



**Universidad de Valladolid**

FACULTAD DE CIENCIAS

# **Grado en Óptica y Optometría**

MEMORIA TRABAJO FIN DE GRADO TITULADO

Medida de la transmitancia del ultravioleta en lentes de  
contacto

Presentado por: Iván Sacristán de la Fuente

Tutelado por: Prof. Dr. S. Mar Sardaña

Tipo de TFG: Revisión bibliográfica

En Valladolid a, 9 de Junio de 2014

Sacristán I. Medida de la transmitancia del UV en lentes de contacto.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	[5]
HIPÓTESIS .....	[9]
OBJETIVO.....	[11]
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	[13]
DISEÑO EXPERIMENTAL .....	[19]
CONCLUSIÓN .....	[23]
BIBLIOGRAFÍA .....	[25]

Sacristán I. Medida de la transmitancia del UV en lentes de contacto.

## 1. Introducción.

La luz es aquella parte de las ondas electromagnéticas que permite estimular los receptores visuales de la retina, produciendo una sensación visual.

La energía que procede del Sol se denomina energía radiante y está formada por un conjunto de radiaciones. Estas radiaciones se transmiten por un movimiento ondulatorio. Este movimiento se caracteriza por la longitud de onda.

La longitud de onda es un parámetro muy característico, ya que define el tipo de radiación. Determinará si una radiación puede ser nociva, si dará percepción de color,... etc. Este parámetro de la energía radiante se expresa habitualmente en nanómetros ( $10^{-9}$  m), observándose que se habla de longitudes muy pequeñas.

En función de la longitud de onda, el espectro de energía radiante podemos agruparlo en rayos cósmicos, rayos gamma, rayos X, ultravioleta, visible, infrarrojo, radar, FM, televisión y onda corta.

La mayoría de estas radiaciones son producidas por el sol, algunas de ellas teniendo efectos letales sobre la superficie terrestre, pero debido a la atmósfera, hasta nosotros solo llegan radiaciones cósmicas, ultravioletas, infrarrojas y visibles, comprendidas entre los 290nm y los 20000nm, siendo absorbidas las radiaciones peligrosas (las menores a 290nm).<sup>[1]</sup>

La ley de Draper establece que para que una radiación tenga efecto sobre la materia la cual atraviesa, es necesario que sea absorbida por la misma. La radiación no tiene ningún efecto (ni benéfico, ni perjudicial) sobre la materia que atraviesa, si es completamente transmitida o completamente reflejada. Por ejemplo, la radiación visible causa la sensación de visión porque es absorbida por los fotopigmentos de la retina.<sup>[2]</sup>

### Radiaciones visibles

Estas radiaciones visibles están comprendidas entre 380nm y 760nm. Esta banda se denomina espectro visible y se caracterizan por producir sensación visual. En función de la longitud de onda de estas radiaciones se pueden observar los distintos colores

### Radiaciones nocivas

Dentro del espectro de las radiaciones electromagnéticas, las más próximas al espectro visible, el ultravioleta y el infrarrojo, son de especial importancia por sus posibles efectos nocivos, al igual que los rayos X, que producirían sobre el órgano de la visión. Por ello es importante pensar en utilizar algún tipo de protección cuando se trabaja con fuentes de energía que emiten estas radiaciones.

La propia anatomía ocular, igual que ocurre con muchos sistemas del cuerpo humano, tiene la capacidad de defenderse de las radiaciones más perjudiciales, como es la UV, evitando que lleguen a la retina, que es la parte más sensible de nuestro ojo y una prolongación del sistema nervioso central.

Para lograrlo, entre la córnea y el cristalino se reparten el trabajo, teniendo en cuenta también a los párpados y pestañas, de absorber cada una

un determinado rango de longitudes de onda. Aun así, una pequeña parte de estas radiaciones llega, inevitablemente, hasta la retina. Por esto es sumamente importante proteger nuestros ojos contra la radiación UV.

También se ha estudiado <sup>[3]</sup> la capacidad de la película lagrimal de absorber luz en el intervalo de radiación de 230 a 400 nm, intervalo que corresponde con las radiaciones UV B y UV A, aproximadamente. Esto es debido a la cantidad de antioxidantes que forman parte de la película lagrimal, que actúan de barrera contra los agentes dañinos, como las especies reactivas del oxígeno producidas por la radiación UV. Con la edad esta secreción de antioxidantes en la lágrima decrece, perjudicando también a las propiedades absorbentes de esta.

Un remedio comercializado que busca compensar esta falta de secreción lagrimal acusada por la edad es el uso de lágrimas artificiales, pero estas, en su composición, solo buscan simular el efecto lubricante de la lágrima sobre la superficie ocular, olvidándose casi por completo de la composición de la misma. Por lo que una lágrima artificial no puede ofrecer los mismos beneficios que la película lagrimal humana. <sup>[3]</sup>

Según la norma de la CIE, la Commission Internationale de l'Éclairage, el contenido energético medio de la radiación solar a nivel del suelo es:

Tipo de radiación	Longitud de onda	Contenido %
UV C	100-280 nm	0%
UV B	280-315 nm	0.4%
UV A	315-380 nm	3.9%
Visible	380-780 nm	51.8%
Infrarrojo A	780-1400 nm	31.2%
Infrarrojo B	1400-3000 nm	12.7%

**Tabla 1.** Composición del espectro de radiación solar a nivel de superficie terrestre según el documento nº 20 de la CIE <sup>[1]</sup>

The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (I.C.N.I.R.P) <sup>[4]</sup> clasifica, o divide el espectro UV, según el daño fotobiológico que pueda causar, en:

- UV C: donde se encuentran las radiaciones de entre 200-280nm
- UV B: donde se encuentran las radiaciones de entre 280-315nm
- UV A: donde se encuentran las radiaciones de entre 315-400nm

La radiación UV C es absorbida por la capa llamada estratosfera de la atmósfera terrestre, donde se encuentra la mayor cantidad de ozono. Esta radiación venía teniendo poca relevancia clínica, pero debido al dinamismo de la capa de ozono se pueden encontrar algún tipo de porcentaje de esta radiación en la superficie terrestre. Aunque este porcentaje aún es casi irrelevante.

