



## GRADO EN ÓPTICA Y OPTOMETRÍA

### TRABAJO FINAL DE GRADO

---

# DESEMPEÑO ÓPTICO DE LENTES INTRAOCULARES COMPENSADORAS DE LA PRESBICIA

**INGRID ARCALÍS MENTUY**

Director:  
FIDEL VEGA LERÍN

Grupo de Óptica Aplicada y Procesado de Imagen (GOAPI)  
Departamento de Óptica y Optometría (DOO)

FECHA DE LECTURA:  
5 de julio de 2022

DESEMPEÑO ÓPTICO DE LENTES INTRAOCULARES COMPENSADORAS DE LA PRESBICIA  
RESUMEN EXTENSO

**Índice**

1. Introducción

2. Objetivos y motivación personal

3. Material

3.1 Lente intraocular monofocal mejorada (*Enhanced monofocal*)

3.2 Lente intraocular de foco extendido (EDOF)

3.3 Banco óptico con el modelo de ojo artificial

4. Método

5. Resultados

6. Discusión

7. Conclusiones

8. Trabajos derivados del TFG

9. Referencias bibliográficas

## 1. INTRODUCCIÓN

Con el transcurso de los años se produce una pérdida progresiva de la transparencia del cristalino que deriva en la opacificación del mismo. Esta afectación recibe el nombre de catarata y perjudica gravemente la función visual a medida que progresa [Kaufman 2004]. Su tratamiento consiste en un procedimiento quirúrgico en el cual se procede a la substitución del cristalino opacificado por una lente intraocular.

Las demandas visuales de los pacientes han cambiado marcadamente en los últimos años. Hoy en día predomina el uso de dispositivos electrónicos en todas las edades (incluidas las personas mayores) y por ello se requiere una visión óptima tanto a distancias lejanas como a distancias intermedias y cercanas. También es tendencia actualmente poder prescindir de las gafas después de la intervención de cataratas y, por consiguiente, el principal propósito del implante intraocular (que es restaurar la función visual del paciente) se da por descontado y todo ello se aborda más como un proceso que debe ser capaz de corregir el error refractivo del paciente anterior a la operación, así como también compensar parcialmente, o incluso totalmente, su presbicia [Millán 2021].

El deseo de cumplir con dichas demandas visuales ha impulsado el desarrollo de múltiples diseños de lentes intraoculares. Unos se basan en la sucesión discreta de dos o tres focos (multifocales bifocales y trifocales) y otros en la elongación del único segmento focal presente (de rango de visión extendido o ERV-IOLs por sus siglas en inglés). La multifocalidad persigue el principio de visión simultánea que está asociado con la aparición de ciertos inconvenientes visuales como la percepción de fenómenos fóticos o la reducción de la sensibilidad al contraste. Por lo tanto y, en consecuencia, se crearon las ERV-IOLs que tratan de proporcionar un rango de visión nítido más amplio que el de una lente intraocular monofocal convencional (en la práctica que cubra la visión de lejos y la intermedia) mitigando algunas de las limitaciones recién comentadas en la medida de lo posible. Bajo esta etiqueta se pueden diferenciar dos categorías: las lentes monofocales 'mejoradas' (EM-IOLs por sus siglas en inglés) y las lentes de foco extendido (EDOF-IOLs por sus siglas en inglés). El presente Trabajo Final de Grado se ha centrado precisamente en analizar ambos diseños.

## 2. OBJETIVOS Y MOTIVACIÓN PERSONAL

### **Objetivos**

En este proyecto se persiguen dos propósitos bien definidos. El primer de ellos consiste en analizar el comportamiento óptico de dos ERV-IOLs para posteriormente poder comparar sus prestaciones ópticas *in-vitro* y, asimismo, comprobar su capacidad para extender el rango de visión nítido a distancias intermedias. El segundo fin (en relación con el anterior) es estudiar cómo varía el desempeño óptico de las mismas lentes en función de su potencia base para conocer la posible influencia de ésta en la futura calidad visual tanto de un paciente emétrope como de un paciente miope o hipermetrope.

