

***ANÁLISIS DE MAPAS DE POTENCIA  
DE LENTES PROGRESIVAS EN  
FUNCIÓN DE LA LONGITUD DEL  
PASILLO DE PROGRESIÓN***

*Carmen Vázquez Pérez  
Universidad de Sevilla  
Facultad de Farmacia*





UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Trabajo Fin de Grado

ANÁLISIS DE MAPAS DE POTENCIA DE  
LENTES PROGRESIVAS EN FUNCIÓN DE  
LA LONGITUD DEL PASILLO DE  
PROGRESIÓN

Carmen Vázquez Pérez

Departamento de Física de la Materia Condensada

Trabajo Experimental

Tutor: Juan José Conejero Domínguez

En Sevilla, julio de 2018

## RESUMEN

En el trabajo desarrollado se realiza un análisis de distintos gráficos y mapas de potencia de 6 lentes progresivas medidas en el laboratorio de tecnología óptica con el frontofocómetro automático, de las cuales 3 son negativas y 3 positivas. Todas ellas poseen el mismo diseño, la diferencia la encontramos en la longitud del pasillo de progresión.

Inicialmente, se describen los objetivos principales de nuestro trabajo, que consisten en la comparación de los mapas de potencia esférica y cilíndrica de las 6 lentes buscando diferencias entre ellas, en la búsqueda de la mejor uniformidad lateral mediante el cálculo del equivalente esférico, y en el análisis y comparación de mapas de potencia obtenidos con un mapeador.

A continuación, se realiza una introducción al proyecto experimental, donde se tratan temas necesarios para su comprensión. Estos son el proceso de acomodación del globo ocular, la presbicia y principalmente, las lentes progresivas. Se introduce una definición detallada sobre el concepto de lente progresiva, así como su historia, tipos, diseño, utilización y campos visuales.

También se desarrolla la metodología empleada, donde se incluyen las palabras clave utilizadas para la búsqueda de información: progressive lenses, accommodation, presbyopia, etc., y distintas bases de datos. Además, se incorpora una explicación detallada acerca de la realización de los gráficos y de las medidas, así como el material utilizado y las características de las lentes.

Seguidamente, se incluyen los gráficos y mapas de potencia obtenidos. Se hace un análisis de resultados para cada uno de ellos y se lleva a cabo la discusión constatando las diferencias existentes entre las lentes en función de la longitud del pasillo de progresión.

Finalmente, se obtienen las conclusiones de nuestro proyecto.

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN.....   | 5  |
| 1. LENTES PROGRESIVAS.....                                    | 6  |
| 1.1 Superficies progresivas.....                              | 9  |
| 1.2 Campos visuales.....                                      | 9  |
| 1.3 Pasillo de progresión y zonas marginales.....             | 10 |
| 1.4 Tipos de diseño.....                                      | 10 |
| 1.5 Marcaje, puntos de referencia para montaje, centrado..... | 11 |
| 1.6 Indo Ingenia.....   | 12 |
| OBJETIVO.....   | 14 |
| METODOLOGÍA.....  | 15 |
| 1. MATERIAL UTILIZADO:.....                                   | 17 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                                   | 19 |
| 1. ESFERA:.....   | 19 |
| 1.1 Lente 1.....  | 19 |
| 1.2 Lente 2.....  | 20 |
| 1.3 Lente 3.....  | 21 |
| 1.4 Lente 4.....  | 22 |
| 1.5 Lente 5.....  | 23 |
| 1.6 Lente 6.....  | 24 |
| 2. CILINDRO:.....   | 25 |
| 2.1 Lente 1:.....   | 25 |
| 2.2 Lente 2:.....   | 25 |
| 2.3 Lente 3:.....   | 26 |
| 2.4 Lente 4:.....   | 27 |
| 2.5 Lente 5:.....   | 27 |
| 2.6 Lente 6:.....   | 28 |
| 2.7 Porcentajes de astigmatismo en lentes:.....               | 28 |
| 3. EQUIVALENTE ESFÉRICO:.....                                 | 30 |
| 3.1 Lentes negativas:.....                                    | 30 |
| 3.2 Lentes positivas:.....                                    | 32 |
| 3.3 Comparación general de uniformidad lateral:.....          | 33 |
| 4. MAPAS DE POTENCIA:.....                                    | 34 |
| 4.1 Esfera:.....  | 34 |
| 4.2 Cilindro:.....  | 34 |
| CONCLUSIONES.....   | 35 |

|                   |    |
|-------------------|----|
| BIBLIOGRAFÍA..... | 37 |
| ANEXO I .....     | 38 |

## INTRODUCCIÓN

Para entender el proyecto se considera necesario conocer varios conceptos, como son los descritos a continuación:

La acomodación se define como cambios que se producen en el estado refractivo del ojo para poder enfocar a distintas distancias con el fin de mantener la imagen en la retina, para ello, el cristalino se aplana o aumenta su curvatura (Almutairi et al., 2017). Estos cambios no se precisan en distancias infinitas, pero son necesarios para el enfoque a distancias más cortas (Editor et al., 2018).

El proceso de acomodación es posible gracias a la contracción de los músculos ciliares del ojo y a la relajación de la zónula (figura 1), que une el cuerpo ciliar a la lente (cristalino). Tras este proceso, se produce un engrosamiento y un aumento de la curvatura del cristalino (figura 2), incrementando el poder dióptrico ocular (Plainis et al., 2014).

Generalmente, este proceso, va a permitir enfocar la imagen de un objeto situado a una distancia próxima en la fovea de un sujeto no presbita. También se relaciona con el enfoque de la imagen retiniana en visión lejana.

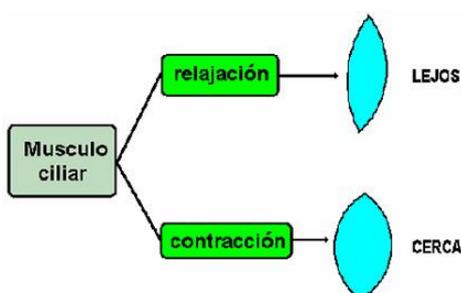


Figura 1: Proceso de acomodación.  
<https://goo.gl/qjEPuy>

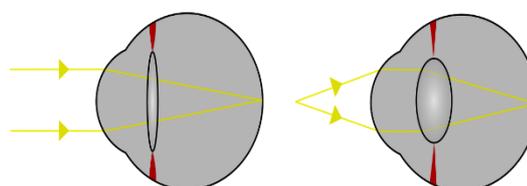


Figura 2: Cambios en el cristalino.  
<https://goo.gl/Ndm7Z8>

La pérdida de acomodación conduce a la *presbicia*: ¿Qué es?

Este término aparece a partir de la unión de dos términos griegos: *presby-* cuyo significado es «viejo» y *-tes* que significa «propio de», es decir «propio de viejos». Esto se refiere a que la presbicia o *presbiopía* es una alteración que, normalmente, no se da en personas jóvenes (Martín and Vecilla, 2010).

La presbicia es una anomalía que afecta normalmente a personas emétopes y amétopes mayores de 40-45 años, produciendo una disminución de la amplitud de acomodación con el paso de los años y, con ello, el alejamiento del punto próximo (Cunill et al., 2005). Esta también

se conoce como “vista cansada” y se trata de la pérdida de capacidad de enfoque por parte del cristalino, la lente encargada de la acomodación ocular. El cristalino, al igual que el resto de órganos del cuerpo, envejece, lo que causa dificultad/incapacidad para ver de cerca.

La incapacidad para ver de cerca es el principal síntoma de la presbicia y no había tenido gran importancia hasta el siglo XIII, cuando por razones de alfabetización o por el mayor envejecimiento de la población comienza a tenerla, principalmente en Abadías, Monasterios, Universidades... donde aparece el interés por la lectura y escritura (Jose and Domínguez, 2012).

A pesar de ser éste el síntoma principal, existen algunos más a causa de esta anomalía, como pueden ser: alejamiento del texto para ver las letras con claridad, necesidad de luz para leer, fatiga ocular durante o después del trabajo en cerca... (Martín and Vecilla, 2010).

Actualmente, existen distintas opciones para la corrección de la «presbiopía»: lentes oftálmicas, lentes de contacto, combinación de ambas o cirugía refractiva. Entre las lentes oftálmicas, la lente progresiva puede considerarse como la lente de elección para la mayoría de los pacientes, siendo el objeto de estudio de nuestro trabajo.

## **1. LENTES PROGRESIVAS.**

Desde principios del siglo XX se ha pensado en la posibilidad de fabricar lentes oftálmicas en las que la potencia aumenta de forma progresiva desde la zona de lejos (situada habitualmente en la parte superior de la lente) a la zona de cerca (situada en la parte inferior). Estas lentes surgen con el objetivo de ser utilizadas principalmente en pacientes présbitas, que han perdido la capacidad para enfocar a distancias más cortas debido al envejecimiento del cristalino.

Las lentes progresivas producirían un cambio gradual de potencia en lugar de un cambio brusco, como ocurre con las lentes de tipo bifocal (dos zonas con distintas potencias bien diferenciadas, produciendo un salto de imagen al cambiar la visión de lejos a cerca y viceversa, además de ser menos estéticas). Las ventajas que tendría la fabricación de este tipo de lentes serían:

- Cambio gradual de la acomodación del ojo del paciente al pasar de lejos a cerca, como ocurre en ojos no présbitas.
- Existencia de potencias intermedias.
- Carecen de salto de imagen.

- Estética: eliminación de línea de separación visible entre la zona de lejos y la zona de cerca, lo que aumenta la predisposición del paciente para su utilización, además de tener la ventaja de la utilización de una sola gafa para ver a todas las distancias.

La primera lente progresiva es patentada por Owen Aves en Inglaterra, 1907. A pesar de ello, no existían tecnologías adecuadas en aquella época para su fabricación. En 1914, Gowlland patentó, sin éxito, la que sería la primera lente progresiva en producirse comercialmente. En el año 1959, Maitenaz patentó la lente Varilux 1, fabricada por Essel Optical. Esta lente estaba formada por una superficie anterior progresiva y una superficie posterior esférica o tórica, tenía 3 zonas útiles de visión (figura 3) y 2 zonas de aberraciones:

- “Zona de lejos: de potencia constante, está situada en la parte superior de la lente y es correspondiente a la visión de lejos.”
- “Zona de cerca: de potencia constante, se sitúa en la parte inferior de la lente y corresponde a la visión de cerca.”
- “Pasillo de progresión: comunica la zona de lejos y la de cerca, variando de forma continua la potencia entre estas dos zonas. “
- “Zonas marginales: zonas laterales donde aparecen aberraciones ópticas no aptas para la fijación foveal, y que, por tanto, empeoran la calidad visual.”



*Figura 3: Lente progresiva. Diferenciación de las distintas zonas de visión, pasillo de progresión y zonas marginales.*  
<https://goo.gl/T3S82a>

La gran mayoría de las lentes progresivas fabricadas posteriormente siguieron el mismo modelo.

Al poco tiempo de aparecer la lente Varilux 1, G. Minkwitz, alemán, establece un teorema que va a ser fundamental para el posterior desarrollo de las lentes progresivas. El objeto es construir superficies en las que la potencia varíe de forma gradual manteniendo esfericidad total. Esto significa que, aunque la potencia varíe de unos puntos a otros de la lente, existirá un punto al que llamaremos umbílico en el que las curvaturas de la superficie son idénticas en todas las direcciones.

Se puede fabricar una superficie que posea una sucesión de puntos umbílicos en un meridiano: «meridiano umbílico», a lo largo del cual la potencia varíe.

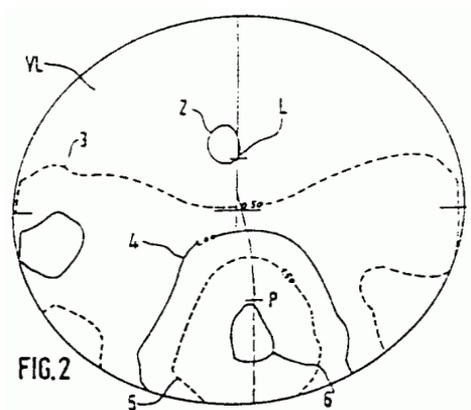
Fuera del meridiano umbilical existe astigmatismo de forma forzosa, ya que, si se fabrica una lente en la que en zonas distintas al meridiano también existen puntos umbílicos, crearíamos una superficie que sería un trozo de esfera sin progresión (Montés Micó, 2011; Flores, 2018).

El *teorema de Minkwitz* establece que, en una superficie no esférica, existe una variación de astigmatismo en dirección perpendicular al meridiano umbilical. El astigmatismo en esta dirección crece el doble de rápido de lo que lo hace la potencia esférica a lo largo del meridiano (Sheedy et al., 2005).

Actualmente, las lentes progresivas son lentes multifocales monobloque que poseen el mismo diseño que se ha descrito anteriormente (figura 3). Estas se construyen en torno a un meridiano umbilical.

Asumiendo que el ojo tolera cierto valor de astigmatismo, la región que se encuentra alrededor del meridiano umbilical con un astigmatismo muy bajo, constituye un pasillo que conecta las zonas de lejos y de cerca de la lente. Este se conoce con el nombre de pasillo de progresión.

*Inset:* En las lentes modernas, la línea umbilical se desplaza de forma horizontal hacia el lado nasal para permitir que los ejes visuales pasen por el centro del pasillo de progresión al converger en visión cercana (Montés-Micó, 2011).



*Se puede observar el desplazamiento hacia la zona nasal del meridiano principal.*

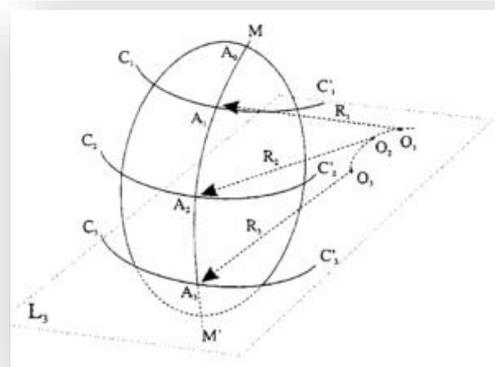
**Figura 4:** Meridiano principal en una lente progresiva.