La radiación UV B también es parcialmente absorbida por el ozono y solo llega a la superficie terrestre un porcentaje mínimo. Pese a este mínimo porcentaje puede producir daños en la piel y en los ojos.

La radiación UV A es la menos fotobiológicamente activa, ya que depende de su penetración con las radiaciones UV B. Aunque esta radiación puede plantear más de un peligro a exposiciones prolongadas, ya que la cantidad de UV A en la radiación solar es mayor que la de UV B y UV C.

La Organización Mundial de la Salud <sup>[5]</sup> y organizaciones asociadas, mediante el proyecto INTERSUN, han elaborado y promovido el índice UV, un instrumento para informar y educar al público acerca de la protección solar.

El índice UV es un indicador de la intensidad de radiación ultravioleta proveniente del Sol en la superficie terrestre en una escala que comienza en 0 y no está acotado superiormente. El índice UV también señala la capacidad de la radiación UV solar de producir lesiones en la piel. No siempre la cantidad de luz ambiental va relacionada con el índice UV y esto puede ser engañoso.

Ya que el índice y su representación variaban dependiendo del lugar, la Organización Mundial de la Salud junto con la Organización Meteorológica Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante (I.C.N.I.R.P) publican un sistema estándar de medición del índice UV y una forma de presentarlo al público incluyendo un código de colores asociado.

Color	Riesgo	Índice UV
Verde	Bajo	<0-2
Amarillo	Moderado	3-5
Naranja	Alto	6-7
Rojo	Muy alto	8-10
Morado	Extremo	>11

Tabla 2. Sistema de medición del índice UV <sup>[5]</sup>

Los factores que influyen en este índice UV son <sup>[6]</sup>:

- Latitud y altitud
- Nubosidad
- Ozono presente en la atmósfera
- Índice de reflexión del suelo

Península y Baleares: Predicción de Índice de radiación UV máximo en condiciones de cielo despejado para el día 20 Mayo



Ilustración 1. Ejemplo del uso y condiciones del índice UV. Por la AEM. [6]

Así pues, los daños que pueden causar estas radiaciones en el organismo humano van desde una leve quemadura en la piel hasta alteraciones de proteínas, ácidos nucleicos y otros materiales biológicos más complejos.

A nivel ocular, cualquier ojo recibe radiación UV, siendo sus tejidos dañados y pudiendo sufrir patologías como fotoqueratoconjuntivitis, fotoqueratitis, queratopatía, pterigium, pinguécula y cataratas corticales.<sup>[7]</sup>

Pero puede haber ojos más sensibles a estas radiaciones, como pueden ser los ojos operados de cataratas y que no tengan lente intraocular o una que no sea de los tipos más recientes de absorción de rayos UV. También algunos medicamentos son fotosensibilizantes, pudiendo hacer que el ojo sea más sensible a la luz y los rayos UV.

## **2. Hipótesis**

Se puede medir la transmitancia del ultravioleta en lentes de contacto blandas en un laboratorio con el instrumental adecuado.

Sacristán I. Medida de la transmitancia del UV en lentes de contacto.

### **3. Objetivo**

Diseñar un sistema de medición calibrado y basado en un banco óptico capaz de medir la transmitancia del UV en lentes de contacto blandas en un laboratorio y de sortear los problemas que el proceso experimental pueda ocasionar.

Se revisa literatura documentada de donde se extraen las dificultades que se pueden dar para poder diseñar el sistema de medición en base a evitar esos impedimentos.

La comunidad optométrica está preocupada por la fiabilidad de que las lentes que venden a la sociedad, ya sean de contacto como es el caso de este estudio, como oftálmicas, sean capaces de proteger del UV a los ojos de los usuarios. Es importante que los datos de estos estudios que se obtienen en los laboratorios, se puedan trascender a la sociedad con un rigor alto, y que esto le pueda ser útil a la sociedad.

Existe la inquietud de que si las casas comerciales, que venden sus productos a las ópticas, maquillan las características de sus productos. Esa argucia pasa a la sociedad a través del sector optométrico, siendo éste el más perjudicado.

Sacristán I. Medida de la transmitancia del UV en lentes de contacto.

## 4. Revisión bibliográfica

Se han revisado dos tipos de estudios en este ámbito de lentes de contacto; uno en el que se evalúa la transmitancia de los polímeros de las lentes de contacto, y otro donde se evalúa la transmitancia por marcas de lentes de contacto. Los datos que van a ser mostrados en este apartado son respectivos a la bibliografía repasada.

Respecto a los polímeros revisados <sup>[8]</sup> son: Vasurfilcon A, componente de los hidrogeles convencionales; Lotrafilcon B, Senofilcon A, Galyfilcon A y Enfilcon A, componentes de los hidrogeles de silicona.

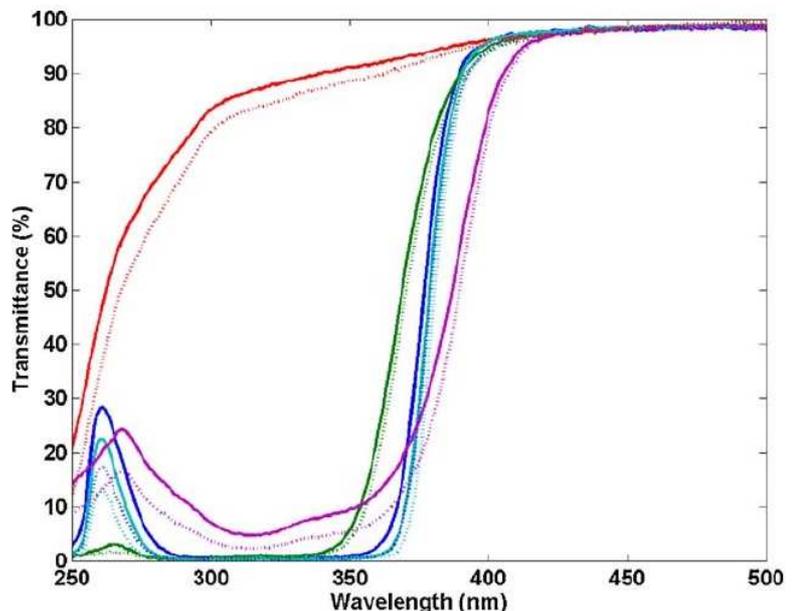
Como se puede observar en la gráfica 1, la lente de contacto de Lotrafilcon B es la única que no tiene bloqueante de radiación ultravioleta, por lo que se observa que es transparente para las longitudes de onda correspondientes a los UV B y UV A, y corta un 50% de la longitud de onda correspondiente al UV C.

