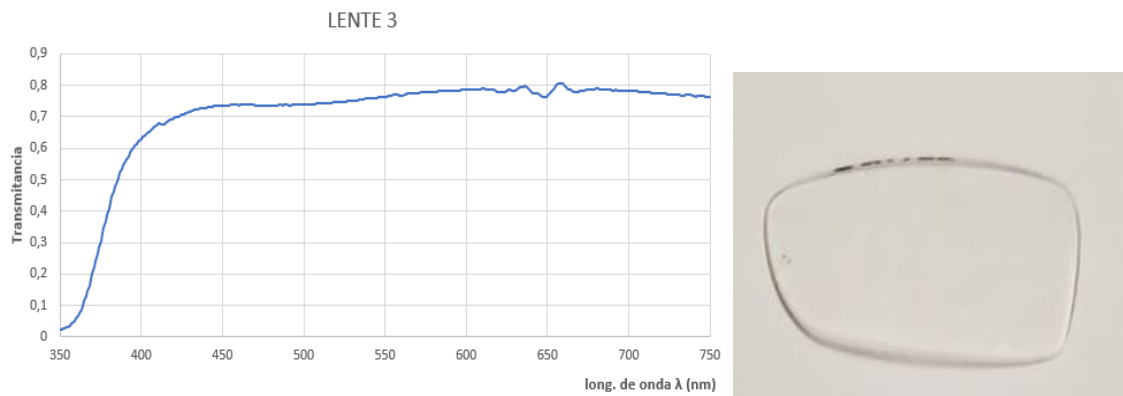


Figura 12: gráfica e imagen de la lente correspondiente a la gráfica.

En esta lente (nº5), también podemos observar cómo la lente no nos protege de la radiación UVA, y que tampoco lleva filtro para la luz azul. En esta lente podemos ver (figura 13) cómo la transmisión es más elevada ya que en 400nm transmite un 85%, como podemos observar en 600nm su transmisión es casi del 100%.

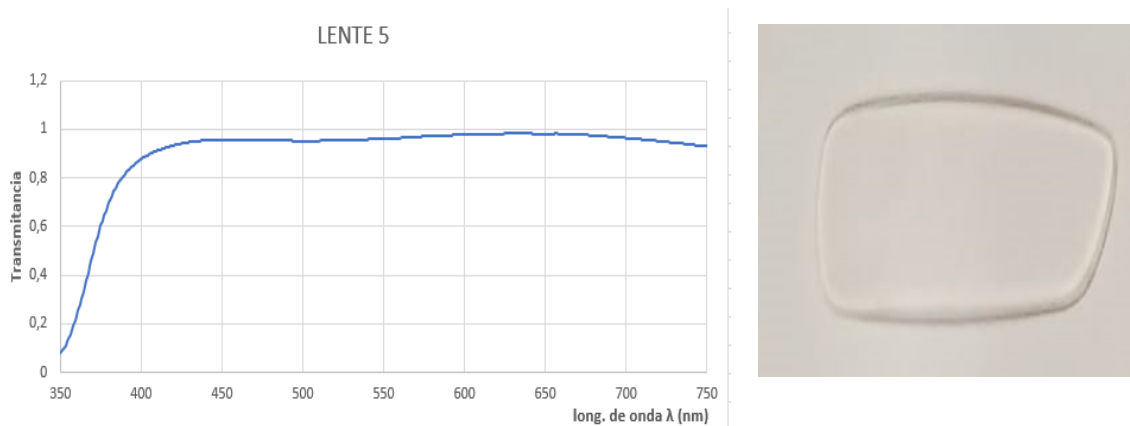


Figura 13: gráfica correspondiente a la lente.

El principal objetivo de estudio de este trabajo ha sido la medida de la transmitancia espectral en el rango visible (350-750nm), con énfasis en la radiación por debajo de 500nm ya que este es el rango que llega al ojo humano y puede ocasionar daños.

En este estudio, hemos utilizado distintos tipos de lentes, tanto tintadas como sin tinter. Los verdaderos valores de la transmitancia deberían incluirse en las especificaciones de los fabricantes, como ocurre con algunas lentes, ya que no todos los fabricantes ponen el valor verdadero. Como podemos ver en los resultados existen diferencias entre unas lentes y otras. De las lentes que hemos medido las que más protegen de la radiación ultravioleta son la lente 2, 8 y 16. Sin embargo, hay que tener en cuenta el material y la tinción de las lentes ya que esto va a influir en los valores de la transmitancia, sobre todo en el rango visible. En el UV ninguna debería transmitir, pero como vemos esto no es cierto en los casos analizados. Tampoco hemos medido ninguna lente con un filtro de luz azul.