Cabe señalar que la finalidad última de esta línea de trabajo sería evaluar (con anterioridad a la cirugía) la influencia que la calidad óptica de estas novedosas lentes intraoculares puede tener respecto a los posteriores resultados clínicos (aunque por motivos de extensión éstos no se aborden en este proyecto).

### **Motivación personal**

Durante el transcurso del Grado en Óptica y Optometría he podido comprobar que estas disciplinas mencionadas se complementan una a la otra y que precisamente lo que hace interesante nuestra formación es poder conocer los atributos de cada una y ver cómo se relacionan. Cierto es que los últimos cursos de la etapa universitaria se han centrado más en la vertiente optométrica pero no por ello debemos olvidar la importancia de la óptica y la contribución que tiene su conocimiento. En el campo de las lentes intraoculares es sumamente relevante analizar *in-vitro* las prestaciones ópticas de éstas para predecir su desempeño visual y comprender los posteriores hallazgos clínicos. Hoy en día existe una gran variedad de lentes intraoculares por lo que su estudio en banco óptico también es determinante para que los cirujanos junto con los optometristas puedan elegir la opción que más se adapte a las necesidades y expectativas de cada paciente.

Para mí por tanto es una gran oportunidad profesional la que se me ha ofrecido con la realización de este trabajo de tal interés y utilidad. Los diseños ópticos de las lentes intraoculares estudiadas son verdaderamente novedosos por lo que este proyecto se podría considerar innovador, además de atractivo para el sector tanto oftalmológico como optométrico ya que el comportamiento óptico de las lentes se evalúa en condiciones muy próximas una vez implantadas.

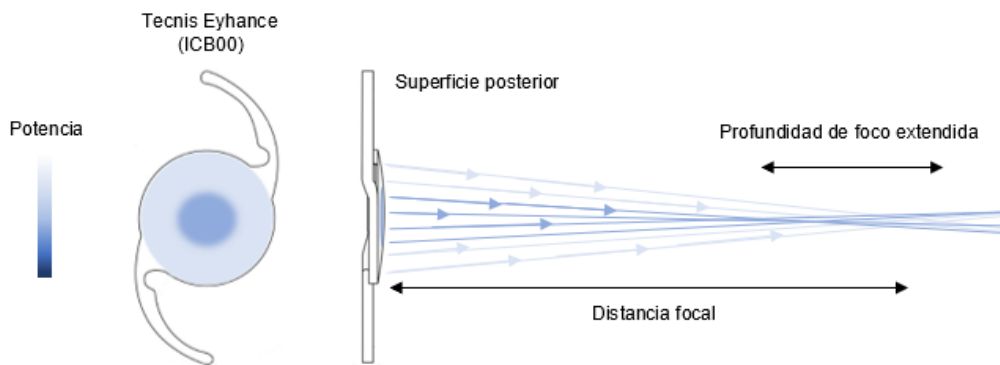
La formación que he recibido en tal entorno científico y el cúmulo de conocimientos adquirido a lo largo de estos meses han sido totalmente gratificantes para mi formación académica y mi desarrollo personal. He tenido la ocasión tanto de conocer el funcionamiento de múltiples sistemas ópticos y de familiarizarme con técnicas experimentales para la obtención de medidas como la de mejorar mi espíritu crítico. Considero que no se puede tener más motivación que la de aprender todo lo que he aprendido durante la realización de este trabajo (el cual ha despertado mi vocación científica y me ha animado a seguir formándome) además de la de poder contribuir con futuras publicaciones relacionadas, reflejando el esfuerzo invertido y representando un progreso dentro de este contexto.

Destacar por último que este Trabajo Final de Grado se ha llevado a cabo en el marco de una Beca que me concedió el Ministerio de Educación y Formación Profesional (Convocatoria 2021-2022) para realizar tareas de Colaboración en Investigación en departamentos universitarios con grupos de investigación activos como es el Grupo de Óptica Aplicada y Procesado de la Imagen (GOAPI) de la Universitat Politècnica de Catalunya.