La lente de contacto con más alto corte es la de Vasurfilcon A, con un corte del 50% para una longitud de onda de 390nm, sin embargo, este material no alcanza la transmitancia 0 en los espectros de UV C, UV B y UV A.

El material Enfilcon A muestra la transmitancia más baja en el espectro de UV C y bloquea hasta el UV B bastante bien. Pero tiene el corte más bajo para el 50% de la transmitancia de los hidrogeles de silicona, estando alrededor de los 370nm.

Los materiales Galyfilcon A y Senofilcon A muestran un pequeño pico en el espectro del UV C, pero no es relevante ya que los niveles de UV C a nivel de suelo no son llamativos. El corte del 50% de la transmitancia de estos polímeros se sitúa alrededor de los 380nm.

Con estas lentes de contacto de -3,00D también se ha medido la transmitancia a nivel centro-periferia, y puede observarse la diferencia en la transmitancia, de unos nanómetros, siendo menor la transmitancia en la periferia que en el centro.

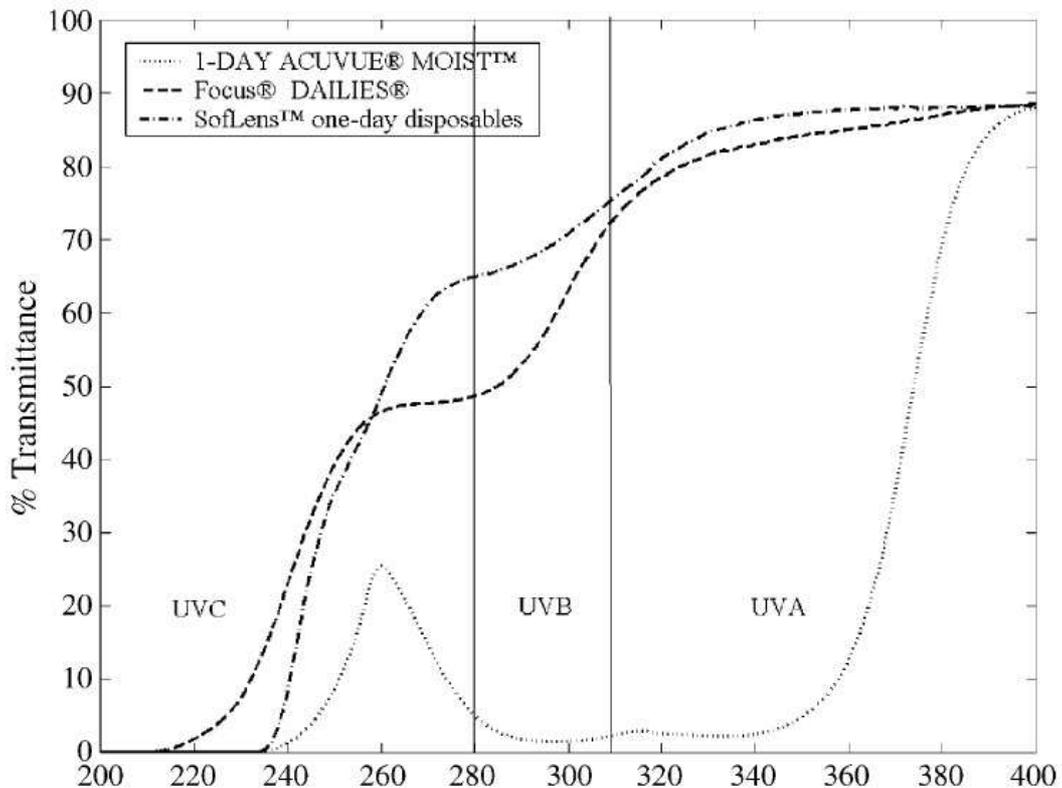


**Gráfica 1.** Transmitancia espectral de cinco tipos de LC, Senofilcon A (cyan), Galifilcon A (azul), Enfilcon A (verde), Lotrafilcon B (rojo) y Vasurfilcon A (magenta). Muestra la variación entre el centro (sólido) y periferia (punteado) de lentes de contacto de -3,00D estudiadas. <sup>[8]</sup>

Otro estudio revisado sobre la transmitancia en lentes de contacto blandas las estudia por marcas y por reemplazo, siendo diarias o convencionales.

Las lentes de contacto diarias revisadas [7] son: 1-DAY ACUVUE<sup>R</sup> MOIST<sup>TM</sup>, Focus<sup>R</sup> DAILIES<sup>R</sup>, SoftLens<sup>TM</sup> 1-day disponibles; las lentes de contacto convencionales son: ACUVUE<sup>R</sup> ADVANCE<sup>TM</sup>, ACUVUE<sup>R</sup> OASYS<sup>TM</sup>, NIGHT & DAY<sup>TM</sup>, O2 Optix<sup>TM</sup> y PureVision<sup>TM</sup>. Siendo un total de 8 lentes de contacto las caracterizadas.

Respecto a las lentes de contacto diarias recogidas en este estudio, en la gráfica 2 se observa una similitud entre las lentes de contacto Focus<sup>R</sup> DAILIES<sup>R</sup> y las SoftLens<sup>TM</sup> 1-day disponibles, siendo la transmitancia de ambas mínima en el espectro UV C. Pero existe la diferencia de que las Focus<sup>R</sup> DAILIES<sup>R</sup> tienen el corte del 50% alrededor de los 290nm, siendo mayor que el de las SoftLens<sup>TM</sup> 1-day disponibles. Ambas son transparentes para el espectro UVA.