<https://goo.gl/ei7NBw>

### 1.1 Superficies progresivas.

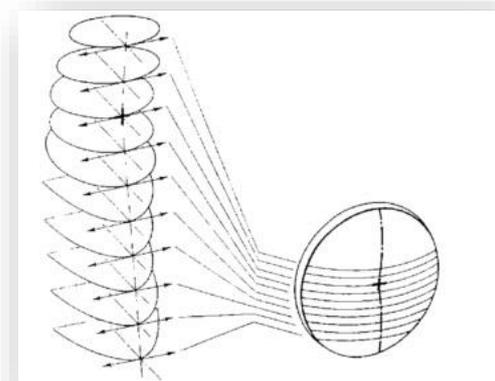
Esféricas: Constan de un meridiano principal (consideramos vertical) formado por puntos umbílicos, que divide en dos partes iguales la lente. En este meridiano la potencia varía de forma continua y monótona. Esta potencia es mínima en la parte superior y máxima en la inferior.

Las secciones ortogonales al meridiano principal son arcos de circunferencia (figura 5).



*Figura 5: Superficie progresiva esférica (Flores, 2018).*

Asféricas: En este tipo de superficies las secciones ortogonales al meridiano principal son curvas convexas más complejas. La lente Varilux 2 es una mejora de la Varilux 1 y en ella las secciones circulares son sustituidas por secciones cónicas (figura 6) (Flores, 2018).



*Figura 6: Superficie progresiva asférica (Flores, 2018).*

### 1.2 Campos visuales.



*Figura 7: Zonas de visión en lejos, intermedio y cerca. Transición suave entre cada una de ellas.*

<https://goo.gl/rvV6Ng>

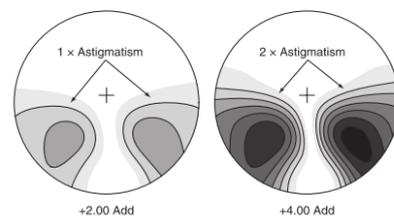
Las lentes progresivas ofrecen un amplio campo de visión a 3 niveles para personas presbitas (figura 7).

### 1.3 Pasillo de progresión y zonas marginales.

El pasillo de progresión de una lente se define como la distancia que separa la curvatura mínima (situada en la zona de lejos) y la curvatura máxima (situada en la zona de cerca) de la superficie de la lente a lo largo del meridiano central. Esta definición, en la práctica, puede ser distinta.

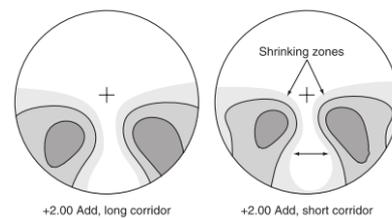
Como se ha descrito anteriormente, el meridiano umbilical o central se encuentra en el centro del pasillo de progresión. Fuera de este meridiano comienza a haber astigmatismo que crece en dirección perpendicular. Al aplicar el teorema de Minkwitz se pueden deducir dos pautas importantes con respecto a la óptica en las regiones centrales de una lente progresiva:

- El valor del astigmatismo no deseado existente en la periferia de la lente es aproximadamente proporcional a la adición de ésta. Es decir, a mayor adición, más estrecha será la zona intermedia (figura 8).



*Figura 8: Astigmatismo en función de la adición (Meister and Fisher, 2008).*

- Los diseños de lentes con longitudes de pasillo más cortas producen mayor astigmatismo no deseado en la zona periférica de la lente. Es decir, mientras más corto el pasillo de progresión, más estrecha la zona intermedia (figura 9) (Meister and Fisher, 2008).



*Figura 9: Astigmatismo en función del pasillo de progresión (Meister and Fisher, 2008).*

Cabe destacar que, el pasillo de progresión tiene cierta anchura con buenas características ópticas, pero las zonas marginales presentan aberraciones, astigmatismos indeseados, distorsión y desplazamiento de imágenes que varían en función de la longitud y anchura del pasillo de progresión (Barbero and Portilla, 2016; Forkel et al., 2017).

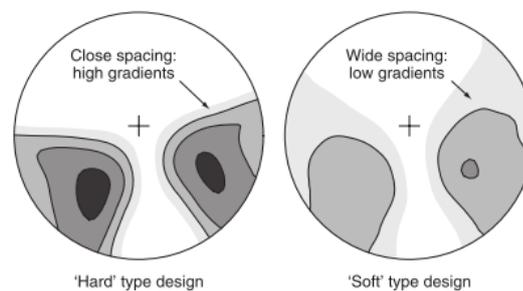
### 1.4 Tipos de diseño.

A menudo, las lentes progresivas se categorizan como diseños de tipo «duro» o diseños de tipo «blando» en función de la distribución de la potencia y el astigmatismo (figura 10):

- Lentes duras: Concentran la óptica progresiva en regiones más pequeñas de la superficie de la lente, expandiendo así las áreas de visión clara, pero elevando la magnitud general del astigmatismo indeseado en la zona periférica. Debido a esto, los diseños duros, de

forma general, funcionan mejor en tareas con utilización continua de la visión que requieren buena agudeza visual. Este tipo de lentes se suelen utilizar en usuarios que anteriormente lo han sido de lentes bifocales.

- Lentes blandas: La óptica progresiva se extiende en regiones más grandes de la superficie de la lente, lo que disminuye la potencia cilíndrica no deseada a pesar de reducir las áreas de visión clara. Las lentes progresivas más blandas ofrecen menos borrosidad y distorsión en la periferia, pero zonas de visión más estrechas. Estas lentes funcionan mejor en tareas dinámicas de visualización y tienden a mejorar el confort visual en presbíteros con los primeros síntomas.



*Figura 10: Diseño blando y diseño duro de una lente progresiva (Meister and Fisher, 2008).*

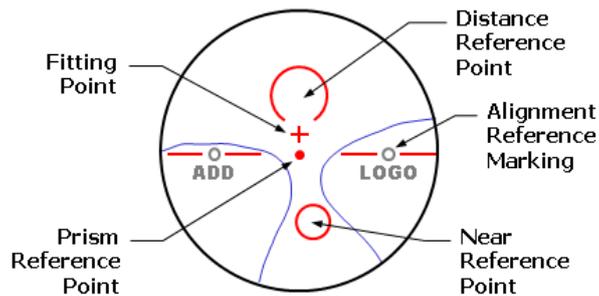
Como la utilidad general del diseño de la lente depende del equilibrio entre la claridad de visión y el confort visual, las lentes progresivas modernas no suelen tener diseños 'duros' o 'blandos' como tal, pero sí tratan de poseer diseños intermedios entre estos dos enfoques. Es importante adaptar la lente en función del uso que le vaya a dar el usuario. Se busca encontrar el mejor equilibrio entre la utilidad de las tres zonas centrales de visión y la periferia de la lente.

La distribución de la potencia y el astigmatismo a lo largo de la superficie de la lente puede ajustarse de forma diferente en función de la adición (Meister and Fisher, 2008).

### **1.5 Marcaje, puntos de referencia para montaje, centrado.**

**Marcas indelebles:** Dos círculos o símbolos realizados con láser, alineados con la dirección horizontal y separados 34 mm entre sí; 17 mm de cada símbolo al centro de la lente. Debajo de la marca láser del lado temporal se graba la adición de la lente. En el lado nasal queda grabado el logo del fabricante o modelo de la lente progresiva.

**Marcas delebles:** Permiten el montaje de la lente y la comprobación de sus potencias. Entre ellas encontramos el punto de referencia de lejos, punto de referencia de cerca, punto de referencia de prisma y cruz de centrado.



Major Reference Points of a Progressive Lens

Figura 11: Marcas en lente progresiva.  
<https://qoo.gl/WeK8Pp>

### 1.6 Indo Ingenia.

Para la elaboración del trabajo, se han utilizado 6 lentes progresivas: 3 positivas y 3 negativas. Son lentes de alta gama *INDO Ingenia*, estas se adaptan completamente al usuario optimizando los campos visuales y proporcionando una visión más nítida. Las características de las lentes progresivas Ingenia quedan descritas a continuación:

- Balance binocular: para conseguir una borrosidad similar y mínima en ambos ojos, esta tecnología equilibra la cantidad de astigmatismo existente en ambos lados del pasillo de progresión. Con esto, se amplía el campo visual mejorando la visión binocular.
- Inset: variable. El centro óptico de la zona de cerca se localizará en la lente en función de las características del usuario (DNP, distancia de trabajo, distancia de vértice y adición). Con la optimización del inset, se conseguirá también un mayor campo visual.
- Pasillo de progresión: RVD. La progresión se adapta a necesidades actuales, como son una mayor demanda de visión intermedia y cerca, aumentando así la comodidad del usuario.
- Clear view: Para el uso de esta tecnología es necesario conocer la altura de montaje y la posición de la pupila del usuario. Con esto, se podrá modificar la distribución de las aberraciones en la superficie de la lente en relación con el ojo. Clear view va a disminuir el balanceo lateral y va a facilitar la adaptación.
- Posición de uso: Se podrá mantener la misma agudeza visual que el usuario tenía en gabinete una vez adaptada la montura. Para ello, hemos de conocer los datos de la montura cuando se coloca en el usuario. Esto nos permitirá corregir la diferencia de potencia entre la refracción teórica y la que el usuario percibe durante el uso de la lente.

- Posibilidad de seleccionar la longitud del pasillo de progresión: Se puede elegir el pasillo de progresión adecuado (corto o largo) para cada tipo de usuario, de forma que exista una adaptación óptima en función de la inclinación del ojo del paciente proporcionando una situación adecuada para la zona de cerca (INDO, 2018).

## OBJETIVO

El objetivo principal de nuestro trabajo se ha fundamentado en el análisis de 6 lentes progresivas procedentes del mismo fabricante, con el mismo diseño. La diferencia existente entre ellas radica en la potencia (positivas +2,00 D y negativas -2,00 D) y en la longitud del pasillo de progresión (14 mm, 16 mm y 18 mm).

En concreto, se han fijado los siguientes puntos como objetivo atendiendo a la longitud del pasillo de progresión:

- Comparación de la potencia esférica de cada una de las lentes medidas con la “lente ideal”, que no posee aberraciones en su superficie.
- Constatar que existen diferencias de potencia esférica y cilíndrica entre las lentes.
- Verificar que la proporción de astigmatismo existente en cada una de ellas es distinta, tanto en la zona del pasillo de progresión, como en la lente completa.
- Calcular el equivalente esférico que le corresponde a cada lente en toda su superficie. Basándonos en estos datos, buscar la mejor uniformidad lateral existente entre ellas en la playa de cerca, el centro geométrico y la zona de la pupila.
- Analizar los mapas de potencia y comprobar que son distintos.

## METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la elaboración de nuestro trabajo hemos buscado información tanto en artículos como en libros y hemos realizado mediciones de lentes en el laboratorio de tecnología.

Como ya se ha nombrado, la introducción ha sido elaborada mediante la búsqueda de información en libros, trabajos similares y bases de datos como son Scopus, Medline, Dialnet o PubMed, añadiendo las citas bibliográficas correspondientes. Las palabras clave principalmente utilizadas para la búsqueda en bases de datos han sido: *presbyopia*, *progressive lenses*, *progressive lenses' history/design*, *accommodation*, *eye*, *vision*, *visual fields* y *progression*. Durante este proceso, hemos encontrado 29 artículos, textos y trabajos diferentes (la mayor parte de ellos en inglés), que podrían ser de nuestro interés. De estos artículos se han seleccionado 13, ya que son los que poseen mayor cantidad de información acerca del tema a tratar y los más actuales, con el objeto de realizar de una investigación novedosa. Además, se han utilizado 2 libros extraídos de la biblioteca de la Universidad de Sevilla, donde hemos buscado todo lo referente a lentes progresivas y presbicia, elaborando distintas conclusiones y exponiéndolas en la introducción de nuestro estudio.

El resto del trabajo se ha basado en la medición de la potencia esférica y astigmática de las lentes con el frontofocómetro automático, en la obtención de mapas de potencia con un mapeador, y en el cálculo del equivalente esférico para cada uno de los puntos medidos en cada una de ellas. El equivalente esférico punto a punto se ha obtenido a través de la siguiente fórmula:

$$\text{Equivalente esférico} = \text{Potencia esférica} + \frac{\text{cilindro}}{2}$$

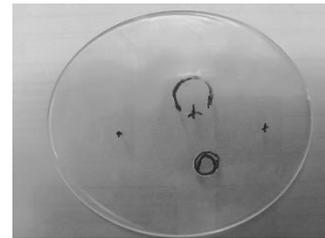
También se han calculado los porcentajes de astigmatismo siguientes para cada una de las lentes:

- % astigmatismo  $\leq 1,00D$  en el pasillo de progresión.
- % astigmatismo  $\geq 2,00D$  en toda la lente.

Estos valores de porcentajes se han incluido en tablas que podemos ver en el apartado correspondiente a resultados.

Además, se han realizado gráficos en el ordenador, tanto de potencias como de equivalentes esféricos, consiguiendo así los resultados y conclusiones. El proceso seguido para ello es el siguiente:

- Preparación de las lentes. Se marcan con un rotulador permanente los 3 puntos principales de nuestro estudio en las lentes (figura 12): playa de cerca, centro geométrico y altura pupila. Se borran las marcas de fabricación existentes en las lentes con algodón y alcohol etílico para evitar errores de lectura en el frontofocómetro y en el mapeador.



*Figura 12: Lente con marcas realizadas en laboratorio.*

- Colocación de las lentes en el frontofocómetro y toma de medidas. Se realiza una marca en el frontocómetro a raíz de la cual nos guiaremos durante todo el proceso de medida y se pega una regla milimetrada en el lado contrario de forma perpendicular. Tras esto, se pegan cada una de las lentes de forma individual sobre un útil. Este útil posee dos reglas milimetradas, una se ubica en posición horizontal y la otra en vertical, lo que nos permite, junto con la marca descrita anteriormente y la regla que hemos pegado al frontofocómetro, medir la lente moviéndola cada 3 milímetros de forma tanto vertical como horizontal. Las mediciones de todas las lentes se han comenzado en el centro geométrico para facilitar el trabajo. A partir de ahí, se han medido en toda su superficie, abarcando un campo visual de 45 mm de largo y 39 mm de alto. De esta manera, obtenemos 195 medidas por lente.
- Anotación de los valores. Los valores obtenidos tanto de potencia esférica como de potencia cilíndrica se han escrito en un papel en tablas realizadas a mano de 15x13. Tras esto, se han volcado los valores al ordenador, programa Excel, donde se realizan también tablas de 15x13 para no confundirnos (anexo I).
- Realización de gráficos y resultados. Para hacer los gráficos necesarios, se ha utilizado el complemento de Excel SRS1 Splines, el cual nos permite obtener a través de fórmulas, diez medidas entre cada una de las ya existentes. Con esto se han conseguido 19.500 medidas por cada lente, lo que nos proporciona mayor exactitud a la hora de analizar los gráficos.