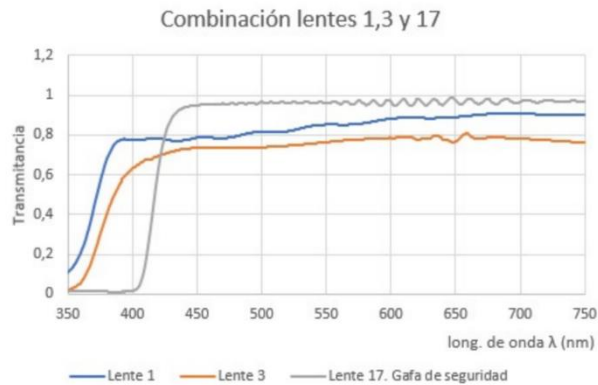


Figura 14: combinación sin tintar.

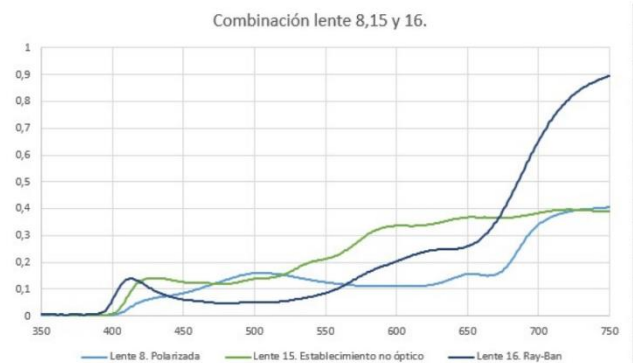


Figura 15: combinación lentes tintadas.

En la figura 14, vemos en la gráfica una combinación de lentes sin tintar. Podemos observar que las lentes nº1 y nº3, no nos protegen de la radiación ultravioleta, pero si nos fijamos en la lente nº17 (gafa de seguridad), podemos observar que sí nos protege de la radiación nociva ya que su transmitancia es cero hasta llegar aproximadamente a los 404nm, que ahí ya empieza a transmitir radiación y va aumentando aproximadamente hasta el 100% en los 450nm. Es muy importante que las gafas de seguridad del laboratorio, cumplan ciertos requisitos y nos protejan de la radiación nociva, ya que las lámparas utilizadas son muy potentes y pueden causar daños oculares.

En la figura 15, tenemos una combinación de lentes tintadas adquiridas en un establecimiento óptico (lentes 8 y 16) y en un establecimiento no óptico (lente 15). Observamos en la gráfica, que las tres lentes, nos protegen de la radiación UV, pero hay que destacar que la lente Ray-Ban (nº16) empieza a transmitir radiación mucho antes que la lente adquirida en un establecimiento no óptico (nº15), por lo que no es del todo cierto que la lente nº16 nos protege hasta los 400nm. También podemos ver, que a partir de los 470nm (parte del espectro que contiene luz azul) la lente adquirida en un establecimiento no óptico(nº15), nos protege más de la luz azul que la lente polarizada (nº8).

Tenemos que considerar, que, en la toma de los valores, puede existir algún pequeño error, debido a que la sensibilidad del instrumento es baja en la región UV. Hay diversos factores que afectan a la precisión de la transmitancia, como una incorrecta alineación del banco óptico, no colocar bien la lente o que focalice, luz residual, inestabilidad en la fuente de luz o en el instrumento. Estas pueden influir o producir cierto ruido en los valores.

4. CONCLUSIONES

Dentro del espectro electromagnético, el ojo humano percibe longitudes de onda que van desde 350 a 750nm, esta parte de espectro es lo que se conoce como espectro visible. En el espectro visible, encontramos dos radiaciones nocivas para el ojo humano, que son la radiación ultravioleta y la luz azul.

Las lentes de protección deben cumplir dos requisitos: absorber la radiación ultravioleta y disminuir la intensidad de la luz. Estos dos requisitos van a depender del material del que esté fabricada la lente, también influye el tipo de coloración que tenga. Dependiendo de las tareas que se vayan a realizar se recomienda un tipo de lente u otro.