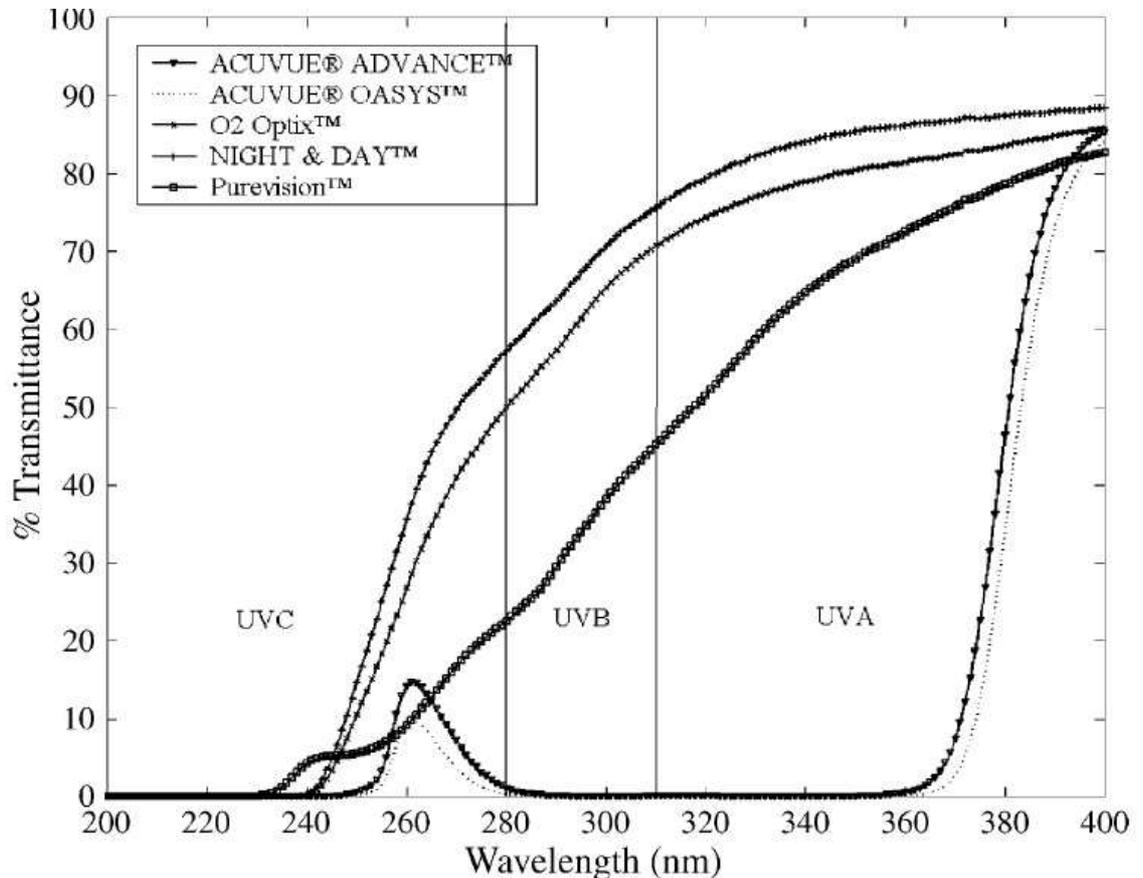
Gráfica 2. Transmitancia del espectro UV en lentes de contacto diarias. [7]

La lente de contacto 1-DAY ACUVUE<sup>R</sup> MOIST<sup>TM</sup> muestra un pequeño pico en el espectro del UV C, pero siendo mínima la transmitancia en el espectro de UV B y menor también en el UV A respecto a las otras dos marcas de lentes de contacto diarias.

Respecto a las lentes de contacto de reemplazo convencional, en la gráfica 3 se muestran varias similitudes entre ellas. Las Lentes de contacto ACUVUE<sup>R</sup> ADVANCE<sup>TM</sup> y ACUVUE<sup>R</sup> OASYS<sup>TM</sup> muestran el mayor corte, siendo el 50% de transmitancia para una longitud de onda de unos 380nm, aunque muestran un pequeño pico, sin importancia, en el espectro del UV C, hacia unos 260nm.

Otra similitud existente es entre las lentes de contacto NIGHT & DAY™ y O2 Optix™. Ambas muestran una atenuación de la transmitancia al UV en general, siendo la menor, de este tipo de lentes de contacto, en la región del UV A.

La curva de las lentes de contacto PureVision™ se encuentra en la región comprendida entre las curvas del resto de lentes de contacto, siendo el corte del 50% de transmitancia hacia la región de 320nm.



Gráfica 3. Transmitancia del espectro UV en lentes de contacto de hidrogel de silicona <sup>[7]</sup>

Todos los hidrogeles de silicona muestran una similitud: una mínima transmitancia en el espectro del UV C.

En ambos estudios se utilizan estos datos de la transmitancia al UV para determinar el factor de protección al UV de las lentes de contacto: <sup>[7,8]</sup>

$$FP = 1/T_{(\lambda)}$$

Esta fórmula matemática permite obtener el factor de protección de una lente de contacto blanda, o de cualquier otro medio transparente, a través de la inversa de un promedio de la transmitancia en un intervalo de longitud de onda, en este caso el espectro UV.

