

Estudio objetivo de los mapas de potencia de lentes visuales progresivas de igual diseño en función de la adición.



*María Álvarez Bríto.
Facultad de farmacia.
Universidad de Sevilla.*





**Facultad de Farmacia.
Trabajo Experimental.
Trabajo Fin de Grado.
Grado en Óptica y
Optometría.**

Estudio objetivo de los mapas de potencia de lentes visuales progresivas de igual diseño en función de la adición.

María Álvarez Brito.

En la ciudad de Sevilla a 3 de julio de 2017, Aula 6.

DEPARTAMENTO DE FÍSICA DE LA MATERIA CONDENSADA.

Tutor: Juan José Conejero Domínguez.



RESUMEN

Este proyecto consiste en la realización de medidas y el posterior estudio de los mapas de potencias de 6 lentes progresivas (3 de ellas con potencia positiva de dos dioptrías otras tres con potencia negativa de 2 dioptrías) de iguales características de diseño de superficies, potencia y parámetros de medida del usuario en las que solo varía la adición.

Los mapas de potencia son gráficas en dos o tres dimensiones que muestran la variación progresiva de la potencia esférica, astigmática y orientación del eje del cilindro en toda la superficie de la lente estudiada.

Como introducción, describiremos el defecto visual que dio lugar al desarrollo de la lente progresiva; la presbicia. Sus síntomas, la prevención y las distintas soluciones a este problema.

De la lente progresiva explicamos su origen y evolución, así como el diseño de las distintas superficies existentes y la clasificación, centrándonos finalmente en las 6 lentes utilizadas para el trabajo experimental.

Enumeramos los objetivos que hemos marcado en el proyecto; estudiar los mapas de potencia de estas lentes.

Una vez explicado los conceptos clave, procedemos a describir el proceso mediante el cual realizamos las mediciones de las lentes y las gráficas que vamos a estudiar; el marcaje de las lentes, las plantillas utilizadas, las mediciones con el frontofocómetro y la creación de las distintas gráficas. También vamos a describir todo el material que utilizamos en la realización de este proceso; Frontofocómetro, lentes progresivas, reglas milimetradas y plantillas de marcaje entre otros utensilios.

Mostraremos los resultados; las gráficas obtenidas y discutiremos éstos mismos. Vamos a realizar una descripción de cada gráfica, así como la comparación entre las gráficas de las distintas lentes pasando, por último, a la conclusión final del estudio.

Agradecimientos

A mi tutor, Juan José Conejero, por sus sabios consejos y su gran ayuda; regalándome algo tan valioso como su tiempo.

A mi familia, por apoyarme y confiar en mí todo momento. Por hacer posible que se cumpla mi sueño; ser Óptico-Optometrista.

A mis compañeros, que han hecho de esta etapa una de las más maravillosas de mi vida, en especial a mis dos grandes pilares: Mónica Bayón Hernández y David Moreno López.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	6
1. La presbicia.....	6
1.1. Síntomas.....	6
1.2. Prevención.....	7
1.3. Compensación de la presbicia.	7
1.3.1. Lentes de contacto.	7
1.3.2. Cirugía.....	7
1.3.3. Lentes oftálmicas.....	8
1.3.3.1. Lentes progresivas.....	9
1.3.3.2. Lentes progresivas INGENIA.	11
OBJETIVOS.....	13
METODOLOGÍA.	14
RESULTADOS Y DISCUSIONES.	16
Lente 1.	16
Lente 2.	18
Lente 3.	20
Lente 4.	22
Lente 5.	24
Lente 6.	26
Zona de potencia de cerca.	29
Zona de potencia de lejos.	32
Zona de potencia intermedia.	34
CONCLUSIONES.	37
BIBLIOGRAFÍA.....	38

INTRODUCCIÓN.

1. La presbicia.

La presbicia es una condición fisiológica relacionada con la edad en la que el cristalino pierde elasticidad y por tanto la capacidad para enfocar, lo que supone una dificultad para poder ver los objetos a corta distancia. Es un proceso natural de envejecimiento que afecta a todas las personas.

También se considera una causa de la presbicia la pérdida de la elasticidad muscular. En el ojo se encuentran los músculos ciliares, los cuales se encargan de modificar la curvatura del cristalino. Para enfocar objetos cercanos, el músculo se acciona y se produce un abombamiento del cristalino. Por el contrario, para enfocar objetos lejanos el músculo se relaja y el cristalino se aplana.

Otro factor relacionado con la aparición de presbicia es el envejecimiento del cristalino, el cual se ve fuertemente influenciado por la exposición a radiaciones solares. Las personas que están más expuestas a estas radiaciones serán más susceptibles al envejecimiento ocular y, por tanto, los signos de la presbicia tendrán una aparición más temprana.

Este envejecimiento conlleva a una necesidad de mayor cantidad de luz para ver objetos. Así, una persona de 80 años requerirá 10 veces más luz que una persona de 25 años, aunque estas necesidades dependerán de cada persona (Conejero,2013; Gil,1984).

1.1. Síntomas.

Los síntomas de la presbicia pueden aparecer de manera súbita o lenta, aproximadamente a la edad de 38 años en hipermetropes y 45 años en miopes.

Los síntomas más reconocidos de esta ametropía son:

- Alejamiento de documentos para poder leerlos
- Reducción de la capacidad para enfocar objetos cercanos.
- Dolor de cabeza.
- Dificultad de lectura en lugares con poca luz.
- Fatiga ocular.

1.2. Prevención.

En cuanto a la prevención, existen factores que repercuten positivamente y/o retrasan los síntomas de la presbicia, como son:

- Protección frente a radiaciones electromagnéticas tanto naturales como artificiales.
- Tener buena alimentación rica en minerales (Calcio, Zinc, Magnesio y Selenio) y vitaminas A, B y C.
- Controlar el estrés y el cansancio ocular.
- Realizar ejercicios acomodativos alternando enfoques de cerca y lejos. Esto ayudará a ejercitar el músculo ciliar y así retrasar los síntomas.
- Utilizar la iluminación y las lentes adecuadas (Conejero,2013).

1.3. Compensación de la presbicia.

Para compensar esta deficiencia biológica existen varias opciones:

1.3.1. Lentes de contacto.

- Monovisión. Esta técnica consiste en adaptar en un ojo una lente de contacto para la visión de lejos y otra en el otro ojo para la visión de cerca. En el ojo dominante se adapta la lente para la visión de lejos o para la visión que tenga más prioridad para el paciente. En el ojo no dominante se adapta la lente para la visión de cerca o para la distancia de menor prioridad.
- Lentes de contacto de visión alternante. El diseño de estas lentes consiste en un número de zonas concéntricas para que el control visual actúe en función de los niveles de iluminación. Con estas lentes, para enfocar lo que se quiere observar no es necesaria la traslación, debido a que una parte de luz incidente es enfocada para cerca y otra para lejos formándose dos imágenes simultáneas en la retina. El cerebro se encarga de seleccionar la imagen enfocada, quedando superpuesta a ella una imagen desenfocada que será suprimida (Guzmán,2003; Morgan,2009).

1.3.2. Cirugía.

- Cirugía refractiva.
 - Lasik-Monovisión.
 - Presbi-Lasik.
- Lensextomía refractiva con LIO multifocal.

Consiste en la extracción del cristalino seguida del implante de una lente intraocular. Es el mejor método considerado para la corrección permanente y eficaz de la ametropía y la presbicia juntas (García, 2000).

1.3.3. Lentes oftálmicas.

- Lente monofocal positiva. Es el método más antiguo, usado aún hoy día. Esto compensa el defecto de la acomodación. Soluciona la mala visión de cerca pero no compensa la distancia intermedia ni lejana.
- Vidrio bifocal yuxtapuesto. Consiste en una esfera para la visión lejana y otra esfera debajo para la visión cercana. Estas esferas están yuxtapuestas, o mediante tallado y/o un posterior pegado o fundido. El problema de estas lentes es la estética, la discontinuidad de trayectoria de la acomodación y el efecto prismático en bifocales fundidos, el cual da lugar a saltos de imagen.
- Lente trifocal. Consta de tres esferas. Las dos últimas dan lugar a un doble segmento. El primero abarca la visión de zona intermedia y su potencia es $\frac{1}{2}$ de la adición. Aunque mejoran los saltos de imagen, la estética y la adaptación siguen siendo un problema.

Todos estos inconvenientes justifican la aparición de una lente que permita pasar de la zona de visión lejana a la zona de visión de cerca de manera suave y progresiva; la lente progresiva (Boix,2000; Mira-Agudelo,2016).



Figura 1. Visión con una lente monofocal para cerca, con una lente bifocal y con un progresivo.

<https://goo.gl/cgH568>

1.3.3.1. Lentes progresivas.

- Historia.

La lente progresiva ha sido una de las mayores innovaciones tecnológicas de este siglo en el ámbito de la óptica oftálmica. Todos los adelantos tienen su origen en alguna necesidad no cubierta.

Los primeros conocimientos de lente progresiva nacieron en Inglaterra, gracias a Owen Aves en 1907. Aves fabricó un prototipo y patentó esta idea, pero debido a la escasa tecnología y la limitación de diseño no llegó a producirse.

Fue en 1914 cuando salió al mercado el primer progresivo comercial de la mano de Gowlland, aunque de manera limitada y sin éxito. Hubo numerosos intentos, pero no es hasta los años cincuenta cuando los progresivos empiezan a desarrollarse. Bernard Maitenaz inició el desarrollo de la primera lente progresiva que tuvo aceptación, la lente Varilux 1. Esta lente se componía de una superficie progresiva anterior donde la potencia variaba y una superficie esférica o tórica posterior (Boix,2000).

Posteriormente, apareció la lente Varilux 2, que fue una mejora en la cual las secciones circulares de la superficie esférica fueron sustituidas por secciones cónicas.

- Diseño.

Para estudiar las superficies progresivas, primero determinaremos algunos conceptos geométricos.

Consideramos un punto A de la superficie. Este punto tendrá una normal N. Consideramos también un plano Σ que contiene a la normal y al punto. Entre el plano y la superficie se define una curva plana C, y la curvatura de ésta en el punto A es lo que llamamos curvatura normal. En un punto la superficie tiene una infinidad de curvaturas normales, aunque su valor cambia entre una curvatura mínima y una curvatura máxima.

Las superficies de las lentes oftálmicas son suaves y en cada punto tienen dos curvaturas principales que son ortogonales entre sí. En cada punto de la superficie encontramos una potencia esférica equivalente y una componente cilíndrica.

Existe un punto en el que ambas curvaturas principales son iguales; el punto umbilical. En él, la potencia cilíndrica se anula.

- Superficies progresivas esféricas.

Estas superficies poseen un meridiano principal, el meridiano vertical que divide la lente en dos partes iguales. En él la potencia varía continuamente siendo mínima en la parte superior y máxima en la parte inferior. En este tipo de superficies, las secciones ortogonales a este meridiano son arcos de circunferencias.

- Superficies progresivas esféricas.

Al contrario que las esféricas, en las superficies esféricas las secciones ortogonales al meridiano principal no son arcos de circunferencia, sino curvas más complejas convexas (si la superficie progresiva es la cara anterior) o cóncavas (si la superficie progresiva es la cara posterior). Estas secciones no siempre se aproximan por cónicas, sino que pueden considerarse como curvas más complejas, por ejemplo, como curvas polinómicas. El problema es que cuanto mayor es el grado de polinomios más complejo e inestable es el diseño. En los diseños actuales, las superficies se describen por trozos. De este modo una modificación en algún punto de la superficie afecta al trozo al que pertenece o a los trozos vecinos, pero nunca a zonas alejadas consiguiendo así el llamado control local.

- Superficies progresivas asimétricas.

En estas superficies el meridiano principal no es una curva plana, sino que se desvía nasalmente, para intentar seguir la trayectoria del ojo cuando converge en visión cercana e intermedia. Esta desviación tiene como objetivo evitar las perturbaciones de la visión que se producen en las lentes simétricas al mirar por dos puntos conjugados que tienen distintas características ópticas (Flores JR,1996; Boix ,2000).

Según el teorema de Minkwitz, en una superficie no esférica, en las zonas próximas al meridiano principal, existe una variación de astigmatismo en dirección perpendicular a este meridiano. La variación de la potencia astigmática es el doble de la variación de la potencia esférica. Esto significa que en la lente existe una zona de progresión de un pasillo libre de astigmatismo, que se rodea de zonas con astigmatismo creciente (Esser,2017).