Finalmente, se han obtenido mapas de potencia mediante la colocación de las lentes de forma individual en un mapeador, consiguiendo así los mapas incluidos en [resultados](#).

## 1. MATERIAL UTILIZADO:

- Material de limpieza y oficina.
- Frontofocómetro automático. Tomey Autolensmeter TL-100, precisión: 0,01 D, rangos: esfera: +/- 0,25 D; cilindro: +/- 9,99 D; eje: 0°-180°; adición 0-9,99 D; prisma 0-9,99 D.
- Mapeador. Visionix Power Map VX 40 Lensmeter.



**Figura 13:** Frontofocómetro automático.  
Tomey Autolensmeter TL-100.  
<https://bit.ly/2M6VE7E>



**Figura 14:** Mapeador. Visionix Power Map  
VX 40 Lensmeter.  
<https://bit.ly/2sSrCf9>

- Ordenador con programa de Excel e instalación del complemento SRS1 Splines.
- Pegatinas de doble cara.
- Útil milimetrado para colocación de la lente.
- Regla milimetrada.
- Lentes progresivas INDO Ingenia. Todas las lentes están diseñadas para el mismo usuario y tienen varias características en común: altura de montaje 22mm, cilindro 0,00 D, adición +2,50 D, índice de refracción 1,5 y están fabricadas para su utilización en el ojo derecho. Como se ha nombrado anteriormente, se han utilizado 6 lentes, de las cuales 3 son positivas y 3 negativas con distintos pasillos de progresión:
  - Lentes negativas: Base asignada +4,25 D,  $\varnothing$ : 70x60.  
  
Lente 1: INGENIA. Esfera -2.00 D, pasillo 18mm.  
  
Lente 2: INGENIA. Esfera -2,00 D, pasillo 16mm.  
  
Lente 3: INGENIA. Esfera -2.00 D, pasillo 14mm.

- Lentes positivas: Base asignada +5,25 D, Ø: 65x55.

Lente 4: INGENIA. Esfera +2,00 D, pasillo 18mm.

Lente 5: INGENIA. Esfera +2,00 D, pasillo 16mm.

Lente 6: INGENIA. Esfera +2,00 D, pasillo 14mm.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el siguiente apartado se van a presentar los gráficos correspondientes a los datos medidos y estudiados en el laboratorio de tecnología óptica. Estos datos están incluidos en el anexo I. Bajo los gráficos se explicarán los resultados obtenidos tras el análisis de cada uno de ellos.

Los gráficos correspondientes a la potencia esférica de cada lente se comparan con la lente ideal que le correspondería de forma teórica, además de incluir una pequeña comparación entre los gráficos de las lentes medidas, tanto negativas como positivas.

Con respecto al astigmatismo, se incluyen gráficos de superficie correspondientes a la cantidad de astigmatismo existente en las distintas zonas de cada lente. Con los valores obtenidos para la potencia cilíndrica en el laboratorio, se han realizado tablas en las que vemos reflejados distintos porcentajes de astigmatismo superiores a 2,00 D para toda la lente e inferiores a 1,00 D para la zona del pasillo de progresión en cada una de ellas. Se realizará la interpretación de los resultados logrados, tanto de los porcentajes, como de los gráficos de potencia cilíndrica.

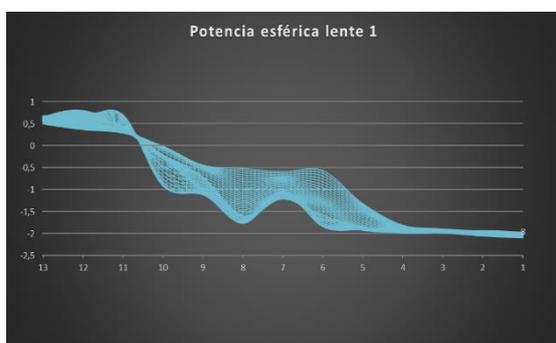
Se incluirán gráficos correspondientes a equivalentes esféricos. Cada una de las líneas que contienen pertenecen a distintas lentes y distintas zonas en cada una de ellas. También se ha introducido la explicación, comparación y análisis de resultados bajo cada uno de ellos.

Cabe destacar que la numeración de las lentes se corresponde con la existente en el apartado metodología, y que, por tanto, las características que posee cada una de ellas son las ya ahí mencionadas.

### 1. ESFERA:

#### 1.1 Lente 1

- Potencia -2,00 D.
- Pasillo 18 mm.



*Figura 15: Vista lateral. Evolución de la potencia esférica en lente 1.*



*Figura 16: Vista lateral. Evolución de la potencia esférica en lente 1 ideal.*

Se puede observar que los datos se encuentran muy dispersos en el área adyacente al meridiano principal umbilical. A pesar de ello, los datos se aproximan a lo esperado.

El punto 5 en el eje de abscisas se corresponde con la zona de la pupila, el punto 7 con el centro geométrico de la lente, y el punto 11 con la playa de cerca.

La potencia esférica se mantiene constante en  $-2,00$  D a lo largo de la zona de lejos, que se corresponde con los puntos del 1 al 4 en el eje de abscisas. A partir del punto 4 aumenta progresivamente la potencia hasta llegar al punto 10,5, donde nos encontraríamos con la playa de cerca. A partir de este último punto, la potencia se mantiene constante en  $+0,50$  D a lo largo de la zona de cerca. En el centro geométrico de la lente existe una potencia de  $-1,00$  D. La zona correspondiente al pasillo de progresión posee un valor de  $19,5$  mm y abarca desde el punto 4 al 10,5.

Según los resultados y comparando con la lente que sería ideal, observamos lo siguiente:

- La zona de la pupila y la zona de cerca se encuentran, respectivamente,  $3$  mm y  $1,5$  mm por encima de lo indicado por el fabricante en la lente.
- En el centro geométrico la potencia ha de ser de  $-1,25$  D, en nuestro caso es de  $-1,00$  D.
- El pasillo de progresión posee  $1,5$  mm más de lo que marca el fabricante.

## 1.2 Lente 2

- Potencia  $-2,00$  D.
- Pasillo  $16$  mm.



**Figura 17:** Vista lateral. Evolución de la potencia esférica en lente 2.



**Figura 18:** Vista lateral. Evolución de la potencia esférica en lente 2 ideal.

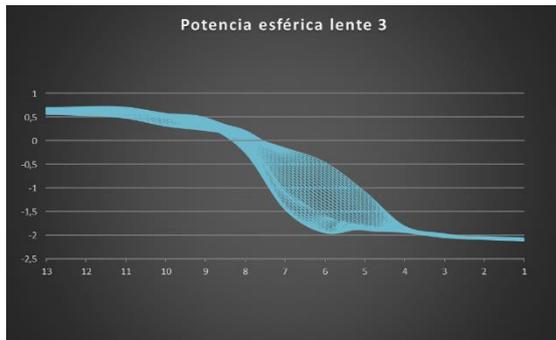
El punto 5 en el eje de abscisas corresponde a la zona de la pupila, el punto 7 al centro geométrico de la lente, y el punto 10 a la zona de cerca.

En la lente 2 (figura 17), se puede ver que hasta el punto 4 la potencia se mantiene constante en  $-2,00$  D, lo que pertenece a la zona de lejos. Desde el punto 4 hasta el punto 10 encontramos el pasillo de progresión, donde la potencia crece hasta llegar a  $+0,50$  D en la zona de cerca. A partir de este punto, la esfera vuelve a ser constante. En el centro geométrico de la lente existe una potencia aproximadamente de  $-0,75$  D.

Si comparamos con la lente ideal (figura 18), la zona de lejos en la lente medida es  $3$  mm menor a lo esperado y, por lo tanto, el pasillo  $3$  mm mayor (estaríamos ante un pasillo de, aproximadamente,  $18$  mm). El centro geométrico de la lente tiene una potencia de  $-0,75$  D, siendo la ideal de  $-1,00$  D.

### 1.3 Lente 3

- Potencia  $-2,00$  D.
- Pasillo  $14$  mm.



**Figura 19:** Vista lateral. Evolución de la potencia esférica en lente 3.



**Figura 20:** Vista lateral. Evolución de la potencia esférica en lente 3 ideal.

El punto 5 en el eje de abscisas corresponde a la zona de la pupila, el punto 7 al centro geométrico de la lente, y el punto 9 al comienzo de la playa de cerca.

Si analizamos la lente 3 (figura 19), vemos la potencia esférica constante en  $-2,00$  D hasta el punto 4. Desde este punto hasta el 9, que corresponde a la playa de cerca, la potencia aumenta de forma progresiva, llegando a alcanzar  $+0,50$  D. Este recorrido es el perteneciente al pasillo de progresión en la lente. En el centro geométrico, la potencia es de  $-0,75$  D aproximadamente.

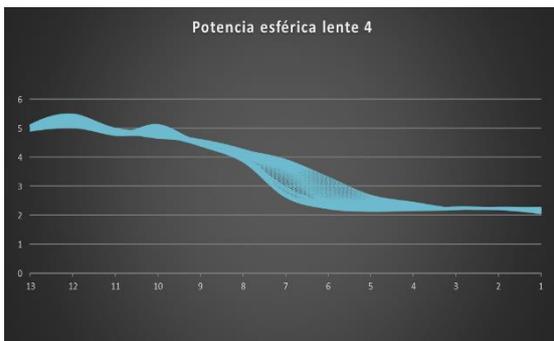
Al comparar la lente medida con la ideal, se observa que el pasillo de progresión posee 3 mm más de lo esperado teóricamente. El resto de valores son bastante aproximados en las dos gráficas.

### Resultados lentes negativas:

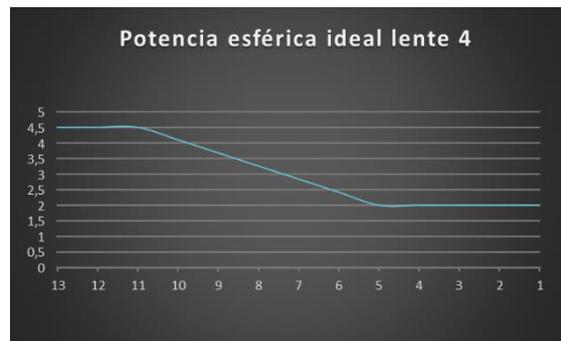
Finalmente, haciendo un examen de las tres lentes negativas, encontramos que el pasillo de progresión en todas ellas es mayor a lo indicado por el fabricante. La zona de lejos abarca menos de lo esperado y, por lo tanto, la progresión de la potencia desde -2,00 D hasta +0,50 D comienza antes. También se puede ver en los gráficos que, cuanto mayor es el pasillo de progresión, menor es la inclinación de la línea de trazado. Esto último se justifica por la longitud del pasillo: cuanto más pequeño es éste, más rápida tiene que ser la progresión desde la zona de lejos para alcanzar la potencia en cerca.

#### 1.4 Lente 4

- Potencia +2,00 D
- Pasillo 18 mm



*Figura 21:* Vista lateral. Evolución de la potencia esférica en lente 4.



*Figura 22:* Vista lateral. Evolución de la potencia esférica en lente 4 ideal.

En el eje de abscisas, el punto 5 se corresponde con la zona de la pupila, el punto 7 con el centro geométrico de la lente y el punto 11 con la zona de cerca.

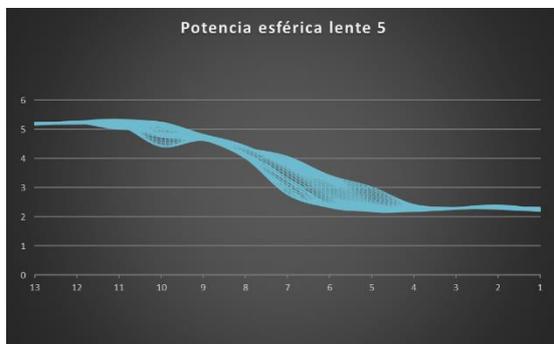
Analizando la lente medida (figura 21), se observa una potencia esférica constante en +2,00 D en la zona de lejos hasta llegar al punto 3,5. A partir de este punto, aparece una progresión de la potencia hasta llegar a la zona de cerca, donde se estabiliza de nuevo la esfera en +5,00 D. En el centro geométrico de la lente, existen aproximadamente +3,50 D.

Constatando estos resultados con los de la lente ideal encontramos las siguientes diferencias:

- La progresión comienza aproximadamente 4,5 mm antes de lo esperado, haciendo que el pasillo de progresión sea de 22,5 mm de largo.
- En el centro geométrico de la lente, lo ideal sería una potencia de +2,75 D.
- La potencia esférica de la zona de cerca en la lente ideal sería de +4,50 D, ya que la adición es de +2,50 D. La suma de la potencia en lejos y la adición, daría como resultado la potencia en cerca.

### 1.5 Lente 5

- Potencia +2,00 D.
- Pasillo 16 mm.



**Figura 23:** Vista lateral. Evolución de la potencia esférica en lente 5.



**Figura 24:** Vista lateral. Evolución de la potencia esférica en lente 5 ideal.

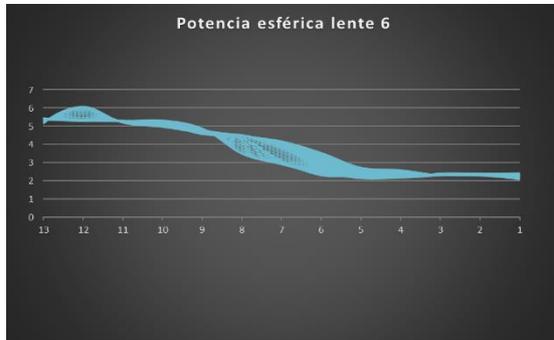
Los puntos 5 y 7 en el eje de abscisas hacen referencia a las mismas zonas que en la lente anterior. Sin embargo, la zona de cerca en esta lente la encontramos a partir del punto 10.

Se puede comprobar que existe una potencia constante de +2,00 D en la zona de lejos, llegando hasta el punto 4. A partir de dicho punto comienza la progresión en esta lente alcanzando una potencia de +5,00 D en la playa de cerca. En el centro geométrico de la lente, la potencia es de +3,50 D.