Las tablas 3 y 4 muestran los resultados del factor de protección:

Polímero	FP UVA-B Centro	FP UVA-B Periferia
Senofilcon A	5.7	6.3
Galyfilcon A	5.1	5.7
Enfilcon A	3.9	4.2
Lotrafilcon B	1.1	1.2
Vasurfilcon A	5.2	6.9

**Tabla 3.** Factor de protección de las lentes de contacto estudiadas a nivel de centro y periferia. <sup>[8]</sup>

Marca lente de contacto	Diaria/Convencional	Factor Protección
1-DAY ACUVUE <sup>R</sup> MOIST <sup>TM</sup>	Diaria	6,22
Focus <sup>R</sup> DAILIES <sup>R</sup>	Diaria	1,79
SoftLens <sup>TM</sup> 1-day desechables	Diaria	1,72
ACUVUE <sup>R</sup> ADVANCE <sup>TM</sup>	Mensual	10,02
ACUVUE <sup>R</sup> OASYS <sup>TM</sup>	Mensual	11,96
NIGHT & DAY <sup>TM</sup>	Mensual	1,84
O2 Optix <sup>TM</sup>	Mensual	1,99
PureVision <sup>TM</sup>	Mensual	2,62

**Tabla 4.** Factor de protección de las lentes de contacto blandas. <sup>[7]</sup>

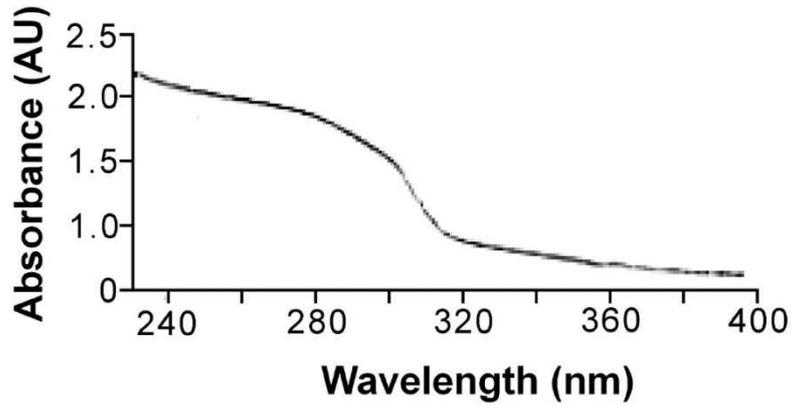
Comparando los resultados de ambos estudios entre la transmitancia al UV de los polímeros y de las marcas de lentes de contacto se pueden sacar algunas observaciones.

Teniendo en cuenta que la lente de contacto ACUVUE<sup>R</sup> OASYS<sup>TM</sup> está formada por el polímero Senofilcon A, los resultados de ambos estudios son equiparables, ya que tanto la lente de contacto como el polímero son los que han mostrado menor transmitancia al UV y un mayor factor de protección en sus respectivos estudios.

Lo mismo ocurre con la lente de contacto ACUVUE<sup>R</sup> ADVANCE<sup>TM</sup>, cuyo polímero de composición es el Galyfilcon A, los resultados tanto de la lente de contacto como del polímero también son comparables, ya que la lente de contacto muestra ser la segunda con mayor factor de protección y tener una transmitancia también baja y el polímero muestra ser el segundo de su estudio con un mayor factor de protección y una transmitancia al espectro UV también bastante baja.

Por otra parte, otro estudio <sup>[3]</sup> revela que la absorbancia del UV por parte de la lágrima es proporcional al contenido de antioxidantes que se encuentran en ella, tanto del nivel cualitativo como cuantitativo de estos antioxidantes.

La lágrima humana absorbe luz UV entre 230-400 nm, lo que corresponde al espectro UV A y UV B, como se puede observar en la gráfica 4.



Gráfica 4. Absorbancia del UV en un pool de lágrima humana <sup>[3]</sup>

Sacristán I. Medida de la transmitancia del UV en lentes de contacto.

## 5. Diseño experimental

Cuando la luz incide sobre un cuerpo, parte es absorbida por él, parte es transmitida y parte reflejada. El porcentaje de luz transmitida se denomina transmitancia. Esta se aplica a los cuerpos transparentes, como los tejidos oculares, lentes oftálmicas o lentes de contacto. La transmitancia puede variar en función de las longitudes de onda.

Para la medida de esta característica de los cuerpos transparentes en un laboratorio, en este caso lentes de contacto, se tendrá que utilizar una lámpara que mejor simule la cantidad de radiación UV (RUV) presente en la radiación solar. Ya que los resultados de los estudios como este, son útiles cuando los datos obtenidos son realistas y pueden ser útiles a la sociedad.

El problema que se nos plantea a la hora de diseñar el banco óptico es la capacidad de medir en el espectro ultravioleta, desde los 250nm hasta los 400nm, que muestra la literatura.

Para obtener los datos relativos a la transmitancia en lentes de contacto se utilizará un banco óptico de unos dos metros de longitud, a sabiendas de que a menor tamaño de este más intensidad de RUV llegaría al espectrofotómetro, ya que la lámpara se encontraría más cerca del receptor. Este banco óptico consistiría en una lámpara de Xenón en un extremo y el espectrofotómetro en el otro. Entre medias de estos, se encontraría el soporte que contenga a la lente de contacto y un posible sistema de diafragmas. Todos estos aparatos se encontrarían perfectamente calibrados y alineados unos respecto de otros.

Con relación a la lámpara montada, se trata de una lámpara de Xenón L2273 del grupo HAMAMATSU<sup>[9]</sup>. Esta lámpara está rellena de gas Xenón y emite una luz blanca de temperatura de color cercana a la emitida por el sol cubriendo un rango del espectro electromagnético muy amplio, desde el ultravioleta hasta el infrarrojo lejano. Esta capacidad de alcanzar una temperatura de color parecida a la del sol y la alta estabilidad son características que las hacen idóneas para este tipo de trabajo con espectrómetros.

La lámpara está fabricada en vidrio de cuarzo con su cátodo y su ánodo enfrentados. La emisión de luz se debe a la descarga eléctrica que se crea entre los mismos. Esta ampolla que contiene los electrodos está rellena de gas Xenón a alta presión. La lámpara se encuentra dentro de una carcasa específica que tiene como función aprovechar el máximo rendimiento de esta.