La lente progresiva posee tres zonas de visión útil:

- Zona de distancia: Se encuentra en la parte superior de la lente. Corresponde a la visión de lejos y la potencia es constante.
- Zona de lectura: Se encuentra en la parte inferior de la lente. Es de potencia constante y corresponde a la visión cercana.
- Corredor o pasillo: Es la zona que comunica la zona de lectura y de distancia. La potencia varía progresivamente a lo largo de esta zona.

El pasillo tiene una anchura determinada con características ópticas óptimas. A cada lado de este pasillo existen zonas marginales que presentan aberraciones. En estas zonas la visión no es buena. La extensión de las zonas marginales será lo que determine la gama y, por tanto, el precio de la lente.

- Clasificación.

Existen cuatro grupos en los que podemos agrupar las lentes progresivas:

- Estándar: Es la lente progresiva de más baja gama y más económica. Son de fabricación seriada, atendiendo a unos valores promedios de la población.
- Free-form: Son lentes de última generación. Son fabricadas atendiendo a las medidas faciales del paciente y la montura elegida.
- Personalizadas: También son lentes de última generación. Además de tener en cuenta las medidas faciales y la montura del paciente, atiende a el coeficiente de movilidad de los ojos con respecto a la cabeza y el estudio previo de aberrometría de los ojos.
- Ocupacionales: Están diseñadas para situaciones en las que el trabajo visual sigue unas pautas distintas a las generales. Normalmente son requeridas por la actividad profesional (Conejero,2013).

1.3.3.2. Lentes progresivas INGENIA.

Las lentes con las que hemos trabajado, son 6 lentes progresivas de alta gama INGENIA facilitadas por la empresa INDO. Tres de estas lentes de potencia +2 con adición 1, 2 y 3. Las otras tres son de potencia -2 con adición 1, 2, y 3. Todas estas lentes están parametrizadas para el mismo usuario y fabricadas con el mismo diseño.

- Características:
 - Índice de refracción: 1'5.
 - Pasillo: 18mm.

- Altura de montaje: 22mm.
- $\phi 65 \times 55$
- Ojo: Derecho.

“La lente progresiva INGENIA es la lente FreeForm más avanzada. Diseñada con tecnología WIDE, optimiza los campos visuales a la altura de montaje, reduciendo significativamente las aberraciones. Además, cuenta con la personalización gracias a la consideración de los parámetros de posición de uso. El *súmmum* de la tecnología Free-Form.”

“Ninguna otra lente progresiva en esta categoría tiene el mismo nivel de optimización en términos de campos visuales. Esto hace de Ingenia el progresivo FreeForm top de gama de Indo. Unos campos visuales incrementados teniendo en cuenta la altura de montaje, una prescripción recalculada gracias a los parámetros de posición de uso y un inset variable (que permite crear una zona de lectura óptima) son las principales características que hacen de Ingenia la lente más avanzada de su categoría.”

La tecnología WIDE es una tecnología en la que se tiene en cuenta la altura de montaje para crear un progresivo personalizado, disminuir aberraciones y optimizar los campos visuales. Comparada con una lente progresiva básica, esta lente ofrece un 30% más de visión en los campos laterales (INDO,2017).

OBJETIVOS.

Los objetivos que nos hemos marcado en este estudio son los siguientes:

- 1.- Comparar la progresión de la potencia esférica en los límites de la superficie estudiada, de las 3 lentes positivas y las 3 lentes negativas respecto a la adición.

- 2.- Comparar la progresión de la potencia cilíndrica en los límites de la superficie estudiada, en las 3 lentes positivas y las 3 lentes negativas respecto a la adición.

- 3.- Comparar la orientación de los ejes del astigmatismo que se induce en los límites de la superficie estudiada, en las 3 lentes positivas y las 3 lentes negativas respecto a la adición.

- 4.- Comparar las variaciones de potencia y astigmatismo a la altura de pupila, mitad del pasillo de progresión y altura de cerca, en las 3 lentes positivas y las 3 lentes negativas respecto a la adición.

METODOLOGÍA.

Para realizar las mediciones de las lentes, seguimos el siguiente proceso:

Borramos las marcas de fabricación de las lentes con alcohol y algodón para que el marcaje no interfiera en la medición del frontofocómetro. Utilizando la plantilla de marcaje de la lente *Ingenia* obtenida del catálogo de lentes INDO, señalamos con rotulador permanente varios puntos clave. Estos puntos fueron;

- Pupila
- Zona intermedia
- Playa de cerca

Una vez señaladas las lentes las colocamos en un útil de INDO adaptado, el cual nos permitirá medir con mayor precisión. Este útil consiste en una base de cristal en la que se apoya la lente y una platina de metal. Fijamos la lente al útil mediante dos pegatinas de doble cara. Este instrumento incorpora una regla milimetrada superior y otra lateral, las cuales nos permitirán mover la lente cada tres milímetros de manera precisa. Para ello dibujamos dos líneas en el frontofocómetro que nos servirían de guía para realizar los pequeños movimientos.

La medición de cada lente comenzará por el punto del prisma. Este punto será nuestra referencia y a partir de él mediremos el resto de la lente.

Cada tres milímetros tomamos la potencia esférica, la potencia astigmática y su eje correspondiente.

Las medidas tomadas las anotamos en tres cuadrículas realizadas previamente para cada una de las lentes. Una para las potencias esféricas, otra para las astigmáticas y otra para el eje. Estas cuadrículas tienen 13 filas y 15 columnas cada una, que son el total de medidas que realizamos en cada lente; 195.

Para la realización de las gráficas hemos utilizado el programa Excel con la aplicación SRS1 Cubic Spline for Excel. La función de esta aplicación es obtener, mediante fórmulas, diez medidas entre cada medida realizada manualmente. Pasamos así a tener un total de 19.500 medidas de cada lente. Esto nos permitirá realizar unas gráficas más exactas y con una progresión más suave.

INSTRUMENTAL:

- Frontofocómetro.
- Útil de fabricación.
- Pegatinas.
- Lentes progresivas Ingenia INDO.
 - Lente 1: INGENIA RVD esfera -2'00 adición 1
 - Lente 2: INGENIA RVD esfera +2'00 adición 1
 - Lente 3: INGENIA RVD esfera -2'00 adición 2
 - Lente 4: INGENIA RVD esfera +2'00 adición 2
 - Lente 5: INGENIA RVD esfera -2'00 adición 3
 - Lente 6: INGENIA RVD esfera +2'00 adición 3
- Plantilla de marcaje de dicha lente.
- Regla.
- Rotulador permanente.
- Bolígrafo y lápiz.
- Típex.
- Alcohol etílico.
- Algodón.
- Software Excel con programa de cálculo SCR1 [Splines for Excel](#).

RESULTADOS Y DISCUSIONES.

Lente 1.

- Potencia +2
- Adición 1
- Pasillo 18mm
- Altura de montaje 22mm
- Índice de refracción 1'5
- Ojo derecho

Potencia esférica.

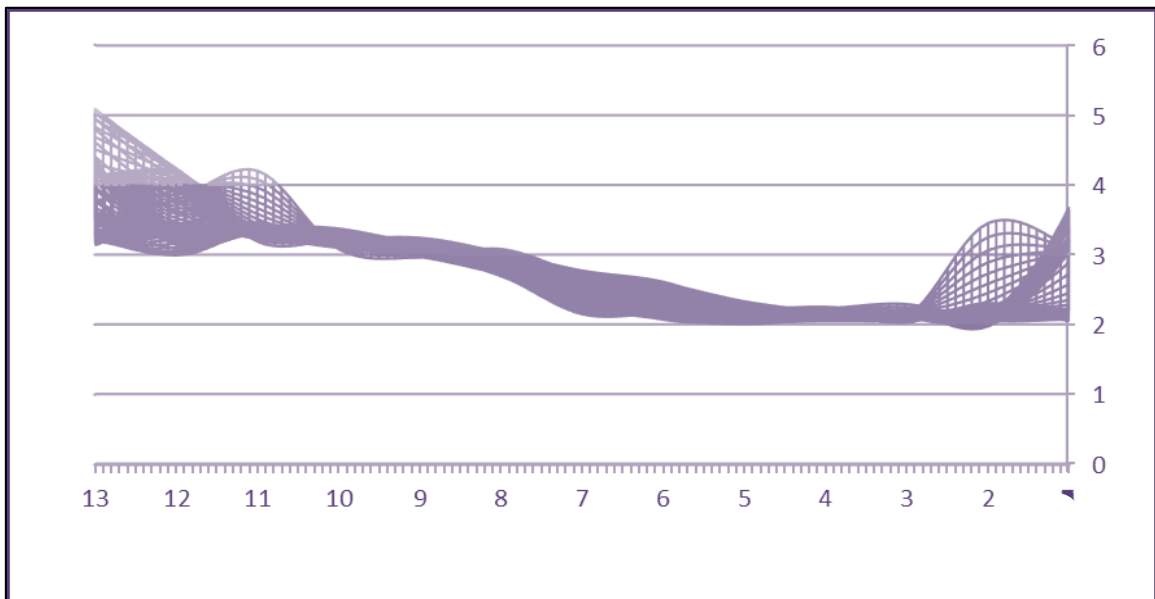


Figura 2. Vista lateral de la progresión de potencia esférica en lente 1.

El grosor en la zona de lejos (de 0 a 5 en el eje de abscisa) se mantiene constante alrededor de la potencia de +2 dioptías (eje de ordenadas). A partir de 3mm antes de la zona de pupila, situada en el punto 5 del eje de abscisa, la potencia comienza a aumentar muy progresivamente alcanzando el valor de 3 dioptías (potencia de cerca) 3 mm antes de la playa de cerca, situado en el punto 11 del eje de abscisas. Ésta se mantiene constante hasta el borde de la lente. El mapa es bastante estrecho debido a que en la lente existe poca distorsión entre el meridiano principal de progresión (inset) y los bordes.

Potencia cilíndrica.

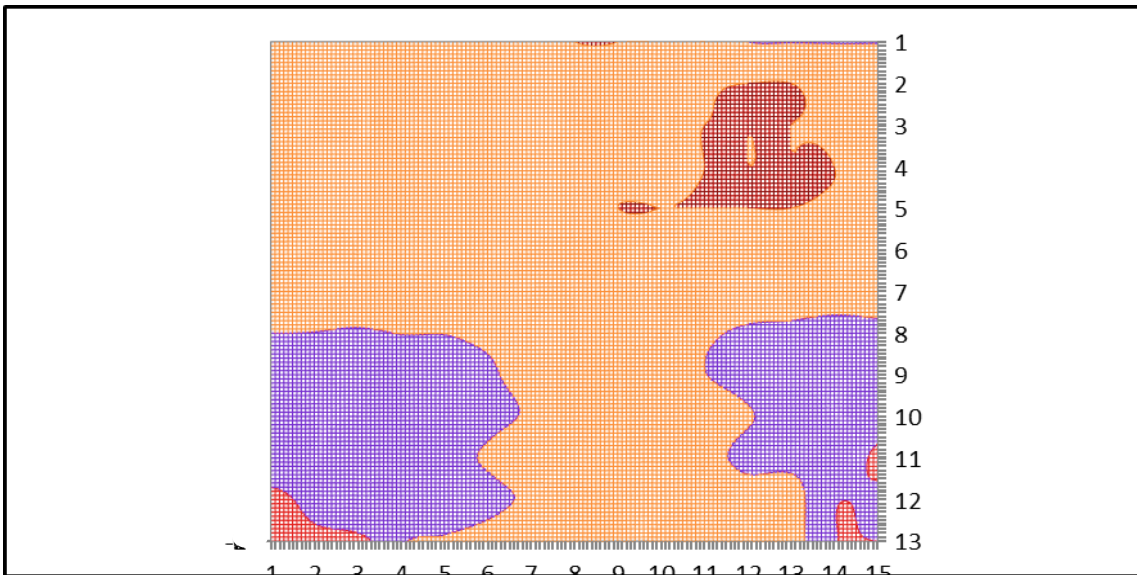


Figura 3. Progresión de potencia cilíndrica en lente 1.

La potencia cilíndrica es mayor en las zonas derecha e izquierda a partir de la zona intermedia, esto determina la anchura del pasillo. En el inset la potencia cilíndrica es mínima. El pasillo está ligeramente desplazado hacia la parte nasal de la lente, ya que corresponde a una lente de ojo derecho.