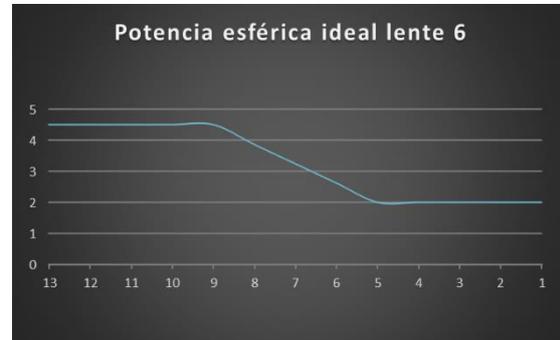
Comparando ambas lentes, la ideal y la que se ha medido en el laboratorio, podemos ver que la zona de lejos posee 3 mm menos, ya que finaliza en el punto 4 y no en el 5. El comienzo de la playa de cerca coincide en ambas lentes, alcanzando en la lente medida +5,00 D, 0,50 D más que en la ideal. La potencia en el centro geométrico se vuelve a ver que es distinta, siendo de +3,00 D en la lente ideal. Con respecto al pasillo de progresión, se calcula que mide 19 mm.

## 1.6 Lente 6

- Potencia +2,00 D.
- Pasillo 14 mm.



**Figura 25:** Vista lateral. Evolución de la potencia esférica en lente 6.



**Figura 26:** Vista lateral. Evolución de la potencia esférica en lente 6 ideal.

Al igual que en las lentes anteriores, los puntos 5 y 7 corresponden a la zona pupilar y al centro geométrico respectivamente. En el punto 9 del eje de abscisas, encontraríamos la playa de cerca.

En la lente 6, observamos que la zona de lejos se mantiene constante en +2,00 D hasta llegar a la zona de la pupila, donde comienza la progresión de la potencia esférica. Esta progresión finaliza en el punto 9, que corresponde a la zona de cerca y donde vuelve a ser constante en +5,00 D. En el centro geométrico existe una potencia aproximada de +3,50 D.

En este caso, la longitud del pasillo de progresión coincide con la indicada por el fabricante y con la de la lente ideal. En la zona de cerca, la potencia ha de ser de +4,50 D, sin embargo, encontramos una potencia ligeramente mayor en la lente medida. El centro geométrico también dista en +0,50 D de la lente ideal.

### Resultados lentes positivas:

Haciendo el análisis general de las 3 lentes positivas, se observa que en la zona de cerca la potencia es de +5,00, cuando debería de ser de +4,50 D. Lo mismo ocurre en el centro geométrico, donde la potencia en cada una de ellas es de +3,50 D, superando la potencia esperada. El pasillo de progresión es también mayor a lo que indica el fabricante.

Al comparar las 3 lentes positivas, al igual que hemos nombrado anteriormente en las negativas, se observa que la línea de trazado, conforme disminuye la longitud del pasillo de progresión, se vuelve más inclinada. Esto se debe a que, cuanto menor es la longitud del pasillo, más rápida es la progresión de la potencia esférica.

## 2. CILINDRO:

### 2.1 Lente 1:

- Potencia -2,00 D.
- Pasillo 18 mm.

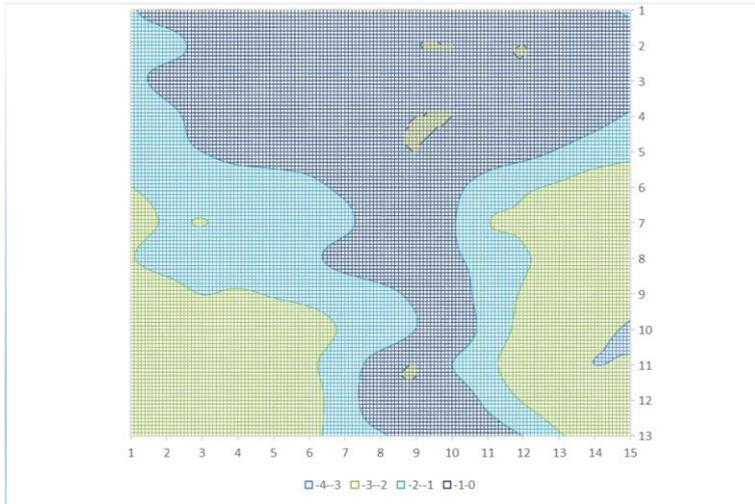


Figura 27: Distribución de la potencia cilíndrica en lente 1.

nasal; se corresponde con una lente para el ojo derecho.

### 2.2 Lente 2:

- Potencia -2,00 D.
- Pasillo 16 mm.

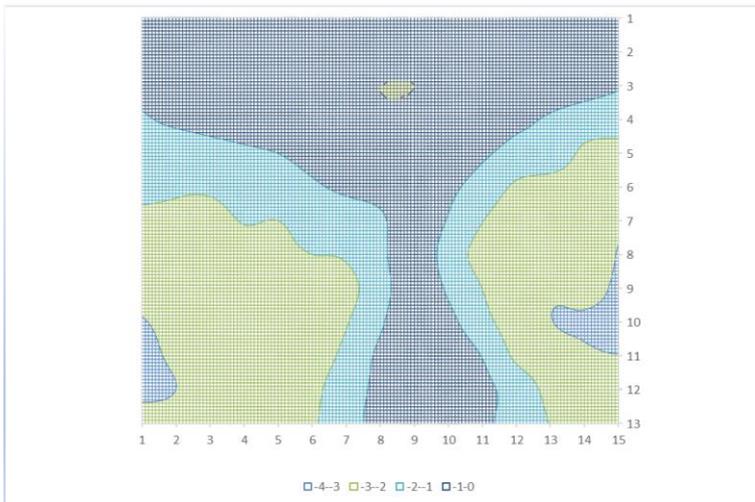


Figura 28: Evolución de la potencia cilíndrica en lente 2.

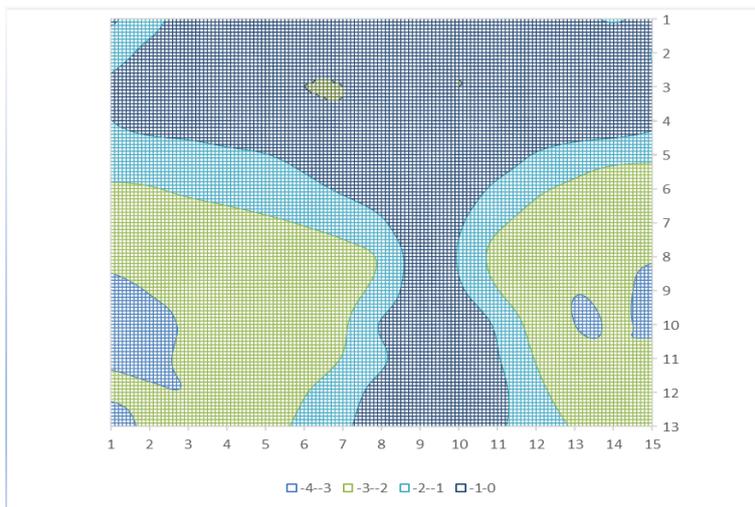
El astigmatismo aumenta conforme nos acercamos a la zona periférica de la lente llegando a alcanzar 3,00 D, donde están las zonas marginales. La zona central, donde la potencia cilíndrica se encuentra entre 0,00 D y 1,00 D, corresponde al pasillo de progresión. Este último se va desplazando hacia la zona

En la zona central existe un astigmatismo notoriamente inferior al que vemos en las zonas marginales, donde llega a alcanzar las 4,00 D. Esta lente, al tener una longitud de pasillo más corta que la lente 1, posee un astigmatismo en las zonas marginales de mayor

magnitud. También se puede observar que el pasillo es más estrecho y se encuentra desplazado hacia la zona nasal.

### 2.3 Lente 3:

- Potencia -2,00 D.
- Pasillo 14 mm.



*Figura 29: Evolución de la potencia cilíndrica en lente 3.*

La potencia cilíndrica en la zona central de la lente está comprendida entre 0,00 D y 1,00 D. Esta zona pertenece al pasillo de progresión. Conforme nos vamos acercando a la periferia, la cantidad de astigmatismo aumenta, alcanzando de nuevo las 4,00 D. En este caso, existen más zonas

donde la potencia cilíndrica es mayor y menos zonas exentas de aberraciones. Esto último se debe a que el pasillo de progresión es aún menor que en las lentes anteriores. Al ser una lente fabricada para el ojo derecho, el pasillo está desplazado hacia la parte nasal.

### Resultados lentes negativas:

Si comparamos las 3 lentes negativas basándonos en el pasillo de progresión, se puede observar que conforme disminuye la longitud de éste, el astigmatismo en las zonas laterales es de mayor magnitud. Un usuario miope de lentes progresivas estaría más cómodo con la primera lente analizada, al tener mayor campo visual exento o con ligeras aberraciones.

#### 2.4 Lente 4:

- Potencia +2,00 D.
- Pasillo 18 mm.

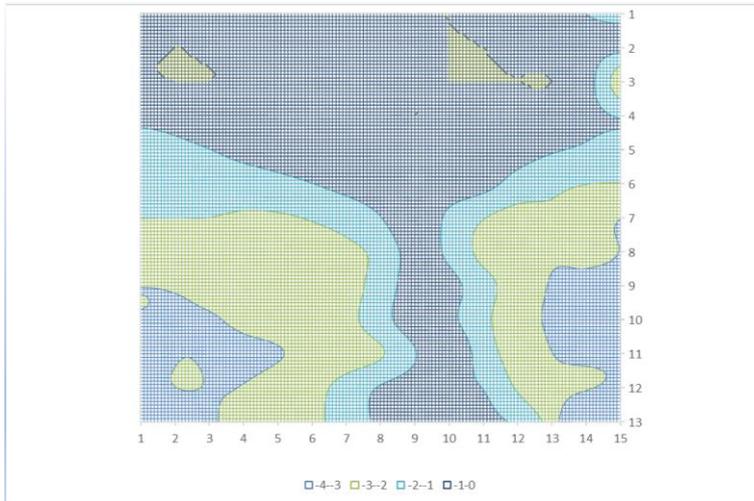


Figura 30: Evolución de la potencia cilíndrica en lente 4.

progresión se va desplazando hacia la parte nasal de la lente al corresponderse con el ojo derecho.

#### 2.5 Lente 5:

- Potencia +2,00 D.
- Pasillo 16 mm.

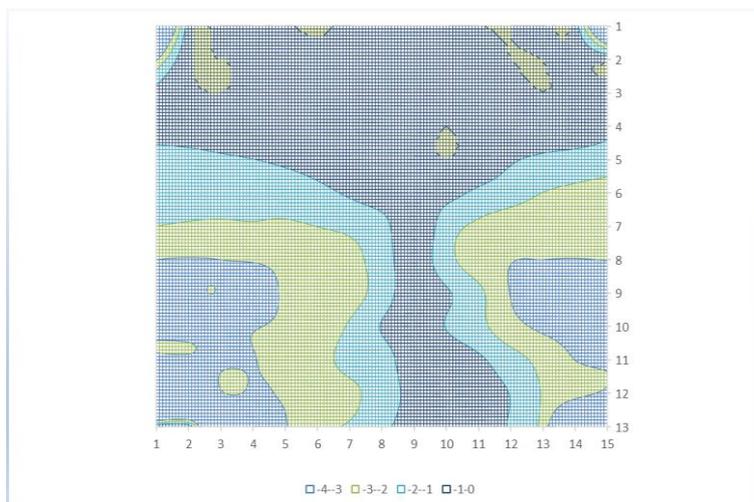


Figura 31: Evolución de la potencia cilíndrica en lente 5.

aberraciones. Hay que destacar el desplazamiento que realiza el pasillo hacia la zona nasal.

Existe un amplio campo visual exento de astigmatismo o con astigmatismo inferior a 1,00 D. Conforme nos vamos alejando de la zona central y nos vamos acercando a las zonas marginales, el astigmatismo aumenta progresivamente hasta llegar a las 4,00 D. El pasillo de

Si analizamos esta lente, vemos que el astigmatismo, de nuevo, aumenta conforme nos aproximamos a las zonas marginales. El pasillo de progresión es ligeramente más estrecho que en la lente anterior por tener una longitud menor. En las zonas laterales hay mayor cantidad de astigmatismo entre 3,00 D

## 2.6 Lente 6:

- Potencia +2,00 D.
- Pasillo 14 mm.

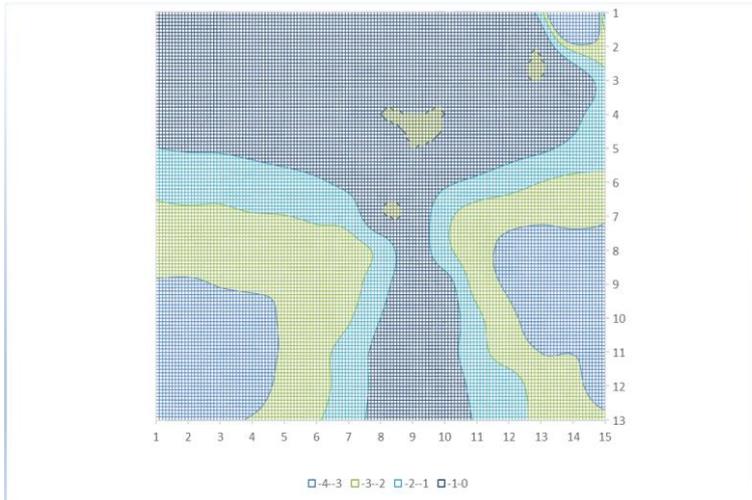


Figura 32: Evolución de la potencia cilíndrica en lente 6.

La zona de lejos y la de cerca, a lo largo del pasillo de progresión, se encuentran libres de astigmatismo o poseen una potencia cilíndrica inferior a 1,00 D. Conforme nos acercamos a los bordes de la lente ésta va aumentando, llegando a alcanzar las 4,00 D. El pasillo es ligeramente más estrecho

que en las lentes positivas ya analizadas al tener menor longitud.

### Resultados lentes positivas:

Si comparamos las tres lentes positivas y nos fundamentamos en la longitud del pasillo de progresión, ocurre lo explicado a continuación: cuanto mayor es la longitud del pasillo, más zonas exentas de astigmatismo existen, mayor es el campo visual y más pequeñas son las zonas marginales. En todas las lentes el astigmatismo aumenta conforme nos acercamos a los bordes de éstas.