### 3. MATERIAL

#### 3.1 Lente intraocular monofocal mejorada (*Enhanced monofocal*)

La EM-IOL que se estudia en este trabajo es la Tecnis Eyhance (modelo ICB00) de Johnson & Johnson. Es descrita por el fabricante como una lente monofocal asférica modificada capaz de proporcionar una mayor profundidad de foco en comparación a una lente intraocular monofocal asférica convencional consiguiendo mejorar la agudeza visual a distancias intermedias. En la **tabla 1** se encuentran resumidas sus especificaciones técnicas. El diseño óptico de esta lente cuenta con una superficie anterior en la cual se produce un aumento progresivo de su poder dióptrico desde la periferia hacia el centro (**figura 1**) para lograr extender el rango de visión.



**Figura 1.** Representación del cambio de potencia de la lente intraocular Tecnis Eyhance (ICB00) para conseguir extender el rango de visión una vez implantada.

También está en juego otra componente óptica: la aberración esférica (SA por sus siglas en inglés). Tecnis Eyhance presenta un valor de SA de  $-0.27 \mu\text{m}$  para un diámetro pupilar de 6 mm (igual que la lente monofocal estándar Tecnis One (ZCB00) [Alarcon 2020]. Sin embargo, Vega et al. demostraron que la SA de esta EM-IOL es mayor que la de dicha lente monofocal estándar para diámetros pupilares inferiores a 3.5 mm [Vega 2020]. Una consecuencia importante de este diseño es la dependencia pupilar puesto que el poder dióptrico que ofrece la lente es mayor o menor en función del tamaño de la pupila.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: TECNIS EYHANCE (ICB00)					
MATERIAL	ÍNDICE DE REFRACCIÓN	POTENCIA	GEOMETRÍA	DIÁMETRO TOTAL	DIÁMETRO ÓPTICO
Acrílico, hidrofóbico y bloqueador de los rayos UV	1.47 a 35°C	De +5.00D a +34.00D en incrementos de 0.50D	Biconvexa con una superficie anterior asférica modificada	13.0 mm	6.0 mm

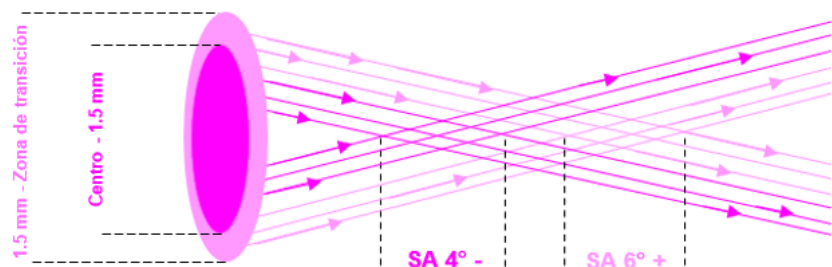
**Tabla 1.** Especificaciones técnicas de la lente intraocular Tecnis Eyhance (ICB00) de J&J Vision.

### 3.2 Lente intraocular de foco extendido (EDOF)

La EDOF-IOL que se analiza paralelamente es la LuxSmart de Bausch+Lomb. El fabricante la incluye dentro de la categoría EDOF (*extended depth of focus*). Según la Academia Americana de Oftalmología (AAO por sus siglas en inglés) se les puede atribuir este término a aquellas LIOs que son capaces de extender como mínimo 0.50D más el foco de visión lejana que una lente monofocal estándar y deben ofrecer una agudeza visual de 0.2 logMAR o mejor en todo este rango de visión [MacRae 2017]. En la **tabla 2** se encuentran resumidas sus especificaciones técnicas. El diseño óptico consiste en una superficie anterior refractiva que se divide en tres partes concéntricas (**figura 2**). La primera es la periferia y se trata de un anillo monofocal esférico dedicado a la visión de lejos. La segunda es una zona de transición creada para incrementar suavemente la vergencia óptica desde la periferia hasta el centro de la lente y, finalmente, la tercera consiste en una zona de 2 mm de diámetro donde se combinan valores positivos y negativos de aberración esférica de 4° y 6° orden para conseguir el efecto EDOF deseado (**figura 3**).