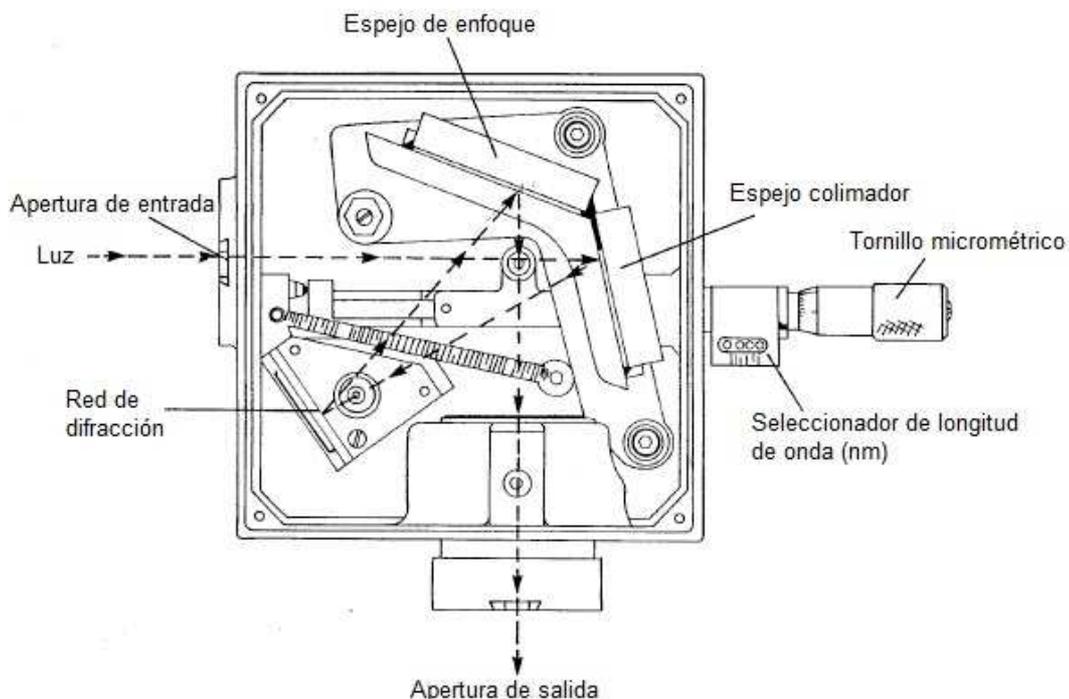
Este tipo de lámparas usan un adaptador que procura un voltaje constante durante su uso para que la potencia emitida por la lámpara sea lo más estable posible. El adaptador usado en este caso sería el proporcionado por el fabricante.

Con este tipo de lámparas hay que mantener un tipo de precauciones que son primordiales, ya que alcanza temperaturas elevadas durante su funcionamiento y emite una gran cantidad de RUV, por lo que es importante mantener la distancia con la lámpara y no tocarla a mano desnuda durante su funcionamiento e incluso pasado un rato de su apagado, ya que mantiene esa alta temperatura. También es importante tomar precauciones tanto para los

ojos, evitando mirar directamente a la luz y usando gafas de protección para la luz residual, como para la piel del experimentador.

Respecto al espectrofotómetro que se utilizará para recoger los datos de la transmitancia, consta de dos partes diferenciadas: un monocromador Jarrell Ash MonoSpec 18 <sup>[10]</sup> y una cámara OMA II. <sup>[11]</sup>

La luz entra en el monocromador a través de la rendija de entrada e incide en el espejo colimador. El espejo colimador está alineado para reflejar la luz hacia la red de difracción. Esta red difracta la luz en sus diferentes longitudes de onda y dirige estas longitudes de onda hacia el espejo de enfoque. En este espejo es reflejada la luz hacia un conjunto de salida, que en este caso es la cámara OMA II.



**Ilustración 2. Sistema óptico del monocromador.** <sup>[10]</sup>

El instrumento tiene un tornillo micrométrico que permite controlar manualmente la red de difracción para dirigir la longitud de onda seleccionada, en este caso el espectro UV, a través del conjunto de salida. La longitud de onda deseada se lee en el contador digital, que se establece para la lectura directa en nanómetros para la red de 1200 líneas/mm.

La cámara OMA II es lo que se denomina conjunto de salida. Esta cámara está formada por una matriz de 512 fotodiodos y un intensificador que consta de un fotocátodo, una placa microcanal (MCP), y una pantalla de fósforo.

Cuando sobre el fotocátodo polarizado incide la radiación seleccionada, se producen electrones, también llamados fotoelectrones, que son acelerados por una diferencia de potencial de 200 V, hasta la primera cara del MCP.

El MCP consiste en un cilindro de 18 mm de diámetro y aproximadamente 1 mm de anchura, cuyas bases se encuentran metalizadas con el fin de que actúen como electrodos del intensificador. Unos microcanales de unas 10 micras de diámetro cruzan el cilindro, de tal forma que los electrones que salen del fotocátodo son acelerados debido a la diferencia de potencial de 1 KV que hay entre los electrodos. Cuando los electrones chocan contra las paredes de los tubos se arrancan nuevos electrones que también