### 2.7 Porcentajes de astigmatismo en lentes:

Haciendo un análisis más exacto de la potencia cilíndrica y basándonos en los valores incluidos en el anexo I, se puede hacer una comparación de porcentajes en cuanto a la cantidad de astigmatismo existente en las lentes:

| ASTIGMATISMO $\leq$ 1,00 D PASILLO |                  |                  |
|------------------------------------|------------------|------------------|
|                                    | Lentes negativas | Lentes positivas |
| Pasillo 18                         | 26,70%           | 20,96%           |
| Pasillo 16                         | 17,80%           | 20,00%           |
| Pasillo 14                         | 20,00%           | 28,00%           |

Tabla 1: Porcentaje de astigmatismo en la zona del pasillo de progresión para cada una de las lentes.

Basándonos en la tabla 1, se puede comparar el porcentaje de astigmatismo  $\leq 1,00$  D existente en el pasillo de progresión tanto de las lentes positivas como de las lentes negativas:

- ⇒ Lentes positivas: Encontramos mayor cantidad de astigmatismo en la lente que posee el pasillo de menor longitud (14 mm). Entre las lentes de pasillo 18 mm y 16 mm, apenas existe diferencia en cuanto al porcentaje de astigmatismo que hay en la zona del pasillo.
- ⇒ Lentes negativas: Se puede ver que el dato correspondiente a la lente de pasillo 18 mm no concuerda con el resto de valores, por lo tanto, analizamos las otras dos lentes. La lente de menor pasillo (14 mm) tiene un porcentaje mayor de astigmatismo en la zona analizada que aquella cuyo pasillo es de 16 mm.

Podemos comprobar que conforme disminuye la longitud del pasillo de progresión, aumenta la cantidad de astigmatismo en el mismo.

| ASTIGMATISMO $\geq 2,00$ D TODA LALENTE |            |                  |                  |
|---|------------|------------------|------------------|
|   |            | Lentes negativas | Lentes positivas |
|   | Pasillo 18 | 30,26%           | 37,44%           |
|   | Pasillo 16 | 38,97%           | 38,46%           |
|   | Pasillo 14 | 37,95%           | 40,51%           |

*Tabla 2: Porcentaje de astigmatismo existente en cada una de las lentes.*

Basándonos en la tabla 2, se puede comparar el porcentaje de astigmatismo  $\geq 2,00$  D existente en el pasillo de progresión tanto de las lentes positivas como de las lentes negativas:

- ⇒ Lentes positivas: El mayor porcentaje de astigmatismo lo encontramos en la lente de pasillo 14 mm y el menor porcentaje en la lente de pasillo 18 mm.
- ⇒ Lentes negativas: La lente de pasillo 18 mm es la que menos cantidad de astigmatismo posee. Entre las lentes de pasillo 16 mm y 14 mm existe una pequeña diferencia, habiendo más astigmatismo en la primera.

De forma general, podemos ver cómo en pasillos más largos existen más zonas exentas de potencia cilíndrica y aberraciones.

Si comparamos en ambas tablas las lentes positivas y negativas cuyo pasillo de progresión es el mismo, vemos que hay más zonas con astigmatismo en las positivas que en las negativas, haciendo el pasillo de progresión más estrecho en las primeras. Esto hace que las personas miopes se adapten mejor a las lentes progresivas que las hipermetropes.

### 3. EQUIVALENTE ESFÉRICO:

A continuación, se muestran los gráficos correspondientes al cálculo de equivalentes esféricos en distintas zonas de las lentes. Todos ellos tienen algo en común, la línea ideal de valores de equivalentes esféricos es una recta.

#### 3.1 Lentes negativas:



Figura 33: Uniformidad lateral horizontal en zona de pupila de lentes negativas.

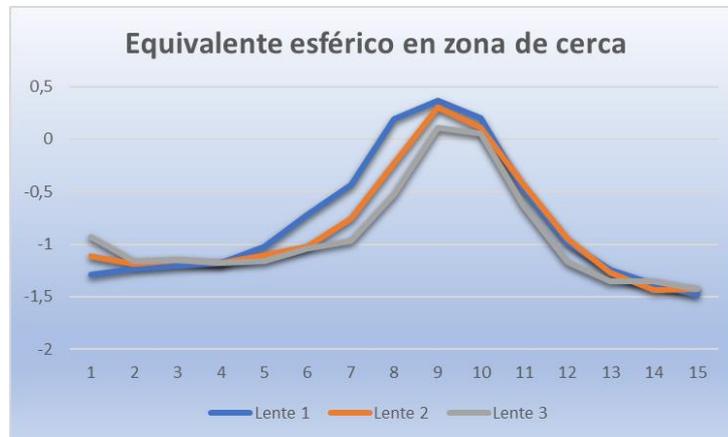
Si comparamos la uniformidad lateral en la zona de la pupila de las tres lentes, es decir, cómo evoluciona la potencia horizontalmente una vez hecho el equivalente esférico, se puede ver que la lente que más se aproxima a la ideal es la 1. La lente 1 tiene la mejor uniformidad lateral, su mínimo está en -2,00 D y su máximo en -1,50 D, por lo que, a lo largo de la lente, la variación de potencia es de aproximadamente 0,50 D. La lente 2 es la que presenta peor uniformidad lateral, con una variación de potencia superior a 1,00 D.



Figura 34: Uniformidad lateral horizontal en centro geométrico de lentes negativas.

Seguidamente, vamos a examinar la evolución de la potencia equivalente en el centro geométrico de las lentes negativas. La lente 3 es la de mayor uniformidad lateral y la que más se

acerca a la ideal, existe una diferencia de 0,50 D entre las potencias mínima y máxima alcanzadas. La uniformidad en la lente 2 se aproxima a la 3. Es observable que la lente 1 es la de peor uniformidad lateral, alcanzando un máximo de -1,20 D y un mínimo de -1,85 D, con una diferencia de 0,65 D.



*Figura 35: Uniformidad lateral horizontal en zona de cerca de lentes negativas.*

En la zona de cerca, las aberraciones laterales son mucho mayores que las existentes en las dos zonas examinadas anteriormente. Por esto, es que la gráfica se curva en los puntos 8-10 de manera considerable. Al ser el cilindro cuantiosamente mayor en las zonas laterales que en la zona central de la lente, cuando aplicamos la fórmula de equivalente esférico (anotada en metodología), los resultados obtenidos son los que vemos en el gráfico; valores normales en la zona central que realizan una transición hacia valores más bajos debido a las aberraciones laterales anteriormente mencionadas.

Si analizamos la gráfica, considerando las aberraciones existentes, la lente con mejor uniformidad lateral es la 3, ya que existe la menor diferencia entre el máximo, que se encuentra alrededor de las 0,00 D y el mínimo, alrededor de -1,50 D. La lente 1 es la que menos se aproxima a la ideal.

### 3.2 Lentes positivas:

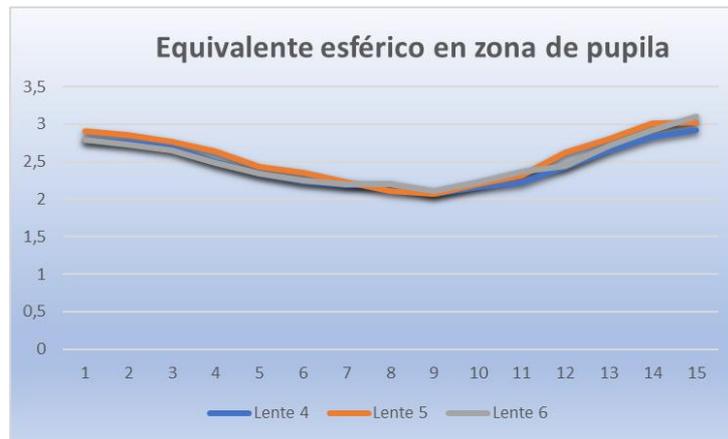


Figura 36: Uniformidad lateral horizontal en zona de pupila de lentes positivas.

En la zona de pupila, la lente 4 es la de mayor uniformidad lateral, llegando a un máximo de +2,92 D y a un mínimo de +2,07 D. La lente 6 es la de menor uniformidad lateral, existiendo una diferencia entre las potencias máxima y mínima de 0,99 D. A pesar de esto las 3 lentes tienen una uniformidad lateral parecida, siendo similares a la lente ideal.

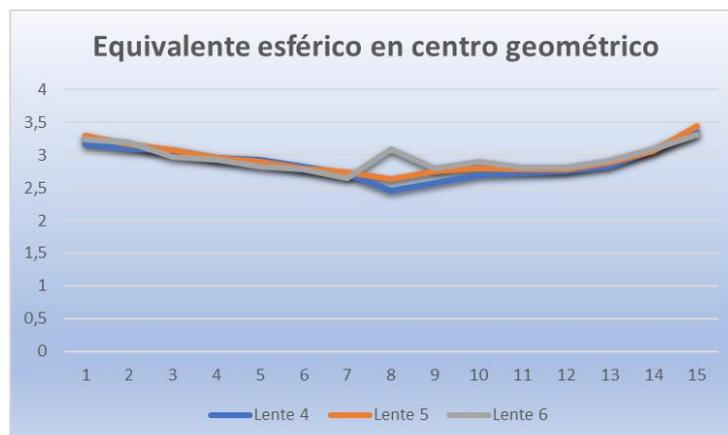
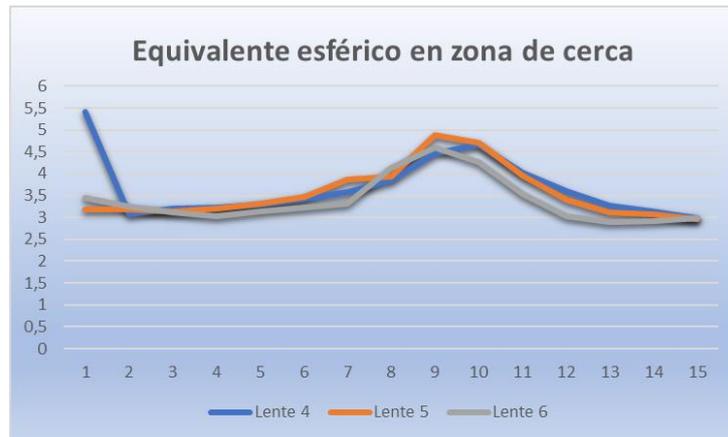


Figura 37: Uniformidad lateral horizontal en centro geométrico de lentes positivas.

En el centro geométrico, la uniformidad de los valores de equivalentes esféricos que más se aproxima a la ideal y que, por tanto, es la mayor, se encuentra en la lente 6. En esta última lente mencionada encontramos una diferencia de potencia entre el valor máximo y el valor mínimo de 0,66 D, mientras que en la lente 4 que es la de menor uniformidad, existe una diferencia de 0,89 D. Dados los valores, apenas existe diferencia entre las lentes, por lo que las líneas de valores de las 3 lentes son parecidas a la ideal, alcanzando máximos de +3,25 D y mínimos de +2,75 D aproximadamente.



**Figura 38:** Uniformidad lateral horizontal en zona de cerca de lentes positivas.

En el gráfico, observamos que en la zona central de la lente aparece una curva marcada, esto se debe a lo explicado anteriormente (figura 35).

Al analizar las líneas del gráfico se puede ver que la lente de mayor uniformidad lateral es la 4, que alcanza el máximo en +4,66 D y el mínimo en +2,99 D (descartando el valor de 5,5 D, que debe ser un error), mientras que la de menor uniformidad lateral es la lente 5 con valores máximos de +4,89 D y mínimos de +2,97 D. Las tres lentes progresan de forma parecida.

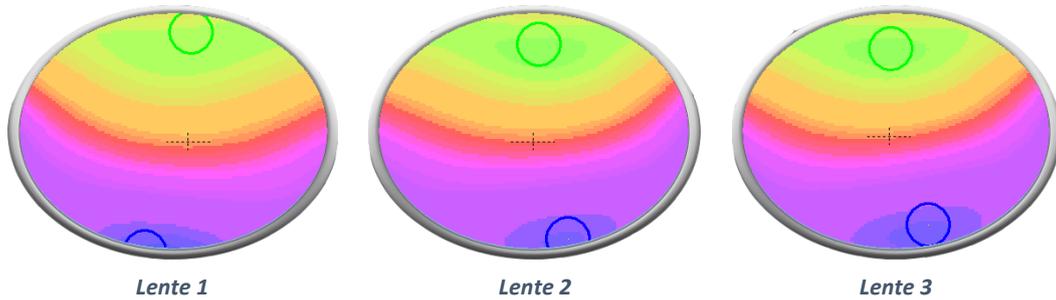
### 3.3 Comparación general de uniformidad lateral:

Como hemos podido ver, la uniformidad lateral en la zona de la pupila, el centro geométrico y la zona de cerca de todas las lentes son parecidas. Tanto en lentes negativas como en lentes positivas, aquellas que poseen un pasillo de 18 mm son las que tienen una potencia horizontal más estable en la zona de la pupila, mientras que las lentes con pasillos de 14 mm poseen mayor uniformidad lateral en la zona central de la lente o centro geométrico. En la zona de cerca, no tenemos criterio para formular acerca de la uniformidad lateral en función de la longitud del pasillo.

Si comparamos entre lentes negativas y positivas, todas las lentes negativas en las 3 zonas examinadas poseen mayor uniformidad lateral que las positivas. Esto se debe a la existencia de aberraciones laterales mayores en lentes positivas.

#### 4. MAPAS DE POTENCIA:

##### 4.1 Esfera:

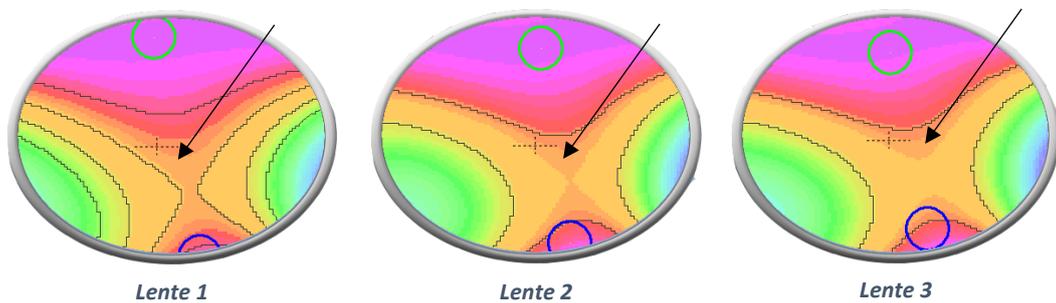


Los colores verde, amarillo y naranja pertenecen a la zona de lejos, la zona de cerca aparece marcada en color azul y la intermedia en color violeta-rojo.