Ejes.

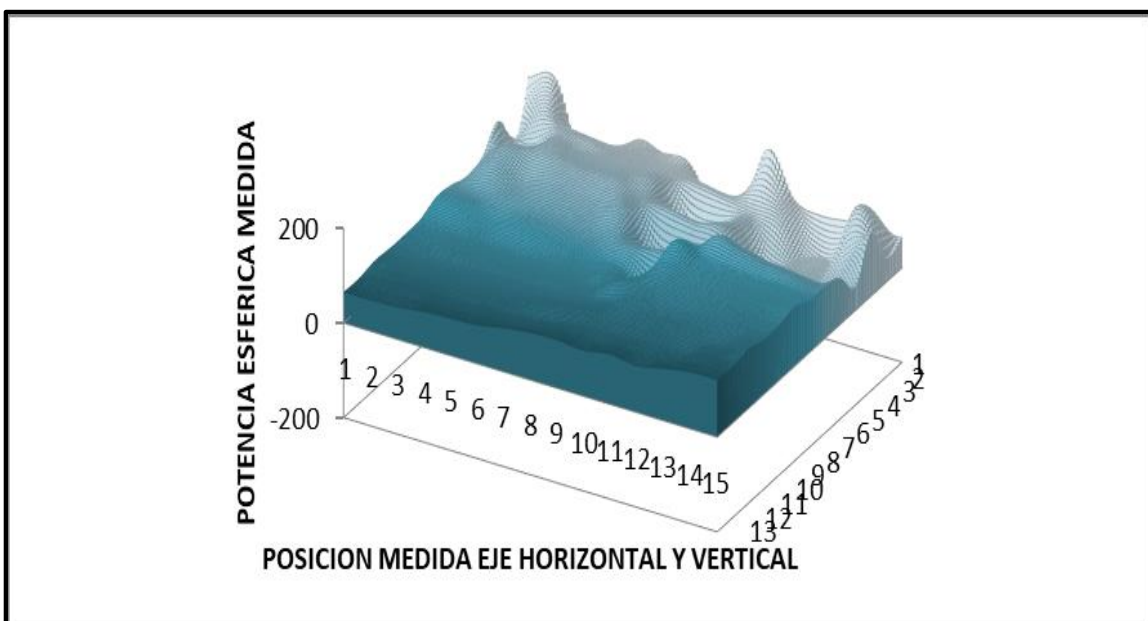


Figura 4. Orientación de ejes en lente 1.

Los ejes, al contrario que las potencias esféricas y cilíndricas, no son constantes. Esto es debido a que son astigmatismos muy pequeños y por tanto las fluctuaciones de los ejes son muy grandes.

Lente 2.

- Potencia +2
- Adición 2
- Pasillo 18mm
- Altura de montaje 22mm
- Índice de refracción 1'5
- Ojo derecho

Potencia esférica.

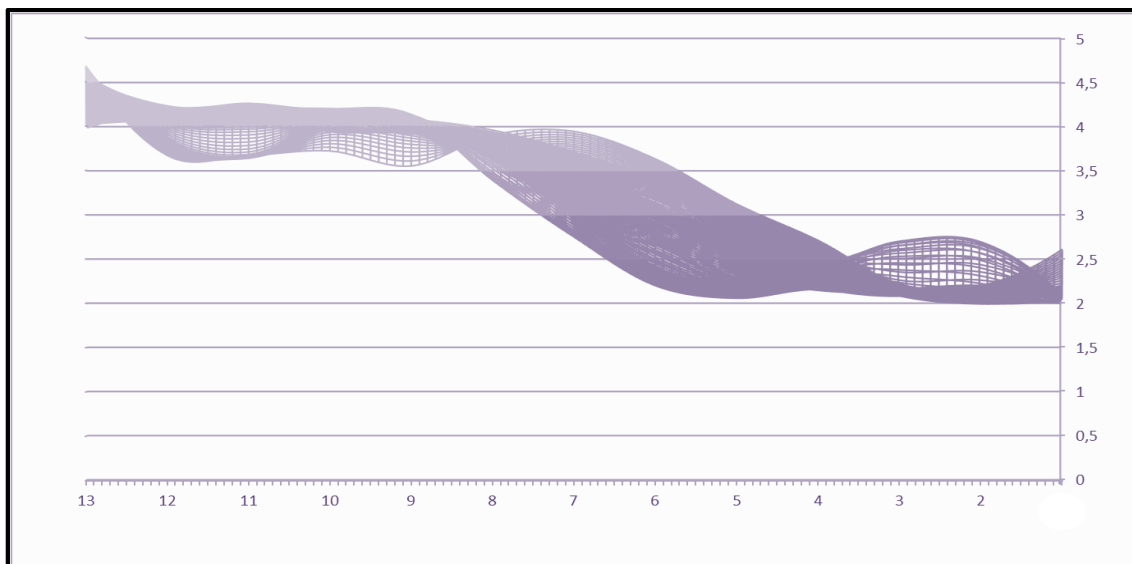


Figura 5. Vista lateral de la progresión de potencia esférica en lente 2.

Existe una constancia en valores próximos a +2 dioptrías desde el borde de la lente hasta 3mm antes de la zona de pupila. A partir de ahí aumenta progresivamente hasta alcanzar valores próximos a +4 dioptrías en la zona intermedia. Esta potencia se mantiene constante hasta el borde de la lente. La zona de pendiente es más ancha debido a que existe mayor diferencia de valores entre el.

Potencia cilíndrica.

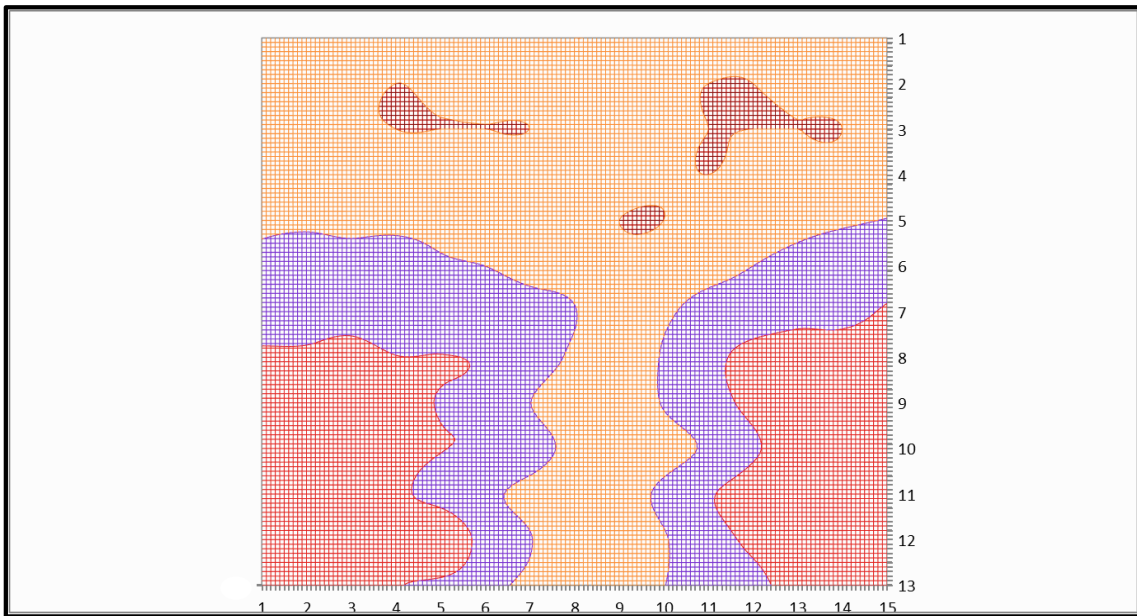


Figura 6. Progresión de potencia cilíndrica en lente 2.

La potencia cilíndrica aumenta a la derecha e izquierda del pasillo dejando a este libre de astigmatismo, pero con una anchura inferior de la adición de 1 D. Debido a los cilindros, el pasillo se encuentra ligeramente desplazado hacia la derecha. Esto ocurre como consecuencia a la convergencia que realizan los ojos al mirar en distancia próxima.

Ejes

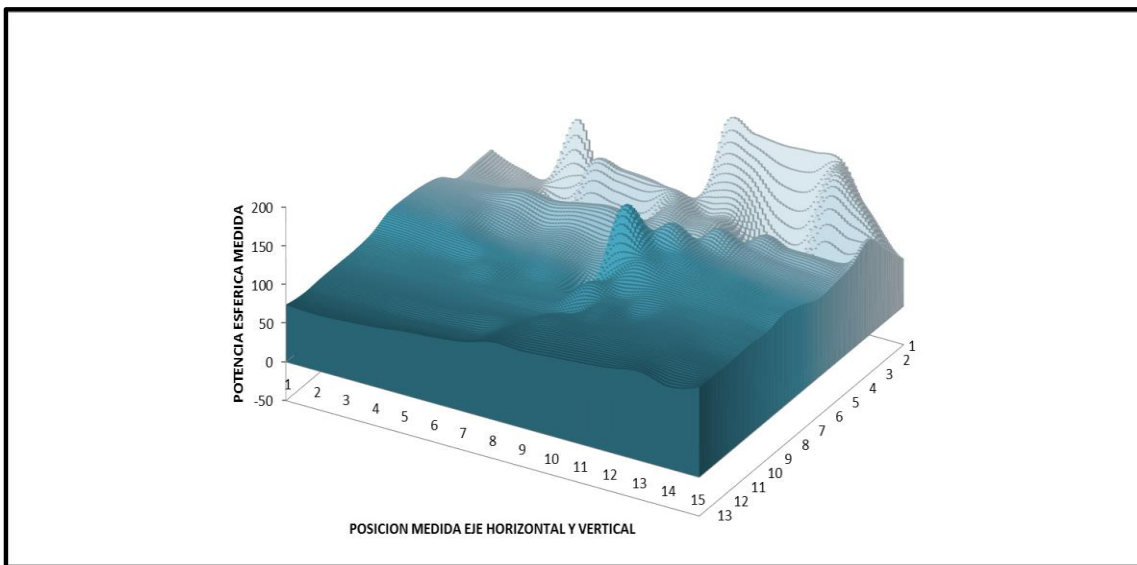


Figura 7. Orientación de ejes en lente2

En la zona central del inset los ejes no mantienen constancia ya que el valor del astigmatismo es muy pequeño y no se miden correctamente, sin embargo si muestran homogeneidad en los bordes.

Lente 3.

- Potencia +2
- Adición 3
- Pasillo 18mm
- Altura de montaje 22mm
- Índice de refracción 1'5
- Ojo derecho

Potencia esférica

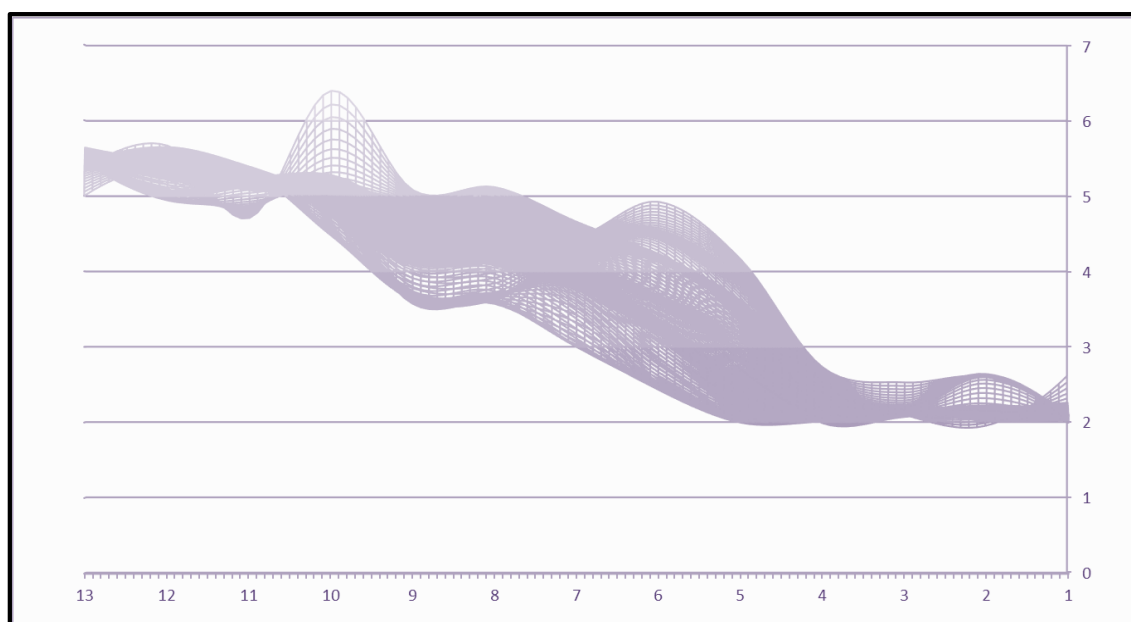


Figura 8. Vista lateral de la progresión de potencia esférica en lente 3.