**Figura 2.** Representación de las tres partes anulares de la zona óptica de la lente intraocular LuxSmart.



**Figura 3.** Representación del resultado (extensión de la profundidad de foco) de la combinación de una zona (del centro a 1.5 mm) con valores de SA de 4° orden negativos con otra zona (de 1.5 mm hasta la zona de transición) con valores de SA de 6° orden positivos en el caso de la lente intraocular LuxSmart.

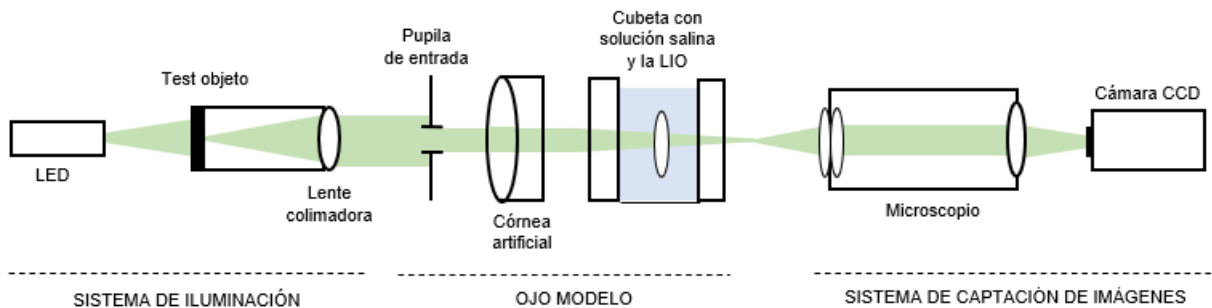
Con esta distribución óptica no cabe duda que el comportamiento refractivo de la lente claramente estará condicionado por el diámetro pupilar. Dicha particularidad se debe remarcar en este caso porque la adición de ésta es más significativa que la de una lente monofocal esférica modificada por el hecho de ser completamente EDOF.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS: LUXSMART					
MATERIAL	ÍNDICE DE REFRACCIÓN	POTENCIA	DISEÑO ÓPTICO	DIÁMETRO TOTAL	DIÁMETRO ÓPTICO
Acrílico, hidrofóbico y bloqueador de la radiación UV	1.54 a 35°C	De 0.00D a +10.00D en pasos de 1.00D y de +10.00D a +34.00D en pasos de 0.50D	Asférica con profundidad de foco extendida	11.0 mm	6.0 mm

**Tabla 2.** Especificaciones técnicas de la lente intraocular LuxSmart de Bausch+Lomb.

### 3.3 Banco óptico con el modelo de ojo artificial

El estudio del desempeño óptico de las lentes intraoculares se ha realizado en un banco óptico con un montaje experimental que incluye un sistema de iluminación, un modelo de ojo artificial y un sistema de captación de imágenes (**figura 4**). Estos tres elementos en conjunto hacen posible el análisis de las características ópticas de las lentes reproduciendo y captando las imágenes creadas por ellas. Las medidas del presente trabajo se han llevado a cabo en el laboratorio del Grupo de Óptica Aplicada y Procesado de Imagen (GOAPI) de la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa.