Como podemos observar, conforme disminuye la longitud del pasillo de progresión, mayor es la superficie de la zona de cerca y más se aproxima ésta a la zona de lejos, haciendo que la parte intermedia de la lente se haga más pequeña. La superficie perteneciente a la zona de lejos se mantiene constante independientemente de la longitud del pasillo.

Se han analizado las 3 lentes negativas, con las 3 lentes positivas ocurre lo mismo.

##### 4.2 Cilindro:



La zona de color naranja señalada en cada una de las lentes pertenece a una potencia cilíndrica inferior a 1,50 D en valor absoluto. Como se puede percibir, esta superficie de color naranja es directamente proporcional a la longitud del pasillo de progresión, es decir, cuanto mayor es el pasillo, mayor cantidad de potencia cilíndrica inferior a 1,50 D existe en la lente. También se puede ver que, conforme disminuye la longitud del pasillo, las zonas marginales son de mayor extensión. Al igual que en los mapas de potencia esférica, en los de potencia cilíndrica las lentes positivas se comportan igual que las tres negativas analizadas.

## CONCLUSIONES

Dados los resultados, podemos obtener distintas conclusiones sobre el trabajo expuesto:

### ➤ Esfera:

- Tanto en lentes negativas como en positivas, la zona de lejos es 3 mm menor a lo indicado por el fabricante, localizándose en la lente 3 mm más arriba de lo esperado. La zona de cerca se encuentra en la localización esperada.
- La potencia en las zonas de lejos y cerca en las lentes negativas es correcta, mientras que, en las lentes positivas, la potencia esférica en la zona de cerca es 0,50 D superior a lo indicado por el fabricante.
- La potencia en el centro geométrico de las lentes negativas se corresponde con la lente ideal, mientras que en las lentes positivas es 0,50 D mayor.
- El pasillo de progresión es aproximadamente 3 mm mayor a lo indicado por el fabricante en todas las lentes.
- Cuanto menor es la longitud del pasillo de progresión, mayor es la inclinación de las líneas de trazado en los gráficos y antes se alcanza la potencia esférica existente en la zona de cerca, es decir, menos recorrido ha de hacer el paciente para mirar de lejos a cerca y viceversa.

### ➤ Cilindro:

- El valor del astigmatismo aumenta de forma similar del centro a la periferia.
- El pasillo de progresión es más estrecho en lentes positivas que en negativas.
- Cuanto menor es la longitud del pasillo de progresión en todas las lentes estudiadas, más estrecho es el mismo y mayor es la magnitud del astigmatismo existente en las zonas marginales.
- A menor longitud del pasillo de progresión, mayor porcentaje de astigmatismo existe en las lentes, tanto positivas como negativas.
- El porcentaje de potencia cilíndrica indeseada es mayor en lentes positivas que en negativas. Esto hace que los usuarios miopes de lentes progresivas se adapten mejor, al existir mayor campo visual exento de aberraciones.

➤ Equivalente esférico:

- La mejor uniformidad lateral en la zona de la pupila se encuentra en las lentes positivas y negativas que poseen una longitud de pasillo de 18 mm. A mayor longitud de pasillo de progresión, mayor uniformidad lateral en zona de pupila. La mejor uniformidad lateral en el centro geométrico de las lentes la encontramos en aquellas de pasillo 14 mm, es decir, cuanto menor es el pasillo de progresión, mayor es la uniformidad lateral en el centro geométrico de las lentes progresivas.
- Las lentes negativas, en todas las zonas de visión, poseen mejor uniformidad lateral que las lentes positivas.

➤ Mapas de potencia:

- Conforme aumenta el pasillo de progresión, mayor es la longitud de la zona intermedia y menor es la extensión de la zona de cerca en la lente.
- Todas las lentes se comportan de forma similar en la zona de lejos con respecto a la potencia esférica.
- Cuanto menor es el pasillo de progresión, más cantidad de astigmatismo y aberraciones existe en las lentes progresivas.

## BIBLIOGRAFÍA

- Almutairi MS, Altoaimi BH, Bradley A. Accommodation and pupil behaviour of binocularly viewing early presbyopes. *Ophthalmic Physiol. Opt.* 2017;37(2):128–40.
- Barbero S, Portilla J. The relationship between dioptric power and magnification in progressive addition lenses. *Ophthalmic Physiol. Opt.* Instituto de Óptica (CSIC), Madrid, Spain.; 2016 Jul;36(4):421–7.
- Cunill LC, Hernández JR, Enrique S, Fernández M, Carmen D, González MP, et al. Frecuencia de ametropías. *Rev Cubana Oftalmol.* 2005;18(1).
- Editor EC, Ebook P, Created C. 6. Enfoque del ojo. 2018.
- Flores JR. Lentes progresivas. *Tecnología óptica: lentes oftálmicas, diseño y adaptación.* En: Universidad Politécnica de Cataluña, editor. Madrid;2018.p.201-15
- Forkel J, Reiniger JL, Muschielok A, Welk A, Seidemann A, Baumbach P. Personalized Progressive Addition Lenses: Correlation between Performance and Design. *Optom. Vis. Sci.* 2017;94(2):208–18.
- Indo Optical [Internet]. España: Indo Optical S.L.U. [2017] - [consultado en abril de 2018]. Disponible en: <https://www.indo.es/es/optics/lenses/progressive>.
- Jose J, Domínguez C. Análisis De Adaptación De Lentes Progresivas Para La Corrección De La Presbicia [tesis]. Sevilla (Spain): Universidad de Sevilla;2012. 216p.
- Martín R, Vecilla G. *Manual de Optometría.* 1ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana;2010.
- Meister DJ, Fisher SW. Progress in the spectacle correction of presbyopia. Part 1: Design and development of progressive lenses. *Clin. Exp. Optom.* 2008;91(3):240–50.
- Montés-Micó R. Lentes oftálmicas multifocales. *Optometría: principios básicos y aplicación clínica.* 1ª ed. España (Barcelona): Elsevier; 2011. p.336-51.
- Plainis BS, D P, Charman WN. The Physiologic Mechanism of Accommodation. *Cataract Refract. Surg. Today.* 2014;(April):23–9.
- Sheedy JE, Campbell C, King-Smith E, Hayes JR. Progressive powered lenses: The Minkwitz theorem. *Optom. Vis. Sci.* 2005;82(10):916–22.

## ANEXO I

Tablas correspondientes a las medidas realizadas en el laboratorio de tecnología. Las cuadrículas rojas corresponden a la zona de la pupila, el centro geométrico y la zona de cerca.

### Lente 1

| ESFERA | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | -2,21 | -2,1  | -2,06 | -2,03 | -1,98 | -2,05 | -2,02 | -1,98 | -2,08 | -2,1  | -2,1  | -2,03 | -2,05 | -2,09 | -2,15 |
| 2      | -2,15 | -1,93 | -1,94 | -1,95 | -2,05 | -2,13 | -2,07 | -1,94 | -2    | -2,06 | -2,02 | -1,95 | -1,89 | -1,88 | -1,92 |
| 3      | -1,83 | -1,86 | -1,83 | -1,92 | -2,04 | -2,06 | -1,98 | -1,98 | -1,98 | -1,99 | -1,93 | -1,9  | -1,9  | -1,89 | -1,83 |
| 4      | -1,29 | -1,39 | -1,54 | -1,57 | -1,62 | -1,81 | -1,87 | -1,98 | -1,99 | -1,95 | -1,85 | -1,81 | -1,7  | -1,5  | -1,32 |
| 5      | -1,02 | -0,97 | -1,11 | -1,3  | -1,46 | -1,56 | -1,76 | -1,85 | -1,92 | -1,89 | -1,54 | -1,3  | -1    | -0,66 | -0,48 |
| 6      | -0,41 | -0,46 | -0,48 | -0,59 | -0,84 | -0,97 | -1,21 | -1,59 | -1,85 | -1,43 | -1,12 | -0,52 | -0,07 | 0,2   | 0,36  |
| 7      | -0,12 | -0,24 | -0,3  | -0,43 | -0,59 | -0,76 | -0,8  | -1,21 | -1,04 | -1,14 | -0,85 | -0,56 | 0,11  | 0,06  | 0,27  |
| 8      | -0,4  | -0,42 | -0,42 | -0,56 | -0,82 | -0,97 | -1,31 | -1,6  | -1,77 | -1,38 | -0,97 | -0,48 | -0,06 | 0,14  | 0,31  |
| 9      | -0,1  | -0,02 | -0,19 | -0,34 | -0,37 | -0,46 | -0,61 | -0,71 | -1,03 | -1,09 | -0,57 | -0,43 | -0,14 | -0,08 | 0,02  |
| 10     | 0,15  | 0,1   | 0,09  | 0,01  | -0,04 | -0,15 | -0,2  | -0,21 | -0,32 | -0,92 | -0,15 | -0,01 | 0,02  | 0,15  | 0,26  |
| 11     | 0,13  | 0,12  | 0,1   | 0,12  | 0,2   | 0,33  | 0,36  | 0,43  | 0,37  | 0,7   | 0,4   | 0,27  | 0,2   | 0,12  | -0,01 |
| 12     | -0,11 | 0,05  | 0,12  | 0,18  | 0,23  | 0,33  | 0,53  | 0,53  | 0,79  | 0,64  | 0,49  | 0,35  | 0,3   | 0,13  | -0,25 |
| 13     | -0,32 | -0,06 | 0,1   | 0,26  | 0,29  | 0,38  | 0,47  | 0,53  | 0,63  | 0,67  | 0,58  | 0,48  | 0,46  | 0,17  | -0,12 |

| CILINDRO | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1        | -1,13 | -0,56 | -0,46 | -0,25 | -0,23 | -0,22 | -0,08 | -0,08 | -0,26 | -0,31 | -0,36 | -0,38 | -0,38 | -0,7  | -1,25 |
| 2        | -1,2  | -1,18 | -0,85 | -0,56 | -0,18 | -0,17 | -0,15 | -0,09 | 0     | 0     | -0,07 | 0     | -0,17 | -0,39 | -0,46 |
| 3        | -1,24 | -0,8  | -0,61 | -0,25 | -0,19 | -0,18 | -0,07 | -0,09 | -0,23 | -0,13 | -0,15 | -0,09 | -0,22 | -0,32 | -0,45 |
| 4        | -1,7  | -1,19 | -0,8  | -0,61 | -0,43 | -0,17 | -0,26 | -0,11 | 0     | 0     | -0,18 | -0,22 | -0,44 | -0,72 | -1,1  |
| 5        | -1,43 | -1,22 | -1    | -0,73 | -0,67 | -0,58 | -0,27 | -0,12 | 0     | -0,23 | -0,53 | -0,72 | -1,08 | -1,46 | -1,77 |
| 6        | -2,01 | -1,8  | -1,67 | -1,54 | -1,38 | -1,19 | -0,82 | -0,36 | -0,16 | -0,76 | -1,4  | -1,85 | -2,14 | -2,53 | -2,63 |
| 7        | -2,22 | -1,97 | -2,01 | -1,9  | -1,7  | -1,51 | -1,19 | -0,53 | -0,97 | -0,93 | -1,97 | -2,1  | -2,64 | -2,62 | -2,81 |
| 8        | -2,03 | -1,81 | -1,66 | -1,57 | -1,38 | -1,17 | -0,67 | -0,38 | -0,37 | -0,84 | -1,38 | -1,93 | -2,16 | -2,53 | -2,61 |
| 9        | -2,36 | -2,24 | -1,99 | -2,08 | -1,95 | -1,83 | -1,61 | -1,26 | -0,81 | -0,4  | -1,54 | -2,06 | -2,45 | -2,46 | -2,77 |
| 10       | -2,63 | -2,5  | -2,43 | -2,42 | -2,32 | -2,2  | -1,94 | -1,73 | -0,98 | -0,29 | -1,39 | -2,23 | -2,47 | -2,84 | -3,05 |
| 11       | -2,84 | -2,71 | -2,62 | -2,6  | -2,45 | -2,1  | -1,58 | -0,47 | 0     | -0,99 | -1,76 | -2,52 | -2,89 | -3    | -2,94 |
| 12       | -2,72 | -2,76 | -2,69 | -2,69 | -2,56 | -2,3  | -1,46 | -0,37 | -0,22 | -0,29 | -1,24 | -2,06 | -2,52 | -2,72 | -2,63 |
| 13       | -2,61 | -2,69 | -2,69 | -2,68 | -2,55 | -2,22 | -1,55 | -1,17 | -0,18 | -0,1  | -0,3  | -1    | -1,9  | -2,23 | -2,39 |