La potencia es constante en +2 dioptrías desde el borde de la lente hasta 3 mm antes de la pupila (5). A partir de ese punto la potencia aumenta progresivamente hasta alcanzar el valor de +5

dioptrías 3 mm antes de la playa de cerca (11). La pendiente tiene un gran grosor debido a la diferencia entre los valores centrales y los periféricos. Sin embargo, esta potencia se mantiene constante en la playa de cerca.

Potencia cilíndrica

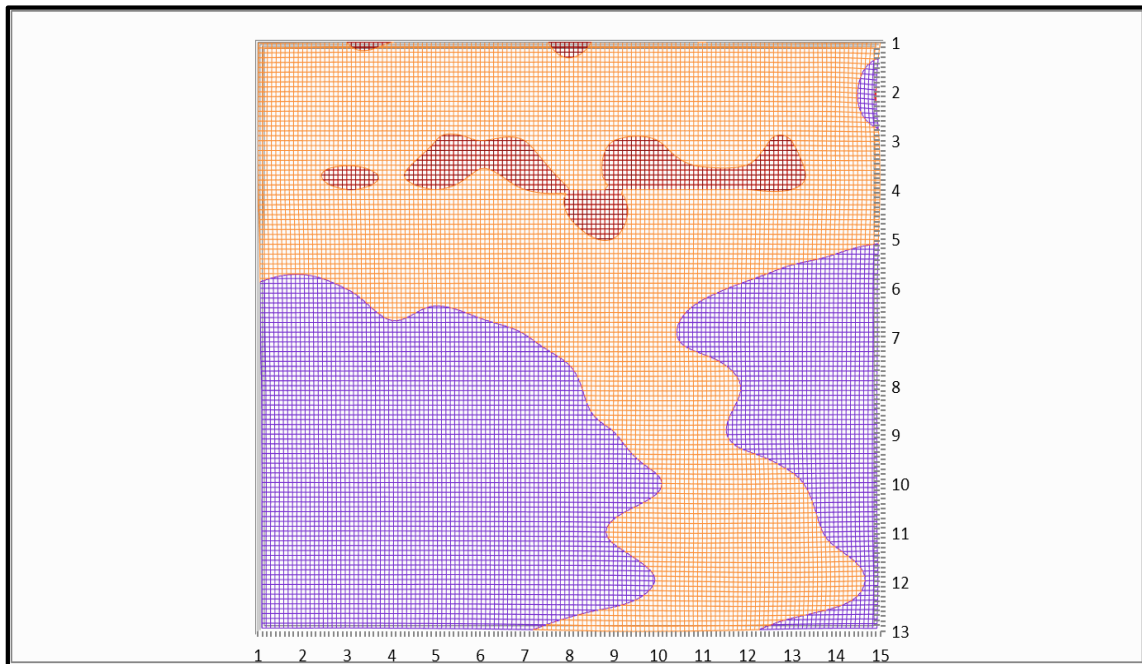


Figura 9. Progresión de potencia cilíndrica en lente 3.

Existen mayores astigmatismos en las zonas derecha e izquierda de la lente. En el pasillo y la zona de lejos la potencia cilíndrica es prácticamente nula. El pasillo de esta lente es más estrecho debido a la mayor adición y está más desplazado hacia la parte nasal que los anteriores.

Ejes

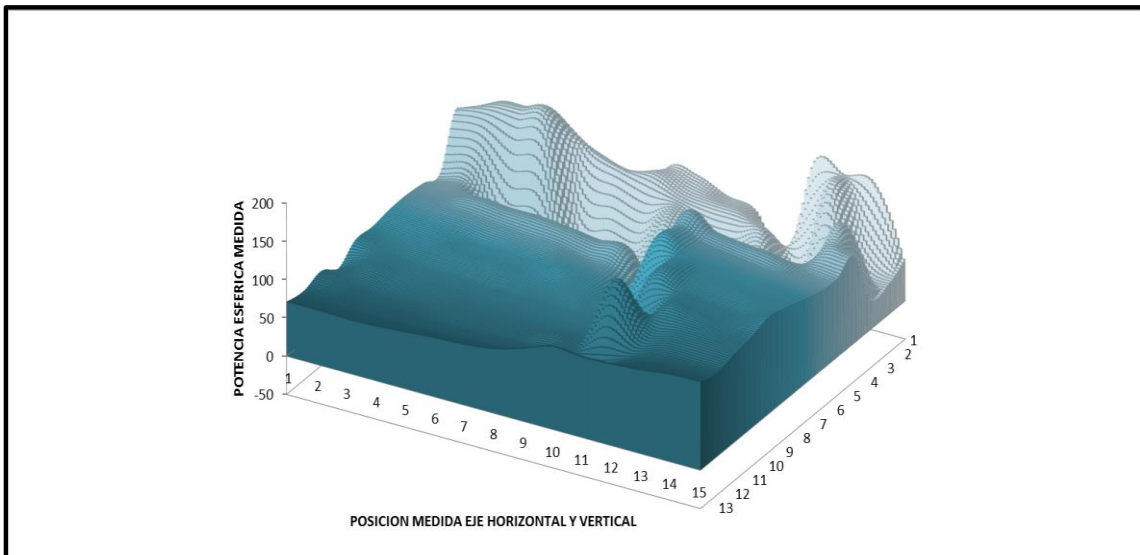


Figura 10. Orientación de ejes en lente 3.

Existe cierta constancia en la orientación de los ejes en aquellas zonas en las que la potencia cilíndrica es mayor. También apreciamos mayor estabilidad de ejes en las zonas periféricas temporales que en las nasales. En la zona de lejos y en el pasillo los ejes no son constantes.

Lente 4.

- Potencia -2
- Adición 1
- Pasillo 18mm
- Altura de montaje 22mm
- Índice de refracción 1'5
- Ojo derecho

Esfera

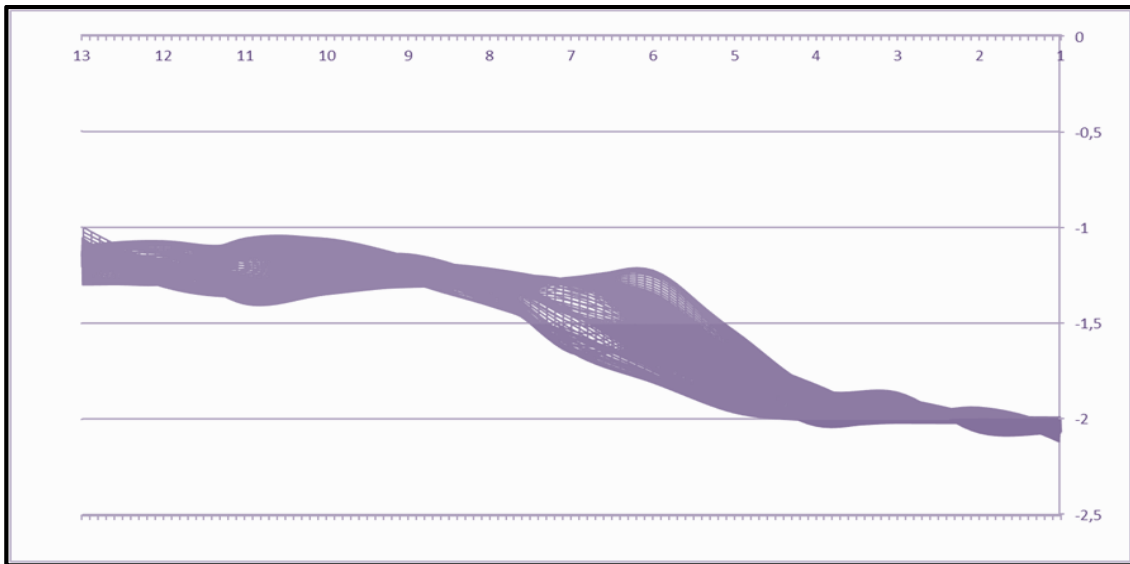


Figura 11. Vista lateral de la progresión de potencia esférica en lente 4.

La potencia de -2 dioptrías se mantiene constante hasta 3 mm antes de la pupila (5). A partir de la zona de potencia intermedia (8) la potencia se mantiene constante hasta el borde de la lente. Pero el comienzo de la progresión representa una mayor diferencia de valores entre el inset y la periferia.

Cilindro

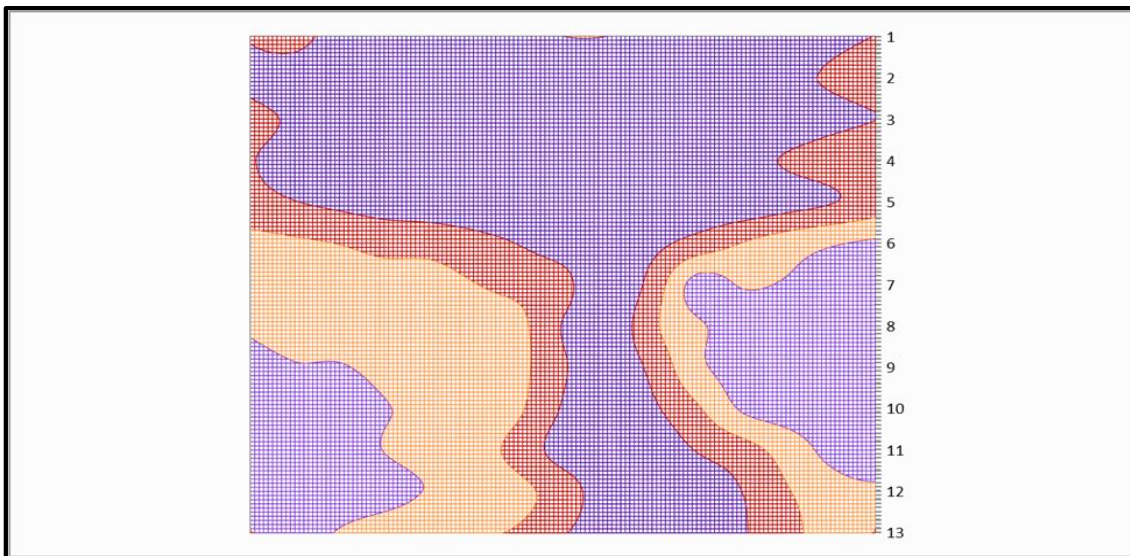


Figura 12. Progresión de potencia cilíndrica en lente 4.

La potencia cilíndrica aumenta a la derecha e izquierda del pasillo hasta los bordes de la lente dejando a este libre de astigmatismo. El pasillo está desplazado hacia la parte nasal, en la cual la potencia de los cilindros es mayor debido a que es una lente fabricada para ojo derecho.

Ejes

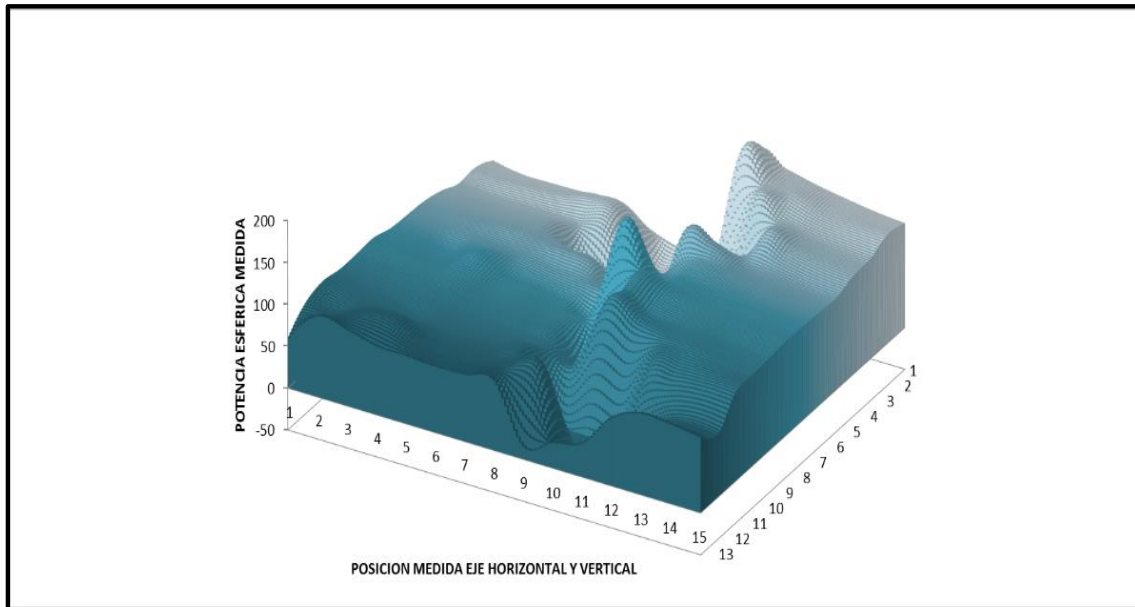


Figura 13. Orientación de los ejes en lente 4.