Hemos podido medir varias lentes no tintadas que no filtran adecuadamente el UV y la luz azul. En lentes orgánicas no tintadas como las analizadas, es difícil que nos podamos proteger de la radiación UV. La empresa de lente Zeiss ha dado un paso en la fabricación de sus lentes y han diseñado lentes que ofrecen una protección UV total.[14]

En cuanto a las lentes tintadas, es muy importante que, al comprar unas lentes, lo hagamos en un establecimiento autorizado bajo la supervisión de un especialista, ya que las lentes son un producto sanitario y necesitan una serie de controles. Por ejemplo, cuando adquirimos unas lentes de sol lo que ocurre es que la pupila se dilata y los rayos de luz penetran más en nuestros ojos ocasionando daños en el sistema visual si el filtro de luz UV no es correcto. Entre las lentes tintadas que hemos medido, todas protegen adecuadamente del ultravioleta.

Por último, hemos podido comprobar que las gafas de seguridad del laboratorio a pesar de que sean en apariencia transparentes, llevan un filtro que nos protege de la radiación UV. Es muy importante que las gafas de seguridad de los laboratorios nos protejan verdaderamente, ya que un laboratorio se utiliza lámparas con alta potencia, máquinas que emiten mucha radiación etc. Esto puede ocasionar graves daños oculares. Este tipo de gafas, aparte de protegernos de la radiación UV nos tienen que proporcionar una buena visión.

5. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Agencia Estatal de Meteorología. Interpretación: Espectro electromagnético. Disponible en: https://meteoglosario.aemet.es/es/termino/355_espectro-electromagnetico (19 de Marzo de 2020).
- [2] Villasuso J. Ondas electromagnéticas. Disponible en: http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicaInteractiva/Ondasbachillerato/ondasEM/ondasEleMag_indice.htm (22 de Marzo de 2020).
- [3] Plank R; Empleo de radiaciones ionizantes; En: Plank R; El empleo del frío en la industria de la alimentación; Barcelona: Editorial Reverté; 1963: Pag. 131.
- [4] EcuRed. Rayos gamma. Disponible en: https://www.ecured.cu/Rayos_gamma (22 de Marzo de 2020).
- [5] Kane JW, Sternheim MM; Radiación ionizante; En: Kane JW, Sternheim MM; Física; Barcelona: Editorial Reverté; 2007: segunda edición, pag. 721.
- [6] National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering. Rayos X. Disponible en: <https://www.nibib.nih.gov/espanol/temas-cientificos/rayos-x> (22 de Marzo de 2020).
- [7] Tipos de ondas electromagnéticas. Disponible en: <https://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99/ed99-0504-01/tipos-ondas.html> (22 de Marzo de 2020).
- [8] Sendra F, Martínez M. Radiación infrarroja. Disponible en: <http://files.sld.cu/rehabilitacion-fis/files/2010/11/radiacion-infrarroja.pdf> (23 de Marzo de 2020).
- [9] Caum J, Doménech B, Flores JR, Fransoy M, Guisasola L, Hernández C, Illueca C, Lupón M, Martínez JA, Royo S, Salvadó Francesc, Salvadó J, Seguí MM, Vera LM; Lentes de protección a radiaciones; Tecnología óptica lentes oftálmicas, diseño y adaptación; Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL; 2001: Pag. 232.
- [10] Alain Afflelou. Luz azul. Disponible en : <https://www.afflelou.es/blog/salud-visual/luz-azul-pantallas/> (17 de Mayo de 2020).
- [11] Instituto de Astrofísica de Canarias. Espectrorradiómetro. Disponible en: <https://www.iac.es/es/ciencia-y-tecnologia/tecnologia/medios-tecnicos/espectrorradiometro> (28 de Marzo de 2020).
- [12] FieldSpec Pro, User's guide. Analytical Spectral Devices, Inc. Boulder, CO (2002).
- [13] National Institute of Standards and Technology. Disponible en: <https://www.nist.gov/news-events/news/2017/11/lights-camera-calibrate-improving-space-cameras-better-model-ultra-bright> (7 de Abril de 2020).
- [14] TicBeat. Tecnología de las lentes Zeiss: protección UV total en tus gafas. Disponible en: <https://www.ticbeat.com/salud/la-tecnologia-de-las-lentes-zeiss-proteccion-uv-total-en-tus-gafas/> (17 de Mayo de 2020).
- [15] Smick, Kirk; Villette, Thierry (2013). «Blue light hazard: New knowledge, new approaches to maintaining ocular health» . Informe de mesa redonda (USA: Essilor of America).