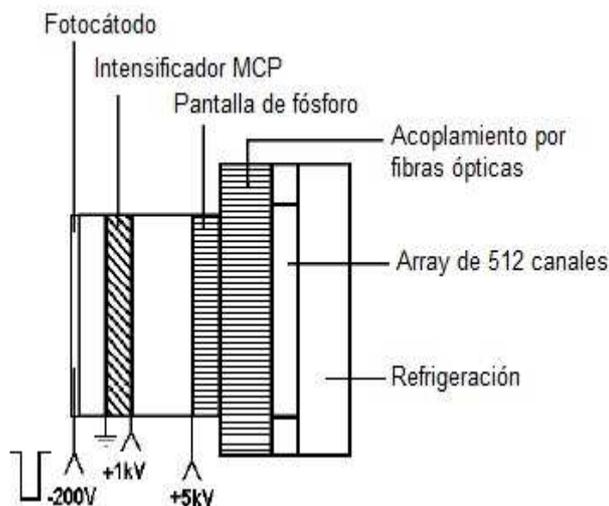
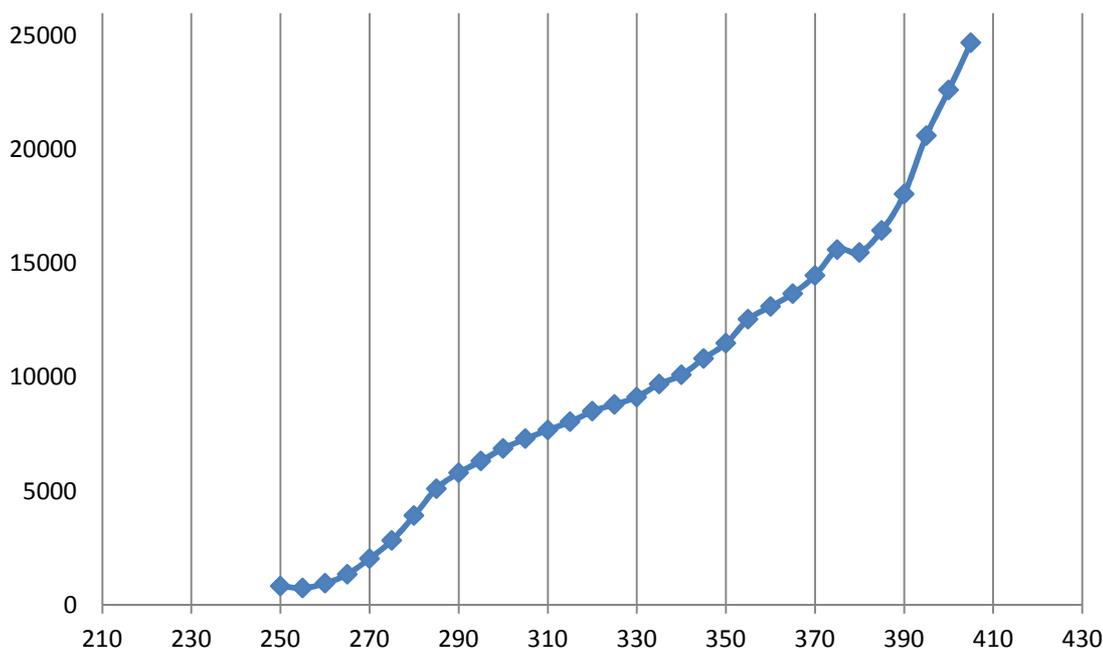


Ilustración 3. Esquema interno de la cámara OMA II [11]

son acelerados por el campo eléctrico y que arrancarán de nuevo electrones de las paredes de los canales, provocando de esta forma un efecto avalancha. A la salida del MCP, los electrones vuelven a ser acelerados hasta la pantalla de fósforo, donde hay una tensión de 5 KV. La pantalla de fósforo transforma los electrones en fotones debido a los impactos de estos, dando lugar al efecto intensificador deseado.

El paso del intensificador al detector se produce a través de fibra óptica, de tal forma que los fotones son detectados por la matriz lineal de 512 fotodiodos. Esta señal es luego recogida por un sistema amplificador.

Esta señal amplificada es recogida por un programa de ordenador el cual creará un fichero con los datos obtenidos y creará una gráfica a partir de ellos.



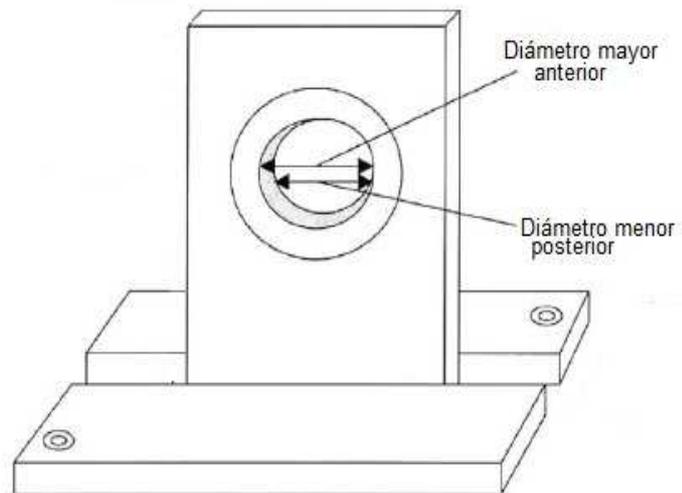
Gráfica 5. Eficiencia del espectrofotómetro. Eje horizontal, longitud de onda (nm). Eje vertical, eficiencia (unidades arbitrarias)

En la gráfica 5 se puede observar como el instrumental utilizado, que es el conjunto formado por el monocromador Jarrell Ash MonoSpec 18 y la cámara OMA II, tiene la capacidad de medir la transmitancia en el rango 250-400nm, e incluso en longitudes de onda menores y mayores, que se exige en la literatura revisada. Aunque se conoce la eficiencia absoluta de este dispositivo, para este trabajo con la eficiencia relativa es suficiente.

Como parte primordial del material, para medir la transmitancia del UV en lentes de contacto blandas, se necesita un soporte para el banco óptico en el cual se pueda incluir la lente de contacto. Cabrían muchas posibilidades pero, en la revisión bibliográfica <sup>[7]</sup>, en un estudio se encontró un soporte ideal para las lentes de contacto blandas.

Este soporte constaría de una apertura con dos diámetros distintos donde se encajaría la lente de contacto. Esta apertura estaría cubierta por dos placas de cuarzo, el cual transmite UV, y rellena de solución salina.

Esta estructuración del soporte consigue que la lente de contacto blanda esté estable, vertical, con la parte cóncava ortogonal al haz de luz e hidratada durante todo el proceso de medición. La incorporación de la solución salina, además de mantener hidratada la lente de contacto, también actúa minimizando las reflexiones de Fresnel, ya que los índices de refracción de la lente de contacto y de la solución salina son similares, por lo que los efectos de las reflexiones son insignificantes y no tendrían por qué tenerse en cuenta.



**Ilustración 4.** Esquema del soporte de lentes de contacto blandas.<sup>[7]</sup>

Para la medición de la transmitancia del UV por el centro o la periferia de las lentes de contacto blandas se podrá utilizar un sistema de diafragmas, o un único diafragma, que permita el paso de la luz emitida por la lámpara por la zona de la lente de contacto que se quiera caracterizar en ese momento.