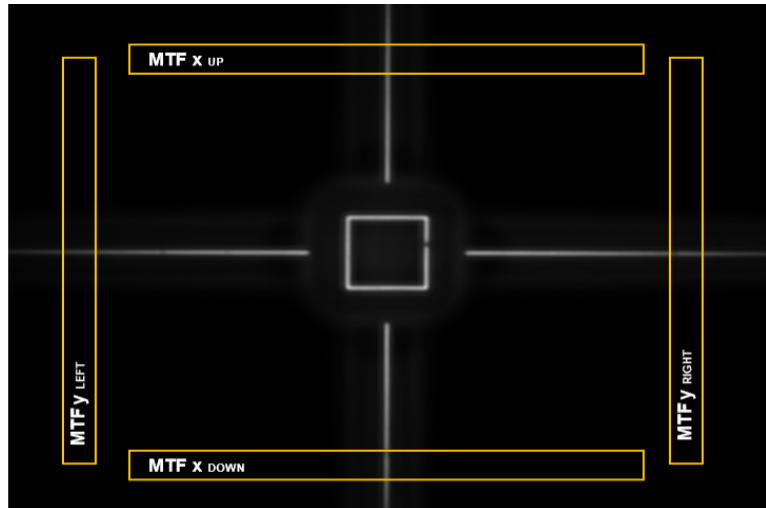


**Figura 4.** Esquema del montaje experimental en el banco óptico del Grupo de Óptica Aplicada y Procesado de Imagen (GOAPI) de la Facultad de Óptica y Optometría de Terrassa.

## 4. MÉTODO

La calidad óptica de las lentes intraoculares se ha determinado con métricas de calidad objetiva a lo largo del eje óptico (análisis *through-focus*) en función del diámetro pupilar (2.0, 3.0 y 4.5 mm) y de la potencia base de las lentes (10D, 20D y 30D). Dichas métricas de calidad son la Función de Transferencia de Modulación (MTF por sus siglas en inglés) y el área bajo la curva de la MTF (MTFa).

Para completar el análisis *through-focus* se ha realizado un barrido en el espacio imagen del banco óptico (rango recorrido típico de 1000  $\mu\text{m}$ ) capturando instantáneas de la imagen del test objeto en pasos de 20  $\mu\text{m}$  (aproximadamente cada 0.10D). A partir de estas imágenes y utilizando el programa OpticStudio se han encontrado los valores experimentales de la MTF y sus correspondientes desviaciones estándar. El test objeto que se ha usado en este trabajo consiste en un cuadrado de 500  $\mu\text{m}$  con 4 rendijas de 10  $\mu\text{m}$  (dos dispuestas verticalmente y dos horizontalmente). El corte transversal de dichas líneas proporciona la Función de Línea Extendida (LSF por sus siglas en inglés) y un algoritmo matemático permite obtener la MTF a partir de la LSF. Se han seleccionado 4 MTFs de cada imagen (dos en el eje X y dos en el eje Y) y la MTF resultante se ha hallado haciendo el promedio de estos 4 valores (**figura 5**).



**Figura 5.** Imagen del test objeto en el programa OpticStudio a partir de la cual se extraen 2 MTFs en el eje horizontal (MTFx UP y MTFx DOWN) y 2 MTFs en el eje vertical (MTFy LEFT y MTFy RIGHT).

La MTFa incluye los valores de la MTF obtenidos entre las frecuencias espaciales de 0 a 50 ciclos/mm. Es por eso que las curvas que se obtienen con esta herramienta están libres de pendientes exageradas y fuertes desniveles. Este hecho también facilita la comparación con las curvas de desenfoque clínicas cuyo propósito es estudiar cómo es el rendimiento visual de un paciente que ha recibido una compensación óptica en un extenso rango de distancias. La MTFa por lo tanto es capaz de predecir en promedio la agudeza visual clínica de los futuros pacientes pseudofáquicos y de aquí que se considere una medida preclínica significativa [Alarcon 2016] [Vega 2018].