### Lente 2

| ESFERA | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | -2,21 | -2,08 | -2,03 | -2,04 | -2,02 | -2,04 | -2,04 | -2,02 | -2,06 | -2,05 | -2,04 | -2,06 | -2,06 | -2,11 | -2,09 |
| 2      | -2,06 | -2,05 | -2,03 | -2,02 | -2,01 | -1,99 | -1,97 | -1,98 | -1,97 | -2    | -1,99 | -2,01 | -1,99 | -1,96 | -1,92 |
| 3      | -1,78 | -1,86 | -1,92 | -1,95 | -1,95 | -1,96 | -1,99 | -1,96 | -1,96 | -1,93 | -1,91 | -1,81 | -1,72 | -1,6  | -1,5  |
| 4      | -1,27 | -1,39 | -1,48 | -1,65 | -1,75 | -1,88 | -1,88 | -1,85 | -1,9  | -1,94 | -1,71 | -1,4  | -1,05 | -0,83 | -0,73 |
| 5      | -0,7  | -0,71 | -0,78 | -0,91 | -1,1  | -1,29 | -1,51 | -1,75 | -1,84 | -1,7  | -1,26 | -0,86 | -0,29 | -0,02 | 0,12  |
| 6      | -0,3  | -0,31 | -0,36 | -0,53 | -0,74 | -0,91 | -1,26 | -1,54 | -1,68 | -1,25 | -0,74 | -0,21 | 0,06  | 0,29  | 0,37  |
| 7      | 0,02  | -0,05 | -0,12 | -0,24 | -0,31 | -0,54 | -0,74 | -0,96 | -1,32 | -0,78 | -0,35 | -0,07 | 0,06  | 0,25  | 0,43  |
| 8      | 0,12  | 0,05  | 0,1   | -0,07 | -0,19 | -0,23 | -0,35 | -0,54 | -0,86 | -0,21 | -0,03 | 0,02  | -0,02 | 0,05  | 0,26  |
| 9      | 0,31  | 0,19  | 0,06  | 0,12  | 0,05  | 0,01  | 0,05  | 0,12  | -0,03 | 0,29  | 0,24  | 0,12  | 0,07  | 0,03  | 0,14  |
| 10     | 0,4   | 0,24  | 0,19  | 0,17  | 0,21  | 0,21  | 0,27  | 0,34  | 0,36  | 0,47  | 0,41  | 0,3   | 0,22  | 0,09  | 0,12  |
| 11     | 0,29  | 0,23  | 0,23  | 0,24  | 0,26  | 0,37  | 0,52  | 0,57  | 0,59  | 0,71  | 0,56  | 0,45  | 0,28  | 0,23  | 0,08  |
| 12     | 0,16  | 0,26  | 0,29  | 0,33  | 0,39  | 0,49  | 0,61  | 0,67  | 0,72  | 0,78  | 0,71  | 0,6   | 0,43  | 0,29  | -0,03 |
| 13     | 0,01  | 0,21  | 0,32  | 0,43  | 0,46  | 0,5   | 0,6   | 0,66  | 0,74  | 0,77  | 0,76  | 0,62  | 0,44  | 0,21  | 0,35  |

| CILINDRO | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1        | -0,96 | -0,77 | -0,36 | -0,29 | -0,23 | -0,17 | -0,16 | -0,22 | -0,16 | -0,22 | -0,26 | -0,32 | -0,51 | -0,82 | -0,96 |
| 2        | -0,8  | -0,4  | -0,28 | -0,22 | -0,17 | -0,15 | -0,09 | -0,19 | -0,14 | -0,15 | -0,16 | -0,2  | -0,31 | -0,5  | -0,95 |
| 3        | -0,71 | -0,46 | -0,28 | -0,2  | -0,12 | -0,08 | -0,16 | 0     | 0     | -0,15 | -0,14 | -0,32 | -0,46 | -0,69 | -0,94 |
| 4        | -1,09 | -0,84 | -0,65 | -0,45 | -0,29 | -0,11 | -0,15 | -0,08 | -0,07 | -0,15 | -0,3  | -0,79 | -1,09 | -1,41 | -1,54 |
| 5        | -1,27 | -1,46 | -1,35 | -1,17 | -0,99 | -0,7  | -0,45 | -0,29 | 0     | -0,24 | -0,82 | -1,3  | -1,23 | -2,2  | -2,32 |
| 6        | -1,56 | -1,87 | -1,87 | -1,61 | -1,4  | -1,12 | -0,81 | -0,58 | -0,13 | -0,74 | -1,44 | -2,13 | -2,44 | -2,62 | -2,74 |
| 7        | -2,35 | -2,21 | -2,27 | -1,96 | -2    | -1,65 | -1,55 | -1,18 | -0,17 | -1,07 | -1,97 | -2,43 | -2,48 | -2,93 | -2,85 |
| 8        | -2,49 | -2,32 | -2,48 | -2,26 | -2,18 | -2    | -1,91 | -1,24 | -0,19 | -1,49 | -2,28 | -2,67 | -2,71 | -2,62 | -3,05 |
| 9        | -2,79 | -2,67 | -2,64 | -2,54 | -2,49 | -2,36 | -2,24 | -1,43 | -0,24 | -1,14 | -2,01 | -2,66 | -2,91 | -2,84 | -3,12 |
| 10       | -3,03 | -2,86 | -2,69 | -2,69 | -2,63 | -2,47 | -2,06 | -1,14 | -0,11 | -0,73 | -1,69 | -2,49 | -2,98 | -3,05 | -3,1  |
| 11       | -3,07 | -2,96 | -2,87 | -2,76 | -2,71 | -2,44 | -1,77 | -0,81 | -0,18 | -0,36 | -1,03 | -2,17 | -2,68 | -2,92 | -2,99 |
| 12       | -3,03 | -3    | -2,92 | -2,77 | -2,51 | -2,22 | -1,43 | -0,77 | -0,19 | -0,27 | -0,76 | -1,4  | -2,26 | -2,66 | -2,73 |
| 13       | -2,93 | -2,92 | -2,89 | -2,67 | -2,42 | -2,11 | -1,35 | -0,68 | -0,16 | -0,21 | -0,77 | -1,46 | -2,02 | -2,28 | -2,8  |

### Lente 3

| ESFERA | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1      | -2,39 | -2,19 | -2,12 | -2,07 | -2,09 | -2,07 | -2,08 | -2,06 | -2,08 | -2,12 | -2,12 | -2,11 | -2,13 | -2,21 | -2,23 |
| 2      | -2,17 | -2,07 | -2,04 | -2,04 | -2,03 | -2,02 | -2,03 | -2,03 | -2,05 | -2,09 | -2,06 | -2,06 | -2,03 | -2,05 | -2,09 |
| 3      | -2,07 | -2,04 | -2,02 | -2,02 | -2    | -2,01 | -1,97 | -2,01 | -2,02 | -2,05 | -2,01 | -1,97 | -1,96 | -1,97 | -1,95 |
| 4      | -1,55 | -1,66 | -1,74 | -1,79 | -1,79 | -1,83 | -1,88 | -1,88 | -1,92 | -1,94 | -1,91 | -1,8  | -1,76 | -1,75 | -1,67 |
| 5      | -0,56 | -0,58 | -0,65 | -0,86 | -1,04 | -1,29 | -1,53 | -1,8  | -1,85 | -1,87 | -1,5  | -1,04 | -0,7  | -0,46 | -0,39 |
| 6      | -0,16 | -0,16 | -0,24 | -0,4  | -0,58 | -0,87 | -1,17 | -1,6  | -1,95 | -1,56 | -0,92 | -0,42 | -0,04 | 0,35  | 0,45  |
| 7      | 0,14  | 0,14  | -0,01 | -0,06 | -0,17 | -0,35 | -0,52 | -1,02 | -1,46 | -0,9  | -0,39 | -0,14 | 0,02  | 0,03  | 0,08  |
| 8      | 0,34  | 0,23  | 0,14  | 0,08  | 0,09  | 0,05  | -0,03 | 0     | -0,26 | 0,04  | 0,21  | 0,07  | 0,02  | 0,1   | 0,09  |
| 9      | 0,66  | 0,33  | 0,3   | 0,26  | 0,2   | 0,24  | 0,2   | 0,3   | 0,32  | 0,48  | 0,35  | 0,2   | 0,14  | 0,11  | 0,15  |
| 10     | 0,36  | 0,26  | 0,26  | 0,24  | 0,25  | 0,39  | 0,44  | 0,5   | 0,52  | 0,57  | 0,52  | 0,29  | 0,24  | 0,14  | 0,02  |
| 11     | 0,11  | 0,21  | 0,24  | 0,25  | 0,3   | 0,46  | 0,59  | 0,63  | 0,66  | 0,7   | 0,66  | 0,45  | 0,22  | 0,12  | -0,01 |
| 12     | 0,13  | 0,14  | 0,31  | 0,38  | 0,4   | 0,42  | 0,6   | 0,68  | 0,67  | 0,71  | 0,68  | 0,51  | 0,36  | 0,22  | -0,08 |
| 13     | 0,77  | -0,01 | 0,43  | 0,41  | 0,49  | 0,46  | 0,49  | 0,56  | 0,68  | 0,68  | 0,62  | 0,54  | 0,36  | -0,02 | -0,02 |

| CILINDRO | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1        | -0,87 | -1,2  | -0,65 | -0,63 | -0,45 | -0,32 | -0,3  | -0,3  | -0,29 | -0,37 | -0,4  | -0,46 | -0,63 | -1,1  | -0,39 |
| 2        | -1,2  | -0,87 | -0,5  | -0,31 | -0,26 | -0,19 | -0,13 | -0,14 | -0,11 | -0,09 | -0,22 | -0,25 | -0,36 | -0,5  | -1,03 |
| 3        | -0,88 | -0,55 | -0,34 | -0,26 | -0,16 | 0     | 0     | -0,16 | -0,18 | 0     | -0,14 | -0,26 | -0,3  | -0,38 | -0,75 |
| 4        | -1,02 | -0,59 | -0,43 | -0,29 | -0,25 | -0,2  | -0,08 | -0,13 | -0,08 | -0,16 | -0,13 | -0,26 | -0,37 | -0,42 | -0,78 |
| 5        | -1,72 | -1,6  | -1,45 | -1,2  | -1,02 | -0,74 | -0,46 | -0,09 | -0,17 | -0,17 | -0,46 | -1,06 | -1,41 | -1,65 | -1,75 |
| 6        | -2,06 | -2,03 | -1,88 | -1,73 | -1,55 | -1,24 | -0,87 | -0,45 | 0     | -0,45 | -1,2  | -1,83 | -2,2  | -2,55 | -2,64 |
| 7        | -2,44 | -2,42 | -2,33 | -2,24 | -2,12 | -1,94 | -1,66 | -1,13 | -0,15 | -0,88 | -1,82 | -2,34 | -2,59 | -2,47 | -2,65 |
| 8        | -2,78 | -2,7  | -2,55 | -2,57 | -2,55 | -2,4  | -2,26 | -1,87 | -0,48 | -1,06 | -2,33 | -2,76 | -2,75 | -2,87 | -2,95 |
| 9        | -3,19 | -2,98 | -2,9  | -2,88 | -2,72 | -2,57 | -2,33 | -1,66 | -0,43 | -0,86 | -1,97 | -2,74 | -2,98 | -2,92 | -3,15 |
| 10       | -3,17 | -3,08 | -2,97 | -2,9  | -2,75 | -2,58 | -2,13 | -0,92 | -0,19 | -0,18 | -1,18 | -2,38 | -3    | -2,98 | -3,04 |
| 11       | -3,09 | -3,07 | -2,94 | -2,82 | -2,61 | -2,39 | -1,96 | -1,16 | -0,17 | -0,2  | -0,94 | -2,06 | -2,76 | -2,96 | -2,93 |
| 12       | -2,9  | -2,96 | -2,98 | -2,73 | -2,54 | -2,05 | -1,51 | -0,6  | -0,15 | -0,29 | -0,75 | -1,77 | -2,38 | -2,68 | -2,73 |
| 13       | -3,6  | -2,82 | -2,81 | -2,67 | -2,3  | -1,8  | -1,2  | -0,38 | -0,1  | -0,29 | -0,84 | -1,57 | -2,08 | -2,54 | -2,65 |

### Lente 4

| ESFERA | 1    | 2     | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|--------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1      | 2,56 | 2,09  | 2,13 | 2,17 | 2,27 | 2,26 | 2,26 | 2,27 | 2,23 | 2,14 | 2,17 | 2,17 | 3,86 | 3,92 | 3,96 |
| 2      | 2,09 | 2,13  | 2,21 | 2,23 | 2,24 | 2,27 | 2,27 | 2,26 | 2,27 | 2,24 | 2,21 | 2,18 | 2,15 | 2,82 | 2,92 |
| 3      | 2,22 | 2,16  | 2,17 | 2,2  | 2,19 | 2,19 | 2,27 | 2,28 | 2,19 | 2,19 | 2,21 | 2,22 | 2,19 | 2,32 | 2,59 |
| 4      | 2,86 | 2,78  | 2,57 | 2,36 | 2,19 | 2,22 | 2,19 | 2,2  | 2,16 | 2,19 | 2,4  | 2,45 | 2,66 | 2,81 | 2,95 |
| 5      | 3,41 | 3,34  | 3,19 | 2,86 | 2,61 | 2,42 | 2,29 | 2,25 | 2,13 | 2,22 | 2,37 | 2,72 | 3,11 | 3,38 | 3,59 |
| 6      | 3,87 | 3,84  | 3,65 | 3,56 | 3,28 | 2,99 | 2,73 | 2,39 | 2,22 | 2,41 | 2,81 | 3,36 | 3,86 | 4,15 | 4,29 |
| 7      | 4,16 | 4,09  | 4,07 | 4,01 | 3,98 | 3,79 | 3,5  | 2,97 | 2,62 | 3,29 | 3,7  | 3,93 | 3,95 | 4,38 | 4,84 |
| 8      | 4,7  | 4,57  | 4,33 | 4,21 | 4,31 | 4,26 | 4,04 | 4,01 | 3,83 | 4,08 | 4,26 | 4,24 | 4,3  | 4,32 | 4,45 |
| 9      | 4,79 | 4,67  | 4,47 | 4,45 | 4,5  | 4,53 | 4,47 | 4,43 | 4,38 | 4,47 | 4,6  | 4,55 | 4,48 | 4,5  | 4,5  |
| 10     | 5,19 | 4,71  | 4,67 | 4,57 | 4,56 | 4,65 | 4,66 | 4,71 | 4,81 | 5,12 | 4,79 | 4,64 | 4,57 | 4,6  | 4,64 |
| 11     | 8,7  | 4,71  | 4,8  | 4,8  | 4,8  | 4,82 | 4,85 | 4,89 | 4,99 | 4,79 | 4,75 | 4,87 | 4,77 | 4,73 | 4,56 |
| 12     | 8,57 | 4,71  | 4,84 | 4,95 | 5,02 | 5,03 | 5,07 | 5,14 | 5,45 | 5,43 | 5,05 | 5,01 | 4,89 | 4,73 | 5,01 |
| 13     | 10,2 | 10,11 | 5,39 | 4,76 | 4,79 | 4,85 | 4,97 | 5,03 | 5,09 | 5,11 | 5,01 | 4,9  | 5,15 | 7,66 | 7,78 |