En la realización de las medidas, la primera medida se realizaría con el soporte para lentes de contacto puesto en el banco óptico, este sin lente de contacto blanda dentro, y medir la transmitancia del UV. Esta medida será repetida tres veces y será la que se tome como referencia ya que se cuenta con el ruido que pueda crear el soporte. Luego se tomarán tres medidas de transmitancia por cada lente de contacto blanda y zona que se desee caracterizar. Y a partir de las medidas con el soporte sin lente de contacto y con lente de contacto se calcularán las transmitancias relativas a cada lente de contacto.

El poder dióptrico de las lentes de contacto, por norma establecida en la literatura revisada, sería de -3,00 dioptrías. <sup>[12, 13, 14]</sup>

## 6. Conclusión

La radiación ultravioleta puede causar daño a los ojos. Algunos de los daños son agudos, con signos y síntomas inmediatos, mientras que algunos de los daños son el resultado de la exposición a la radiación ultravioleta a largo plazo. Las personas que están expuestas a ambientes soleados, se aconseja que se protejan adecuadamente. Las personas deben ser asesoradas acerca de la protección adecuada para los ojos de los rayos UV de la luz solar. Es importante saber cuándo está indicada la protección ocular. Una buena protección implica el uso de un sombrero o gorra de ala ancha y gafas de sol.<sup>[15]</sup> Ya que una lente de contacto por sí sola, no es un buen sistema de protección ocular contra la radiación ultravioleta, porque solo cubre córnea y parte de la esclera más cercana al limbo, en el caso de los diámetros más grandes. Por eso se aconseja un sistema formado por gafa de sol y lente de contacto.

Por otro lado, la ley de Beer-Lambert <sup>[8]</sup> relaciona las propiedades de la luz con el material atravesado. La absorbancia, propiedad contraria a la transmitancia, de una determinada longitud de onda, en este caso el espectro UV, se relaciona con la cantidad de material atravesado. Esto se podría traducir en que la transmitancia es menor cuanto mayor es la cantidad de material a atravesar, aunque también dependería de las características del material. Y los resultados observados en el estudio de la transmitancia en los polímeros lo confirman.

Se observa que en las lentes de contacto negativas de -3,00D, cuyo centro es más delgado que la periferia, tienen mayor transmitancia en la zona central que en la zona periférica, lo que confirma la ley de Beer-Lambert. Por otro lado, con esta ley se podría deducir que en las lentes de contacto positivas, ocurriría lo contrario, siendo la transmitancia menor en el centro que en la periferia de la lente de contacto, ya que su espesor central sería mayor que el periférico.

Finalmente, se puede realizar un montaje experimental que sea capaz de medir la transmitancia del UV en lentes de contacto blandas dentro de un laboratorio. El instrumental tiene la capacidad de abordar y solucionar los problemas que teóricamente se han encontrado. También la lámpara usada imita, lo más cercanamente posible, a la cantidad de radiación UV emitida por la luz solar, por lo que los datos recogidos tendrán la máxima fiabilidad.

Sacristán I. Medida de la transmitancia del UV en lentes de contacto.

## 7. Bibliografía

- [1] INDO. La Luz. [http://www.indo.es/files/spain/es/LentesOftalmicas01.\\_LA\\_LUZ.pdf](http://www.indo.es/files/spain/es/LentesOftalmicas01._LA_LUZ.pdf) (8 de Mayo 2014)
- [2] Artigas Verde J María. Lentes de protección ocular. <http://www.uv.es/artigas/Opt%20Oftal%20II/Tema%20V-Resumen.pdf> (12 de Mayo 2014)
- [3] Kar Man Choy C, Cho P, and Benzie I. Antioxidant Content and Ultraviolet Absorption Characteristics of Human Tears. *OPTOMETRY AND VISION SCIENCE*. 2011; 88: 507–511
- [4] ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection). Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelengths between 180 and 400 nm (incoherent optical radiation). *Health Phys*. 2004; 87(2): 171–86.
- [5] World Health Organization. <http://www.who.int/>
- [6] Agencia Estatal de Meteorología. Predicción del índice UV. <http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/radiacionuv>
- [7] Moore L, T Ferreira J. Ultraviolet (UV) transmittance characteristics of daily disposable and silicone hydrogel contact lenses. *Contact Lens & Anterior Eye*. 2006; 29: 115-122
- [8] S DeLoss K, E Walsh J, P G Bergmanson J. Current silicone hydrogel UVR blocking lenses and their associated protection factors. *Contact Lens & Anterior Eye*. 2010; 33: 136-140
- [9] Muzquiz C. Calibración de una lámpara de luz ultravioleta. Trabajo Fin de Máster, Universidad de Valladolid (2011)
- [10] Thermo Jarrell Ash Corporation: Jarrell Ash MonoSpec18 Models 82-477, 82-478 and 82-479 Operator's Manual. Franklin, USA (1987)
- [11] Peláez de Fuentes R. Estudio de las regularidades en el ensanchamiento Stark de los gases nobles una vez ionizados. Tesis doctoral, Universidad de Valladolid (2008)
- [12] Walsh JE, Bergmanson JPG, Wallace D, Saldana G, Dempsey H, McEvoy H. Quantification of the ultraviolet radiation (UVR) field in the human eye in vivo using novel instrumentation and the potential benefits of UVR blocking hydrogel contact lens. *Br J Ophthalmol* 2001; 85: 1080–5.
- [13] Walsh J, Bergmanson J, Saldana G, Gaume A. Can UV radiation-blocking soft contact lenses attenuate UV radiation to safe levels during summer months in the southern United States. *Eye Cont Lens* 2003; 29(IS): S174–9.
- [14] Walsh JE, Koehler L, Fleming D, Bergmanson JPG. Novel method for determining hydrogel and silicone hydrogel contact lens transmission curves and their spatially specific ultraviolet radiation protection factors. *Eye Cont Lens* 2007;33(3):58–64
- [15] Sheedy JE, Edlich RF. Ultraviolet eye radiation: the problem and solutions. *Journal of Long-Term Effects of Medical Implants*. 2004; 14: 67-71