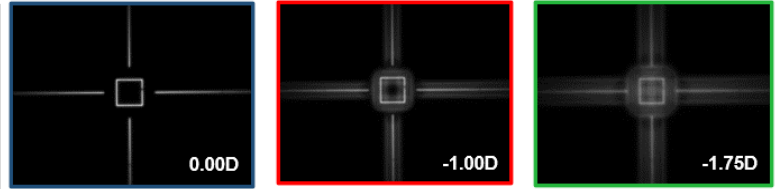
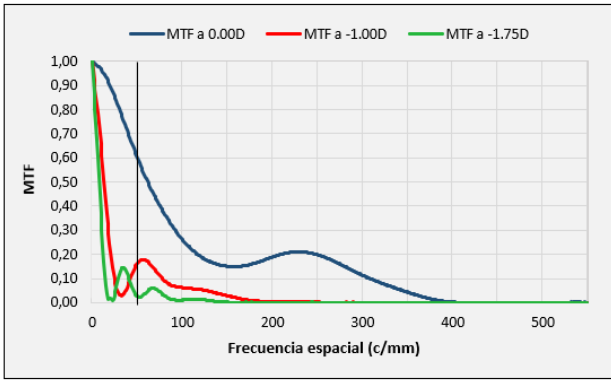
## 5. RESULTADOS

En este resumen sólo se muestran los resultados más representativos obtenidos con las ERV-IOLs de 20 dioptrías de potencia base debido a la limitación de extensión de éste. Se remite a la memoria completa del TFG al lector interesado en ampliar la información.

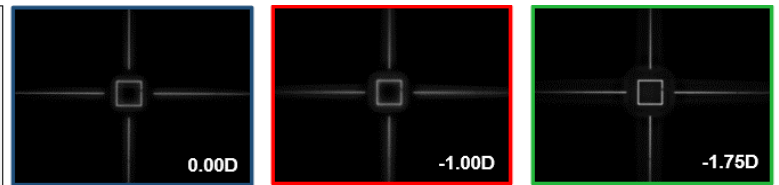
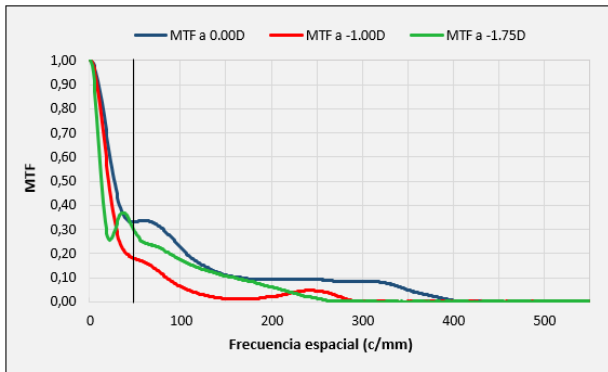
### **MTFs en visión de lejos e intermedia**

Las **figuras 6 y 7** muestran la variación de la MTF en función de la frecuencia espacial en los planos correspondientes a los desenfoques de 0.00D, -1.00D y -1.75D para un diámetro pupilar de 3.0 mm (el cual se puede considerar representativo de la pupila fotópica). La posición del primer desenfoque (0.00D) hace referencia al infinito, simbolizando, así, la visión lejana, es decir, una distancia objeto de 6 m o mayor. Los desenfoques de -1.00D y -1.75D representan las distancias de visión intermedias de 1 m y 60 cm, respectivamente. Se han escogido estos valores de desenfoque para valorar el desempeño óptico que prometen estas ERV-IOLs en distancias lejanas y, sobre todo, en distancias intermedias. Cada gráfico está acompañado por las imágenes del test objeto correspondientes a dichos valores de desenfoque, pues la variación de la calidad óptica entre éstas se puede apreciar fácilmente y de manera intuitiva con su observación.