Los ejes son constantes a ambos lados del pasillo, donde la potencia cilíndrica es mayor. En la zona de lejos y el pasillo son irregulares debido a que el astigmatismo que existe en estas zonas es inapreciable.

Lente 5

- Potencia -2
- Adición 2
- Pasillo 18mm
- Altura de montaje 22mm
- Índice de refracción 1'5
- Ojo derecho

Esfera

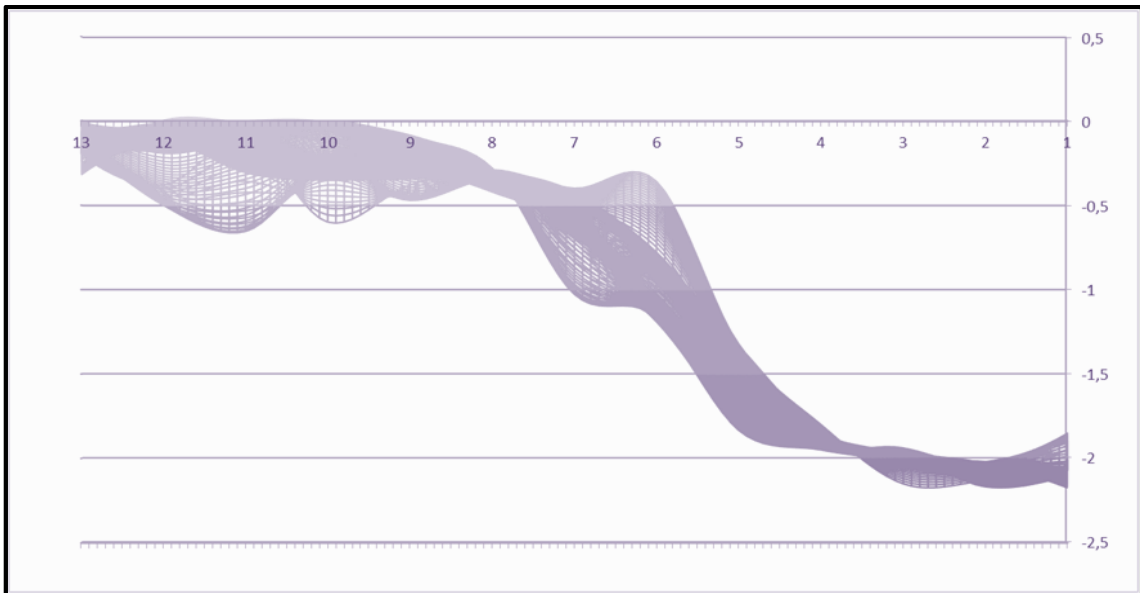


Figura 14. Vista lateral de la progresión de potencia esférica en lente 5.

La potencia de -2 se mantiene constante hasta 3mm antes de la pupila (5). Aumenta hasta alcanzar la potencia de 0 dioptrías 3 mm después de la zona de distancia intermedia y se mantiene constante hasta el borde de la lente.

Cilindro

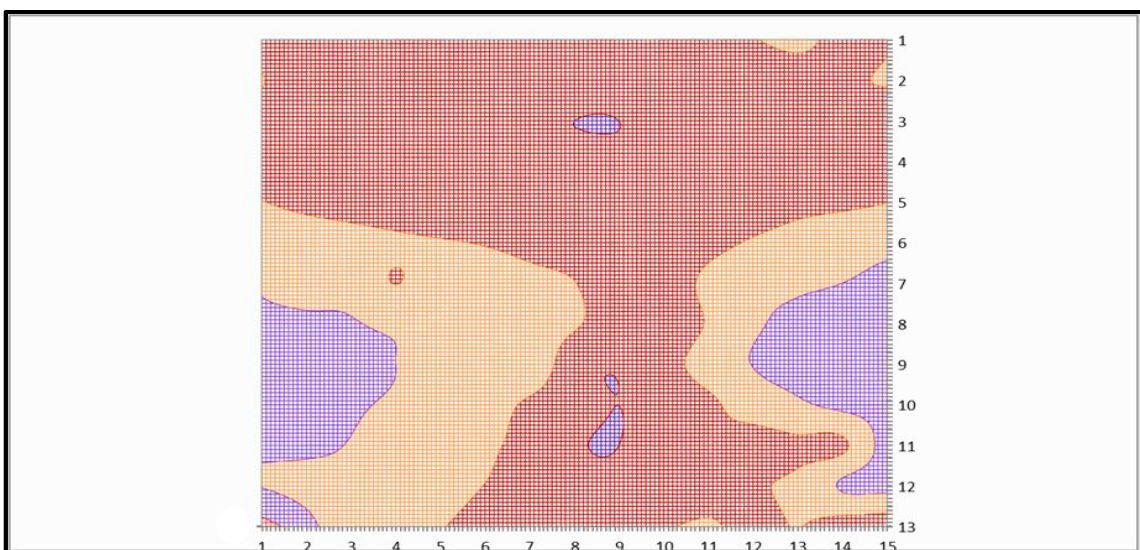


Figura 15. Progresión de potencia cilíndrica en lente 5.

La zona de lejos y el pasillo el astigmatismo es inapreciable, aunque se produce un aumento de éste aumenta a medida que nos desplazamos hacia los laterales de la lente. El pasillo se encuentra ligeramente desplazado hacia la zona nasal de la lente.

Ejes

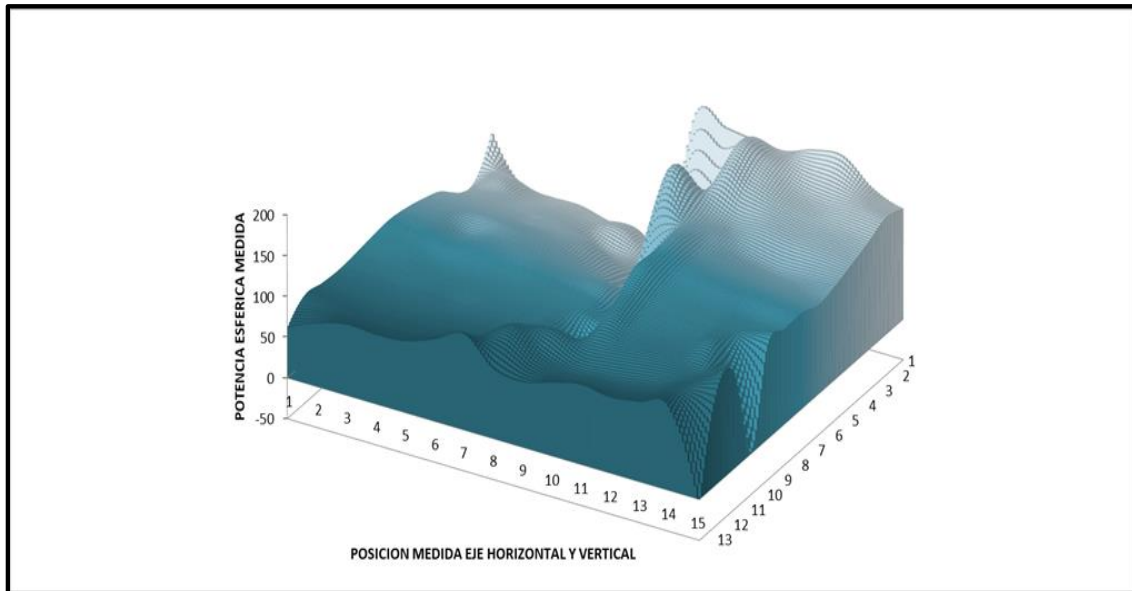


Figura 16. Orientación de ejes en lente 4.

La constancia de orientación de los ejes se mantiene en las zonas donde el astigmatismo es mayor; a la izquierda y derecha del pasillo de progresión, existiendo más fluctuaciones en la parte nasal.

Lente 6

- Potencia -2
- Adición 3
- Pasillo 18mm
- Altura de montaje 22mm
- Índice de refracción 1'5
- Ojo derecho

Esfera

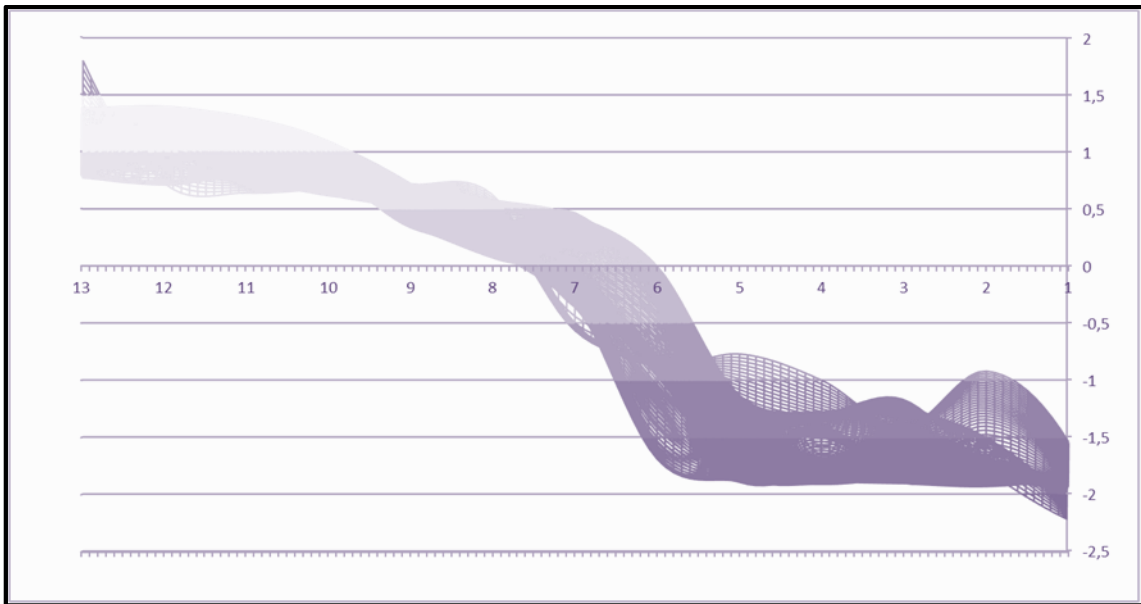


Figura 17. Vista lateral de la progresión de potencia esférica en lente 6.

En la zona de lejos la potencia se mantiene constante en valores próximos a -2 dioptrías, aunque existe cierta distorsión. La potencia esférica aumenta hasta alcanzar 1 dioptrías 3mm antes de la zona de cerca. A partir de ahí se mantiene constante hasta el borde de la lente.