| CILINDRO | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1        | -0,5  | -0,22 | -0,09 | 0     | -0,12 | -0,12 | -0,14 | -0,15 | -0,07 | 0     | -0,14 | -0,3  | -0,75 | -1,01 | -1,31 |
| 2        | -0,22 | 0     | -0,08 | -0,1  | -0,09 | -0,13 | -0,16 | -0,15 | -0,12 | 0     | 0     | -0,13 | -0,39 | -0,71 | -0,79 |
| 3        | -0,13 | 0     | 0     | -0,1  | -0,09 | -0,11 | -0,17 | -0,16 | -0,09 | 0     | 0     | 0     | 0     | -0,6  | -2,84 |
| 4        | -0,83 | -0,73 | -0,53 | -0,25 | -0,09 | -0,15 | -0,09 | -0,11 | 0     | -0,07 | -0,2  | -0,22 | -0,41 | -0,8  | -1,05 |
| 5        | -1,25 | -1,17 | -1,01 | -0,72 | -0,53 | -0,37 | -0,22 | -0,09 | -0,13 | -0,13 | -0,3  | -0,58 | -0,91 | -1,11 | -1,34 |
| 6        | -1,68 | -1,67 | -1,61 | -1,46 | -1,26 | -1,01 | -0,69 | -0,39 | -0,12 | -0,36 | -0,67 | -1,36 | -1,76 | -1,98 | -2,02 |
| 7        | -1,99 | -2    | -2    | -2,12 | -2,12 | -1,92 | -1,6  | -1,03 | -0,09 | -1,21 | -1,95 | -2,37 | -2,25 | -2,62 | -2,99 |
| 8        | -2,66 | -2,68 | -2,63 | -2,59 | -2,66 | -2,45 | -2,22 | -1,73 | -0,58 | -1,19 | -2,28 | -2,67 | -2,86 | -2,86 | -3,01 |
| 9        | -2,99 | -2,96 | -2,84 | -2,82 | -2,77 | -2,65 | -2,41 | -1,55 | -0,53 | -0,71 | -1,61 | -2,57 | -3,04 | -3,12 | -3,16 |
| 10       | -3,31 | -3,11 | -3,05 | -2,9  | -2,75 | -2,55 | -2,3  | -1,36 | -0,52 | -0,79 | -1,75 | -2,73 | -3,06 | -3,17 | -3,28 |
| 11       | -6,56 | -3,3  | -3,2  | -3,13 | -3,04 | -2,79 | -2,55 | -2,1  | -1,05 | -0,27 | -1,46 | -2,53 | -2,99 | -3,19 | -3,14 |
| 12       | -6,55 | -3,08 | -3,08 | -2,97 | -2,72 | -2,35 | -1,61 | -0,92 | -0,61 | -0,92 | -1,02 | -2,09 | -2,7  | -2,91 | -3,45 |
| 13       | -7,01 | -8,17 | -3,51 | -2,65 | -2,42 | -2,21 | -1,56 | -0,79 | -0,28 | -0,36 | -0,66 | -1,21 | -2,49 | -5,34 | -5,45 |

## Lente 5

| ESFERA | 1     | 2     | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14    | 15    |
|--------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| 1      | 12,32 | 2,65  | 2,16 | 2,14 | 2,24 | 2,32 | 2,3  | 2,32 | 2,32 | 2,31 | 2,22 | 2,18 | 2,21 | 2,6   | 11,55 |
| 2      | 5,5   | 2,17  | 2,15 | 2,25 | 2,32 | 2,32 | 2,31 | 2,31 | 2,32 | 2,31 | 2,39 | 2,24 | 2,22 | 2,22  | 2,34  |
| 3      | 2,22  | 2,21  | 2,21 | 2,23 | 2,26 | 2,29 | 2,29 | 2,25 | 2,26 | 2,25 | 2,31 | 2,3  | 2,27 | 2,24  | 2,32  |
| 4      | 2,78  | 2,64  | 2,5  | 2,33 | 2,26 | 2,24 | 2,21 | 2,2  | 2,2  | 2,18 | 2,21 | 2,43 | 2,49 | 2,53  | 2,66  |
| 5      | 3,57  | 3,51  | 3,34 | 3,14 | 2,84 | 2,63 | 2,36 | 2,22 | 2,18 | 2,2  | 2,48 | 3,06 | 3,4  | 3,69  | 3,8   |
| 6      | 4,08  | 4,04  | 3,43 | 3,79 | 3,57 | 3,22 | 2,86 | 2,41 | 2,33 | 2,71 | 3,17 | 3,46 | 4,1  | 4,39  | 4,63  |
| 7      | 4,3   | 4,2   | 4,13 | 3,99 | 3,96 | 3,79 | 3,63 | 3,32 | 2,75 | 3,58 | 3,87 | 4,08 | 4,22 | 4,39  | 4,77  |
| 8      | 4,85  | 4,7   | 4,57 | 4,52 | 4,44 | 4,25 | 4,17 | 4,17 | 4    | 4,4  | 4,39 | 4,35 | 4,37 | 4,4   | 4,51  |
| 9      | 4,88  | 4,75  | 4,65 | 4,55 | 4,59 | 4,6  | 4,61 | 4,61 | 4,66 | 4,82 | 4,71 | 4,6  | 4,54 | 4,55  | 4,59  |
| 10     | 4,81  | 4,84  | 4,74 | 4,73 | 4,74 | 4,8  | 4,8  | 4,4  | 5,09 | 5,22 | 4,8  | 4,75 | 4,69 | 4,7   | 4,6   |
| 11     | 4,86  | 4,84  | 4,92 | 4,97 | 4,96 | 4,99 | 5,1  | 5,13 | 5    | 5,32 | 5,27 | 5,09 | 4,99 | 4,8   | 4,67  |
| 12     | 12,84 | 10,76 | 4,87 | 4,95 | 5    | 5,1  | 5,11 | 5,17 | 5,22 | 5,25 | 5,27 | 5,2  | 5,01 | 4,8   | 5,19  |
| 13     | 0,08  | 0,07  | 12   | 6,01 | 5,51 | 5,15 | 5,09 | 5,14 | 5,22 | 5,23 | 5,19 | 5,21 | 5,77 | 10,15 | 10,12 |

| CIINDRO | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1       | -9,95 | -0,55 | -0,19 | 0     | -0,04 | 0,15  | -0,15 | -0,16 | -0,16 | -0,15 | 0     | 0     | -0,26 | -0,49 | -9,25 |
| 2       | -3,24 | -0,22 | 0     | -0,09 | -0,16 | -0,16 | -0,15 | -0,18 | -0,17 | -0,16 | -0,11 | 0     | 0     | -0,21 | -0,26 |
| 3       | -0,69 | -0,09 | 0     | -0,1  | -0,12 | -0,14 | -0,17 | -0,09 | -0,14 | -0,08 | -0,12 | -0,08 | 0     | -0,1  | -0,57 |
| 4       | -0,66 | -0,44 | -0,3  | -0,17 | -0,11 | -0,1  | -0,3  | -0,14 | -0,11 | 0     | -0,11 | -0,2  | -0,21 | -0,23 | -0,69 |
| 5       | -1,32 | -1,3  | -1,15 | -1,01 | -0,81 | -0,56 | -0,27 | -0,22 | -0,21 | 0     | -0,32 | -0,88 | -1,18 | -1,37 | -1,56 |
| 6       | -1,82 | -1,83 | -1,79 | -1,73 | -1,57 | -1,27 | -0,86 | -0,45 | -0,2  | -0,66 | -1,17 | -1,53 | -2,01 | -2,2  | -2,33 |
| 7       | -2    | -2,07 | -2,1  | -2,07 | -2,12 | -1,99 | -1,8  | -1,37 | 0     | -1,56 | -2,19 | -2,59 | -2,68 | -2,67 | -2,67 |
| 8       | -3    | -3,04 | -3    | -2,91 | -2,71 | -2,49 | -2,3  | -1,51 | -0,37 | -1,66 | -2,6  | -2,97 | -3    | -3,01 | -2,99 |
| 9       | -3,17 | -3,1  | -3,05 | -3,95 | -2,81 | -2,72 | -2,46 | -1,51 | -0,37 | -0,88 | -1,75 | -3,03 | -3,23 | -3,19 | -3,2  |
| 10      | -3,24 | -3,3  | -3,23 | -3,06 | -2,85 | -2,66 | -1,89 | -0,95 | -0,41 | -1,03 | -1,7  | -2,69 | -3,15 | -3,27 | -3,27 |
| 11      | -3,46 | -3,32 | -3,3  | -3,04 | -2,68 | -2,4  | -1,64 | -1,41 | -0,42 | -0,45 | -0,84 | -1,57 | -2,32 | -3,01 | -3,12 |
| 12      | -9,99 | -8,8  | -3,28 | -3,17 | -2,91 | -2,69 | -2,27 | -1,45 | -0,73 | -0,33 | -0,61 | -1,04 | -2,06 | -2,57 | -3,28 |
| 13      | -0,08 | -0,07 | -9,95 | -4,04 | -3,06 | -2,35 | -1,86 | -1,21 | -0,58 | -0,27 | -0,24 | -1,14 | -2,39 | -7,24 | -7,2  |

## Lente 6

| ESFERA | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1      | 2,53 | 2,17 | 2,12 | 2,29 | 2,36 | 2,32 | 2,34 | 2,42 | 2,41 | 2,23 | 2,2  | 2,17 | 3,84 | 2,16 | 0,02 |
| 2      | 2,2  | 2,34 | 2,35 | 2,35 | 2,37 | 2,35 | 2,34 | 2,33 | 2,4  | 2,4  | 2,35 | 2,25 | 2,33 | 4,42 | 4,98 |
| 3      | 2,3  | 2,24 | 2,24 | 2,23 | 2,27 | 2,3  | 2,3  | 2,27 | 2,41 | 2,29 | 2,3  | 2,31 | 2,31 | 2,36 | 4,04 |
| 4      | 2,69 | 2,56 | 2,46 | 2,45 | 2,39 | 2,35 | 2,19 | 2,15 | 2,16 | 2,22 | 2,41 | 2,61 | 2,77 | 2,94 | 3,05 |
| 5      | 3,29 | 3,18 | 3,09 | 2,84 | 2,6  | 2,44 | 2,29 | 2,31 | 2,11 | 2,28 | 2,56 | 2,76 | 3,14 | 3,51 | 3,79 |
| 6      | 3,94 | 3,93 | 3,83 | 3,63 | 3,4  | 3,1  | 2,79 | 2,28 | 2,47 | 2,85 | 3,17 | 3,59 | 4,08 | 4,46 | 4,64 |
| 7      | 4,32 | 4,25 | 4,05 | 3,95 | 3,84 | 3,7  | 3,44 | 3,12 | 2,9  | 3,75 | 4,09 | 4,19 | 4,35 | 4,51 | 4,78 |
| 8      | 4,7  | 4,51 | 4,49 | 4,45 | 4,35 | 4,17 | 4,24 | 4,35 | 3,45 | 4,42 | 4,49 | 4,43 | 4,44 | 4,55 | 4,55 |
| 9      | 4,99 | 4,79 | 4,6  | 4,49 | 4,61 | 4,62 | 4,55 | 4,78 | 4,87 | 4,53 | 4,75 | 4,59 | 4,55 | 4,58 | 4,65 |
| 10     | 5,05 | 4,92 | 4,83 | 4,79 | 4,81 | 4,89 | 4,93 | 5,03 | 5,32 | 5,1  | 5,09 | 4,91 | 4,77 | 4,72 | 4,57 |
| 11     | 4,84 | 5,07 | 5,03 | 5,04 | 5,06 | 5,17 | 5,21 | 5,22 | 5,27 | 5,31 | 5,24 | 5,14 | 4,92 | 4,73 | 4,61 |
| 12     | 4,89 | 4,89 | 5,25 | 5,26 | 5,26 | 5,19 | 5,22 | 5,28 | 5,29 | 5,31 | 5,99 | 5,94 | 4,87 | 4,83 | 5,68 |
| 13     | 6,36 | 4,73 | 5,16 | 5,2  | 5,33 | 5,31 | 5,35 | 5,44 | 5,41 | 5,31 | 5,23 | 5,11 | 4,95 | 4,96 | 4,96 |

| CIINDRO | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1       | -0,93 | -0,56 | -0,07 | -0,09 | -0,17 | -0,18 | -0,14 | -0,22 | -0,41 | 0     | -0,2  | -0,47 | -1,69 | -9,95 | -0,07 |
| 2       | -0,18 | -0,17 | -0,17 | -0,17 | -0,14 | -0,17 | -0,2  | -0,15 | -0,17 | -0,17 | -0,15 | -0,47 | -0,13 | -2,66 | -2,64 |
| 3       | -0,13 | -0,11 | -0,11 | -0,11 | -0,13 | -0,12 | 0     | -0,16 | -0,22 | -0,09 | -0,1  | -0,09 | 0     | -0,35 | -1,53 |
| 4       | -0,41 | -0,36 | -0,25 | -0,28 | -0,25 | -0,26 | -0,3  | 0     | 0     | 0     | -0,22 | -0,27 | -0,43 | -0,8  | -1,47 |
| 5       | -1,01 | -0,91 | -0,88 | -0,72 | -0,51 | -0,39 | -0,17 | -0,21 | 0     | -0,12 | -0,4  | -0,64 | -0,85 | -1,19 | -1,38 |
| 6       | -1,77 | -1,7  | -1,72 | -1,57 | -1,41 | -1,13 | -0,75 | -0,33 | -0,28 | -0,84 | -1,19 | -1,56 | -2    | -2,25 | -2,29 |
| 7       | -2,17 | -2,13 | -2,15 | -2,06 | -2,02 | -1,84 | -1,59 | -0,07 | -0,2  | -1,7  | -2,55 | -2,76 | -2,88 | -2,84 | -2,94 |
| 8       | -2,61 | -2,63 | -2,77 | -2,81 | -2,69 | -2,45 | -2,44 | -1,72 | -0,37 | -1,72 | -2,72 | -3,13 | -3,18 | -3,2  | -3,1  |
| 9       | -3,07 | -3,09 | -2,97 | -2,93 | -2,94 | -2,81 | -2,48 | -1,28 | -0,55 | -0,54 | -2,42 | -3,12 | -3,31 | -3,35 | -3,34 |
| 10      | -3,34 | -3,46 | -3,34 | -3,21 | -2,93 | -2,67 | -2,11 | -0,99 | -0,66 | -0,45 | -1,75 | -2,8  | -3,29 | -3,3  | -3,34 |
| 11      | -3,49 | -3,54 | -3,44 | -3,11 | -2,94 | -2,32 | -1,59 | -0,71 | -0,35 | -0,62 | -1,63 | -2,52 | -3,01 | -3,02 | -3,26 |
| 12      | -3,46 | -3,4  | -3,49 | -3,27 | -2,81 | -2,33 | -1,54 | -0,72 | -0,33 | -0,39 | -1,27 | -1,46 | -2,54 | -2,7  | -3,91 |
| 13      | -4,66 | -3,11 | -3,19 | -2,91 | -2,55 | -2,08 | -1,4  | -0,67 | -0,36 | -0,55 | -1,08 | -1,58 | -2,22 | -2,26 | -2,26 |