Cilindro

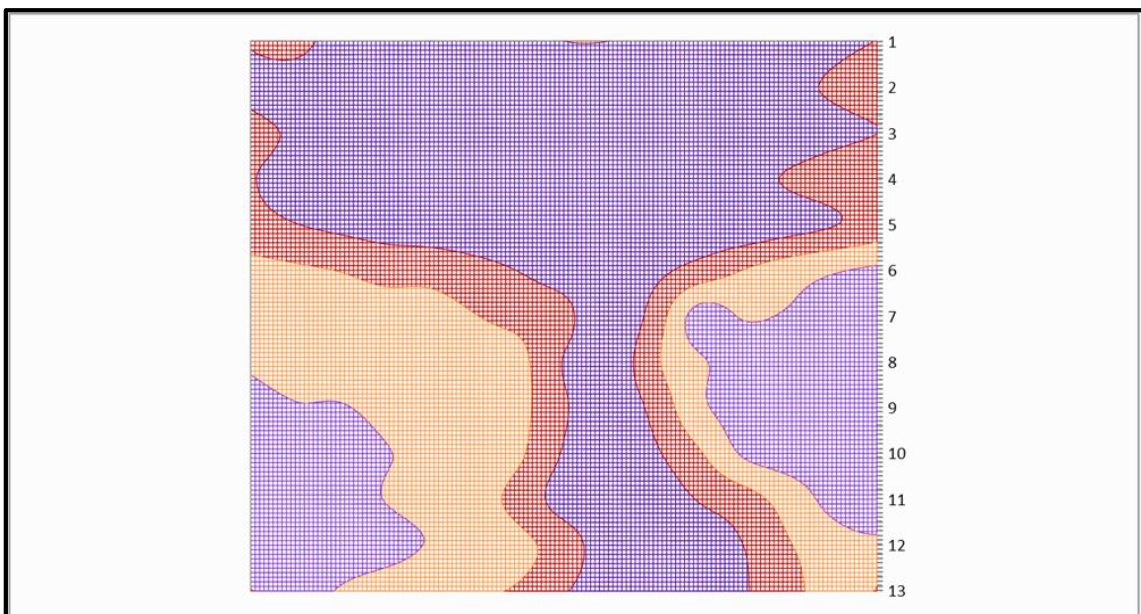


Figura 18. Progresión de potencia cilíndrica en lente 6.

La zona de lejos y el pasillo se encuentran libres de astigmatismo. La potencia cilíndrica aumenta progresivamente desde el pasillo hasta los bordes de la lente. El pasillo es más estrecho debido a la mayor adición y se encuentra desplazado hacia la parte nasal de la lente.

Ejes

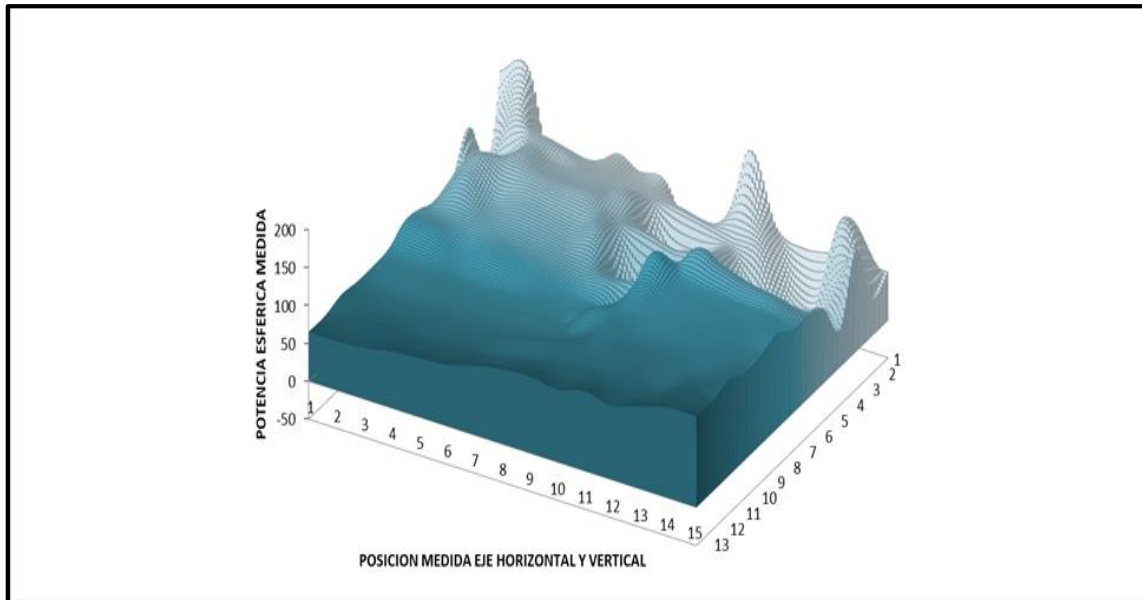


Figura 19. Orientación de ejes en lente 6.

Existe una mayor constancia a ambos lados del pasillo debido a que en esta lente la potencia cilíndrica es mayor. En la zona de lejos y el pasillo hay mayor variación en la orientación de los ejes.

Zona de potencia de cerca.

Potencia esférica de lentes positivas.

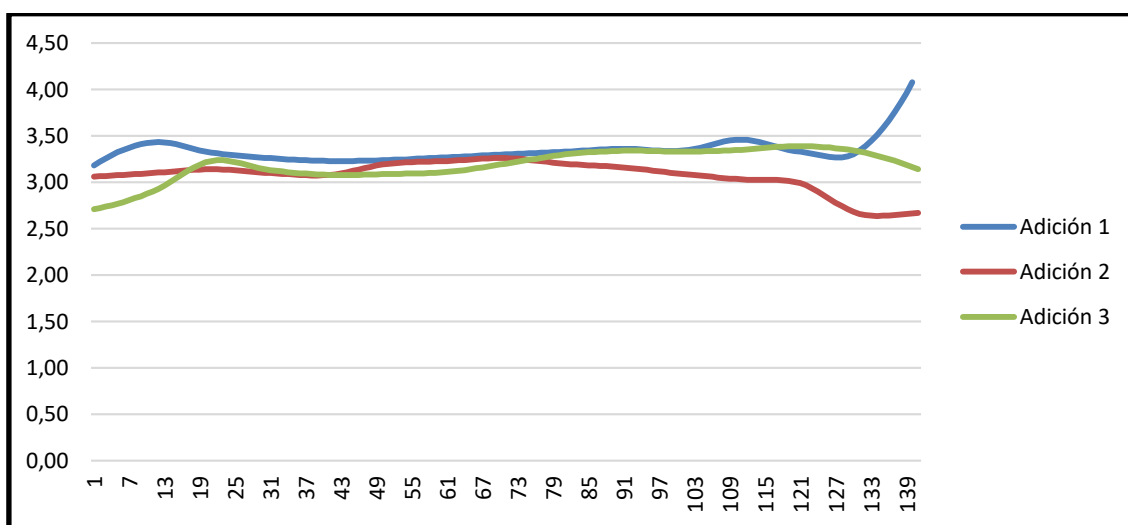


Figura 20. Potencias esféricas positivas en zona de cerca.

Estas líneas representan la progresión de la potencia esférica en un meridiano horizontal de la zona de cerca en cada una de las lentes positivas. En las tres lentes existe una constancia de potencia en esta zona, produciéndose un poco de distorsión en los bordes, más en la parte nasal que en la temporal.

Potencia esférica de lentes negativa

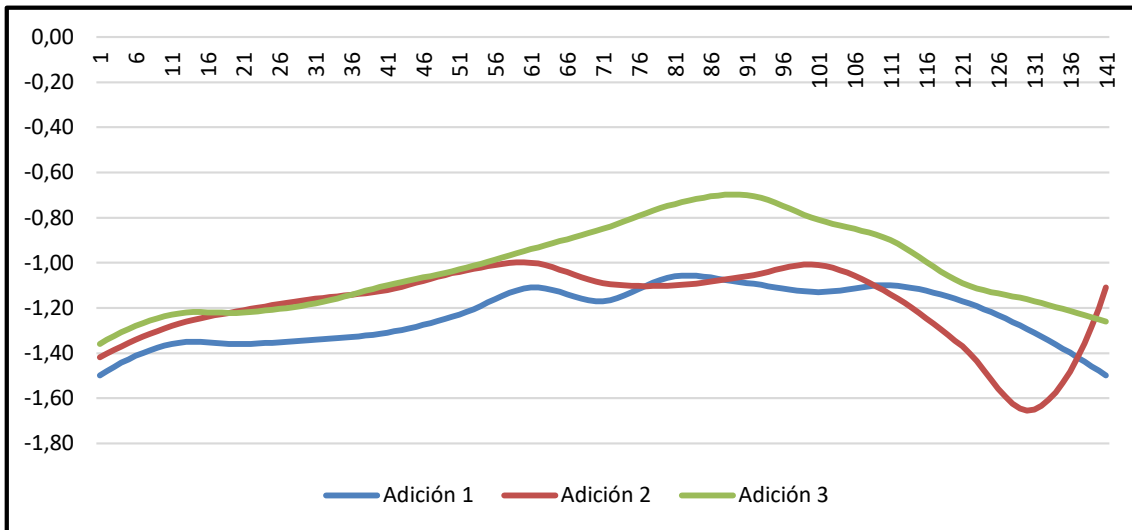


Figura 21. Potencias esféricas negativas en zona de cerca.

Estas líneas representan la progresión de la potencia esférica en un meridiano horizontal de la zona de cerca en cada una de las lentes negativas. En las tres lentes existe una constancia en la potencia de cerca, produciéndose un poco de distorsión en los bordes, más en la parte nasal que en la temporal. La lente en la que la potencia es más constante es la lente 3, de adición 1, seguida de la lente de adición 2 y la lente de adición 3.

Potencia cilíndrica de lentes positivas.

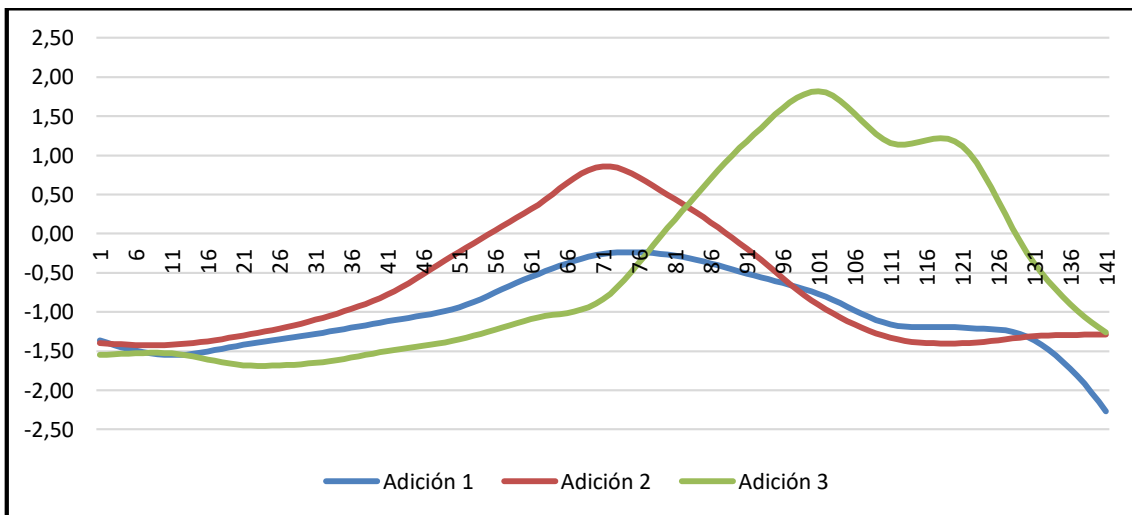


Figura 22. Potencias cilíndricas de lentes positivas en zona de cerca.

Estas líneas muestran la progresión de la potencia cilíndrica en un meridiano horizontal de las lentes positivas en la zona de cerca. En las tres lentes existe similitud en cuanto al patrón de variación de la potencia. En todas las lentes la potencia se reduce a valores próximos a 0 en la

zona de visión. En la lente de adición 1 la potencia cilíndrica es más constante que en las demás. La zona con valores próximos a 0 es mayor, por lo que la visión será más confortable. En la lente de adición 3 la zona de cerca libre de astigmatismo está desplazada nasalmente.

Potencia cilíndrica de lentes negativas.

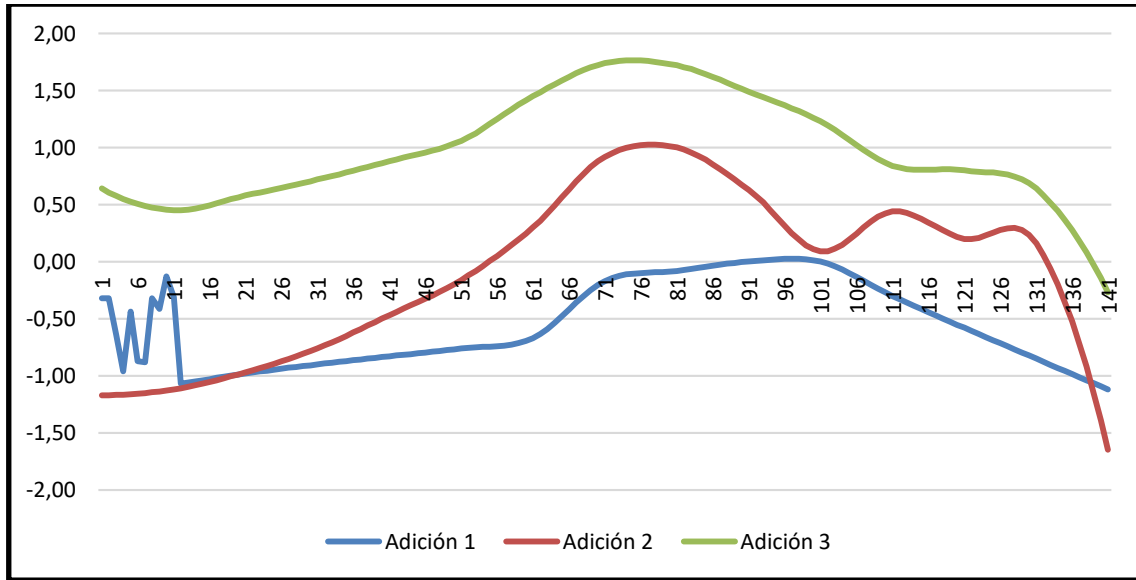


Figura 23. Potencias cilíndricas de lentes negativas en zona de cerca.

Estas líneas representan la progresión de la potencia cilíndrica a lo largo de un meridiano horizontal de la zona de cerca. En la lente de adición 1, al igual que la lente de potencia positiva, la zona de potencias próximas a 0 es mayor que en las de adición 2 y 3.

Zona de potencia de lejos.

Potencia esférica de lentes positivas.

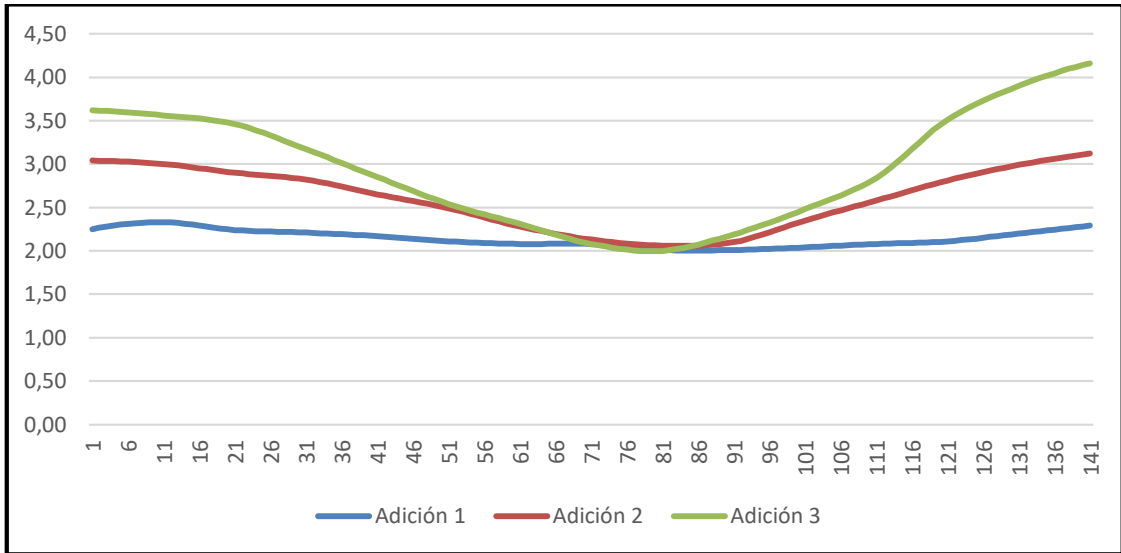


Figura 30. Potencias esféricas positivas en zona de lejos.

En esta gráfica se muestra como varía la potencia esférica positiva a lo largo de un meridiano horizontal en la zona de lejos. Las tres lentes mantienen la potencia de +2 en la parte central de la superficie. La constancia de esta potencia se pierde a medida que nos desplazamos a los bordes.

Potencia esférica de lentes negativas.

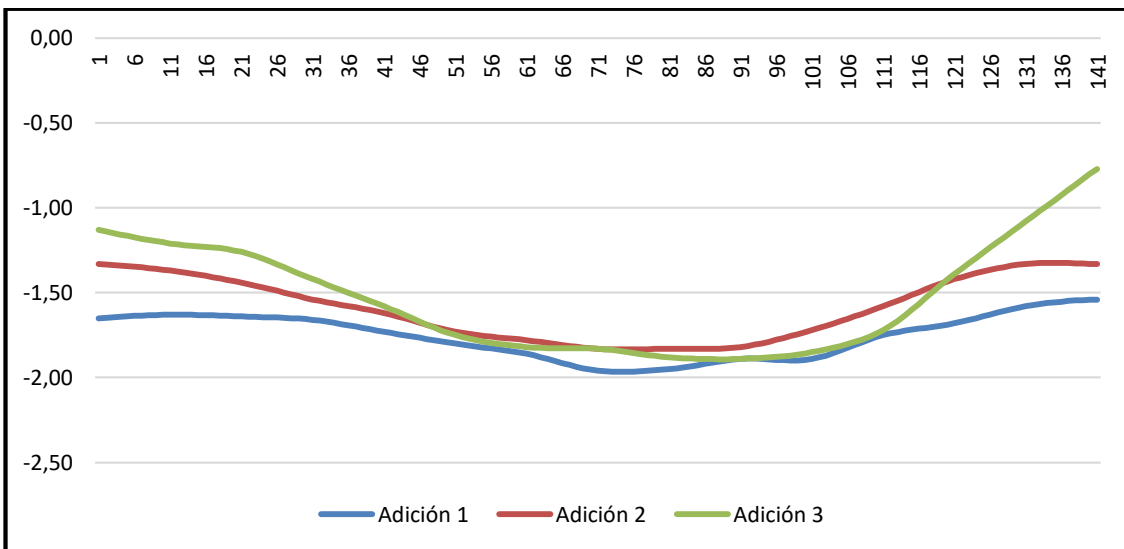


Figura 31. Potencias esféricas negativas en zona de lejos.

En esta gráfica se muestra como varía la potencia esférica negativa a lo largo de un meridiano horizontal en la zona de lejos. La potencia de -2 mantiene bastante constancia a lo largo de la lente, siendo la de adición 1 la que menos varía su potencia. En las tres disminuye la potencia en los bordes.

Potencia cilíndrica de lentes positivas.

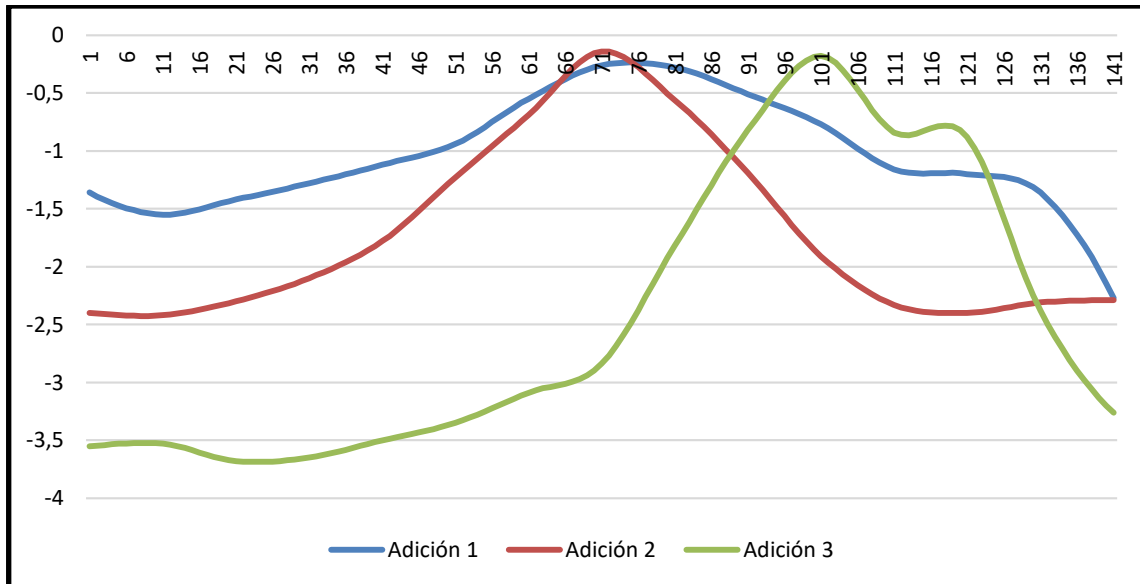


Figura 32. Potencias cilíndricas de lente positivas en zona de lejos.

En esta gráfica observamos la progresión del astigmatismo en un meridiano horizontal de la zona de lejos en las lentes positivas. La lente con menor astigmatismo a lo largo de esta zona es la de adición 1. En la zona de la pupila, en las tres lentes la potencia cilíndrica son valores muy próximos a 0.

Potencia cilíndrica de lentes negativas.

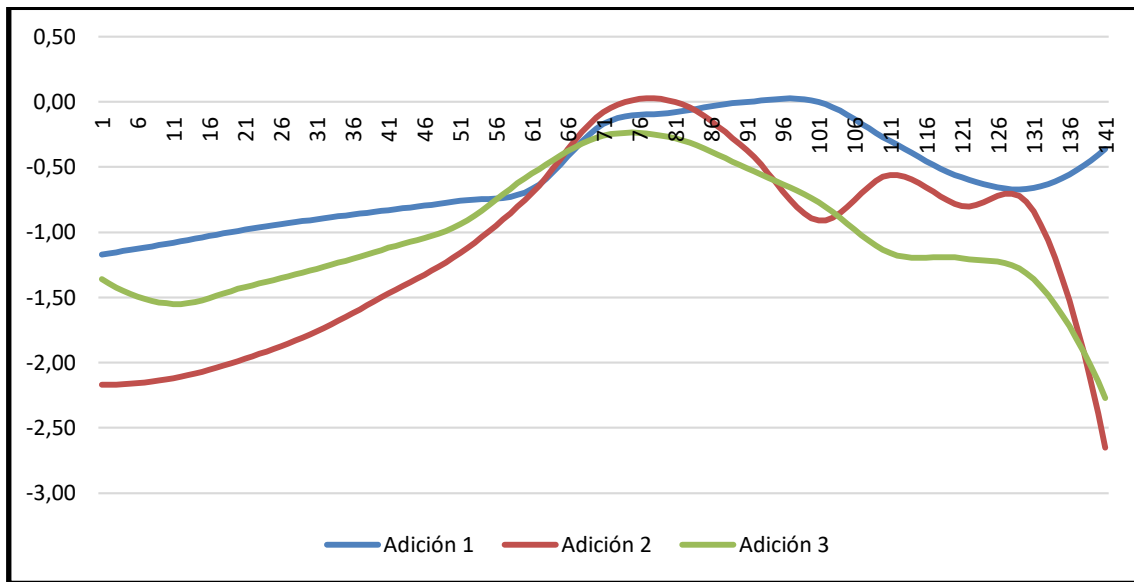


Figura 33. Potencias cilíndricas de lentes negativas en zona de lejos.

Esta gráfica representa la variación de la potencia cilíndrica a lo largo de un meridiano horizontal de las lentes negativas en la zona de lejos. La lente con menor astigmatismo en la zona de lejos es la lente de adición 3. En todas ellas la potencia cilíndrica se reduce a valores muy próximos a 0 en la zona de pupila.

Zona de potencia intermedia.

Potencia esférica de lentes positivas.

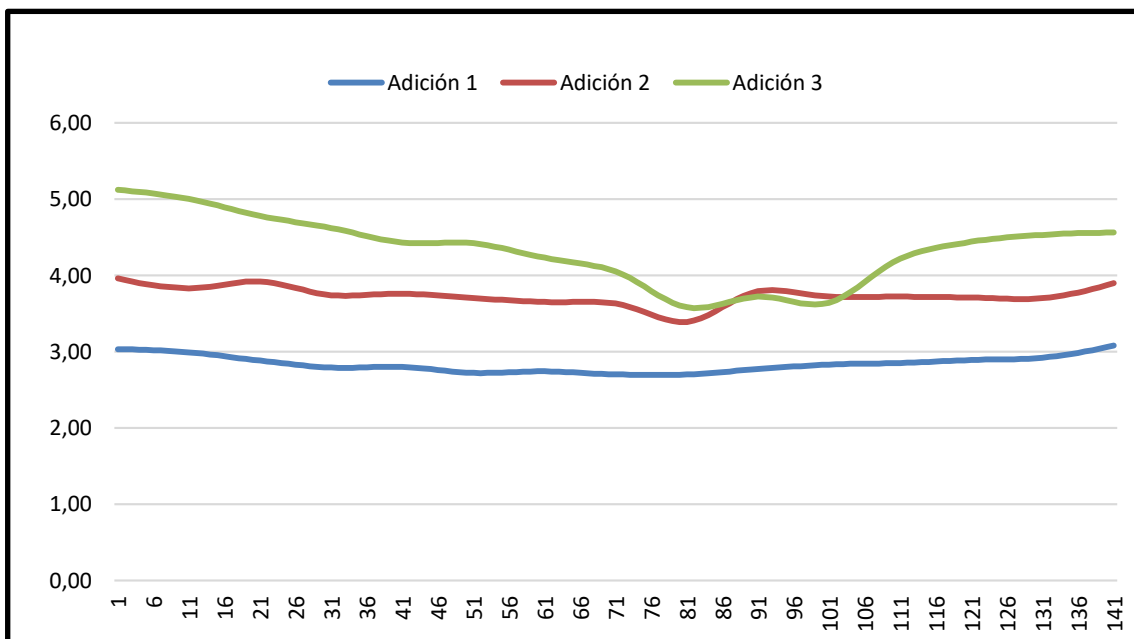


Figura 34. Potencias esféricas positivas en zona intermedia.

En esta gráfica está representada la progresión de la potencia esférica a lo largo de un meridiano horizontal de la zona intermedia de las lentes positivas. La potencia esférica en esta zona es bastante constante, aunque con adiciones más altas varía notablemente en los bordes de la lente

Potencia esférica de lentes negativas.

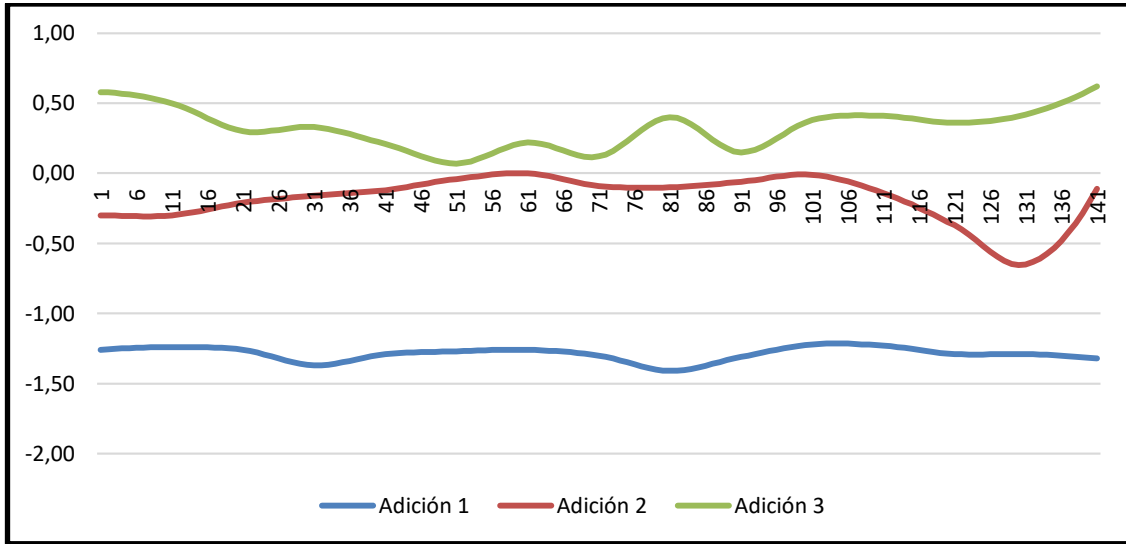


Figura 35. Potencias esféricas negativas en zona intermedia.

En las tres lentes la potencia esférica es bastante constante. Dentro de esta constancia, la de adición 1 es la que menos variación de potencia tiene.

Potencia cilíndrica de lentes positivas.

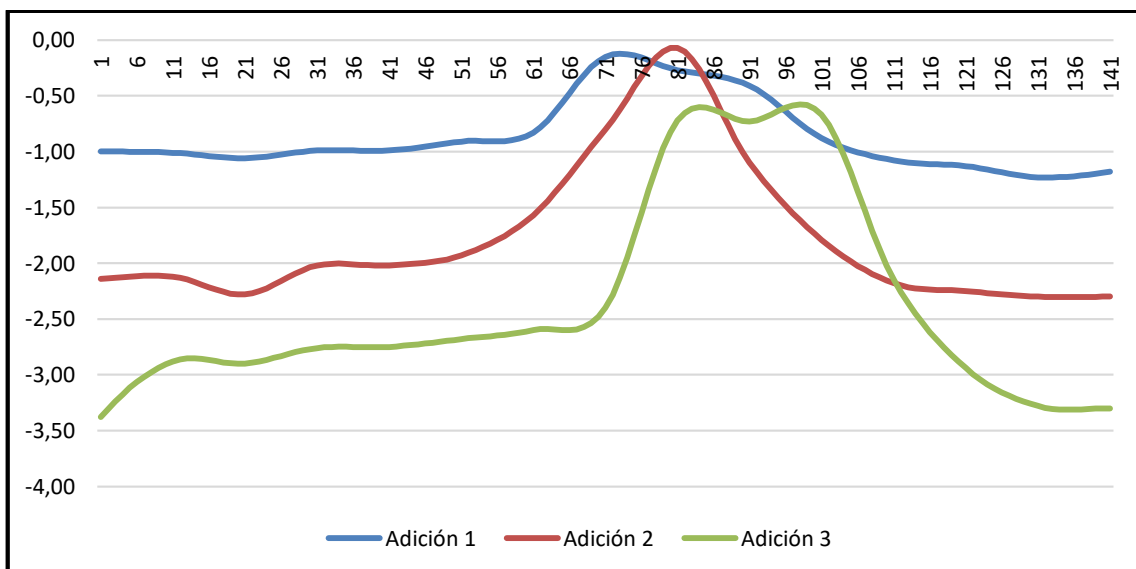


Figura 36. Potencias cilíndricas de lentes positivas en zona intermedia.

En esta gráfica se muestra la progresión del astigmatismo a lo largo de un meridiano horizontal de la zona intermedia en lentes positivas. La lente de menor potencia cilíndrica es la de adición 1. La zona del pasillo de progresión es la que más valores próximos a 0 posee, lo que significa que tiene un pasillo mayor. En la lente de adición 3, el pasillo está desplazado hacia nasal.

Potencia cilíndrica de lentes negativas.

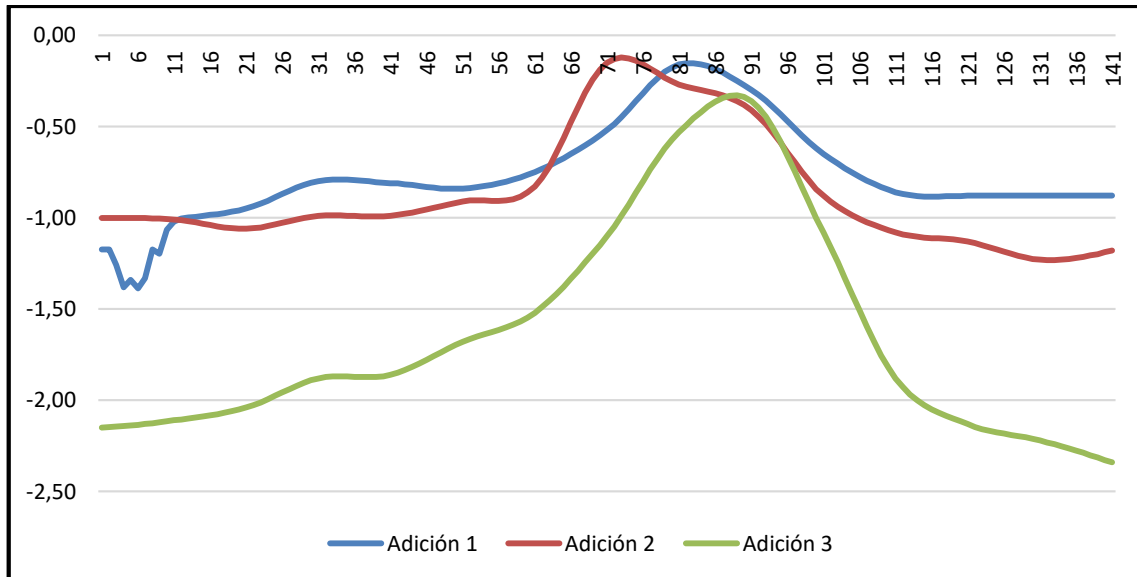


Figura 37. Potencias cilíndricas de lentes negativas en zona intermedia.

Estas líneas muestran la progresión de la potencia cilíndrica a lo largo de un meridiano horizontal de la zona intermedia en las lentes negativas. La lente con menos potencia astigmática es la lente de adición 1. Todas poseen valores muy próximos a 0 en el pasillo de progresión, aunque la que más se mantiene en estos valores en esta zona es la lente de adición 1.

CONCLUSIONES.

- 1.- La progresión de potencia esférica desde la zona de lejos hasta la zona de cerca es más suave, tiene menos pendiente y existe menos diferencia entre zonas periféricas y zonas centrales en lentes de baja adición tanto positivas como negativas.
- 2.- Existe una mayor homogeneidad de la potencia esférica en los meridianos horizontales de la superficie, en lentes positivas y negativas de baja adición.
- 3.- Atendiendo a la potencia cilíndrica indeseada, podemos concluir que en lentes positivas el valor del cilindro es mayor que en lentes negativas.
- 4.- Los pasillos de progresión son más estrechos en lentes positivas.
- 5.- Las lentes de baja adición tienen un pasillo más ancho que las lentes de adiciones medias y las de adición media más ancho que las lentes de adición alta, tanto en lentes positivas como en lentes negativas.
- 6.- La orientación de los ejes del astigmatismo se comporta de manera similar en todas las lentes, independientemente del valor de la potencia esférica o la adición.
- 7.- Los ejes son más constantes en la parte temporal que en la parte nasal de la lente.
- 8.- Los ejes son irregulares en el pasillo de progresión, debido al valor reducido del astigmatismo en esta zona.
- 9.- En el meridiano horizontal de la zona de cerca la potencia se mantiene más constante a lo largo de ese meridiano en lentes positivas que en lentes negativas, independientemente de la adición.
- 10.- En la zona intermedia los astigmatismos juegan un papel primordial en la amplitud del pasillo horizontal, siendo las adiciones más pequeñas las que tienen pasillos más anchos.
- 11.- En el meridiano horizontal de la zona de lejos la potencia esférica adquiere un valor bastante elevado en los bordes de la lente, sobretodo en la parte nasal.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Boix y Palacián JM. Lentes progresivas. Evolución científica hasta la quinta generación. 1ªed. Madrid: Complutense; 2000
2. Conejero Domínguez JJ. Análisis de adaptación de lentes progresivas. 1ª ed. Alemania: Publicia;2013
3. Esser, G. et al. Generalization of the Minkwitz theorem to nonumbilical lines of symmetrical surfaces. 2017;2017.
4. Flores JR. Lentes progresivas. En: Salvadó Arqués J, Fransoy Bel M. Directores. Tecnología óptica. 1ª ed. 1996: Barcelona; Politext. P.201-15
5. Gil de Río E. Presbicia. En: Gil del Río E, editor. Óptica Fisiológica. Clínica. Refracción. 5.ª ed. Barcelona: Toray 1984. p.526-535
6. Guzmán. Lentes de contacto multifocales ¿Solución a la presbicia?; 2003
7. Indobox-indo.com [Internet] España: Xavier Fontova: 2001. En línea]. [Consultado en mayo de 2017] Disponible en: <http://www.indobox-indo.com/>
8. Morgan PB, Efron N. Contact lens correction of presbyopia. Cont Lens Anterior Eye. 2009; 32 (4): p.191-192
9. Wilson II FM. Optics, refraction and contact lenses. Basic and Clinical Science Course. P.O. Box. 1989; 105(2): p.172