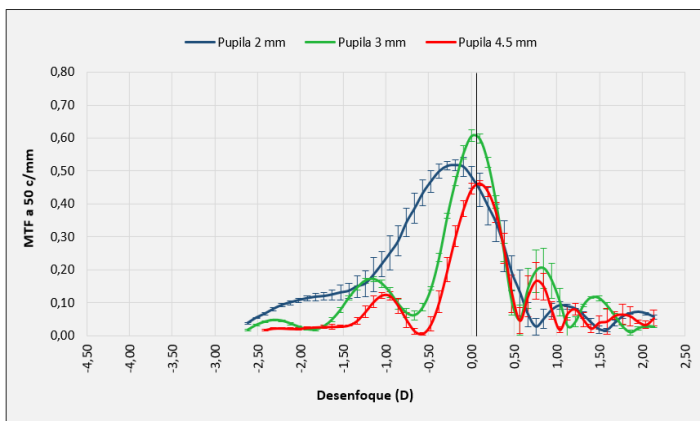
**Figura 6.** Curvas MTF de la EM-IOL Tecnis Eyhance de +20D en función de la frecuencia espacial y para un diámetro pupilar de 3.0 mm en los planos correspondientes a los desenfoces de 0.00D (azul), -1.00D (rojo) y -1.75D (verde) con sus respectivas imágenes del test objeto. La línea vertical negra indica la frecuencia de 50 ciclos/mm.



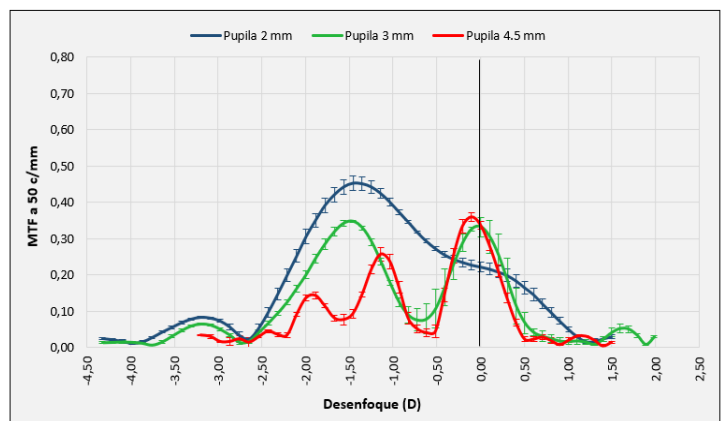
**Figura 7.** Curvas MTF de la EDOF-IOL LuxSmart de +20D en función de la frecuencia espacial y para un diámetro pupilar de 3.0 mm en los planos correspondientes a los desenfoces de 0.00D (azul), -1.00D (rojo) y -1.75D (verde) con sus respectivas imágenes del test objeto. La línea vertical negra indica la frecuencia de 50 ciclos/mm.

### Calidad óptica frente a desenfoco

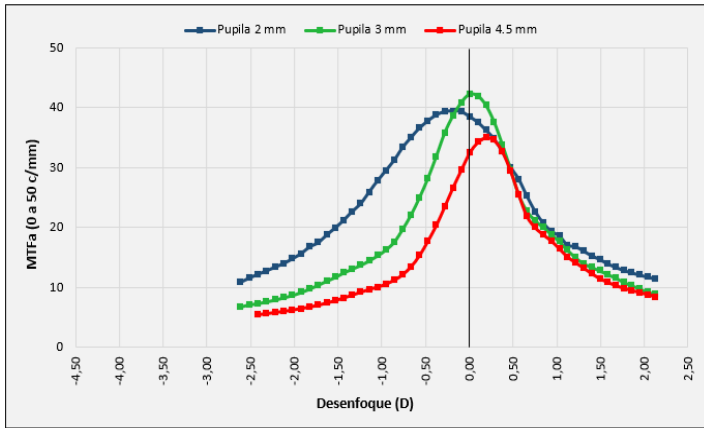
Las figuras que aparecen a continuación son los resultados promedio de la MTF que se han obtenido en la frecuencia espacial de 50 ciclos/mm realizando el barrido *through-focus*. También se presentan los valores del área bajo la curva de la MTF (MTFa) comprendidos entre las frecuencias espaciales de 0 a 50 ciclos/mm. Todas estas figuras expresan sus resultados en función del desenfoco y para los tres diámetros pupilares utilizados (2.0, 3.0 y 4.5 mm).



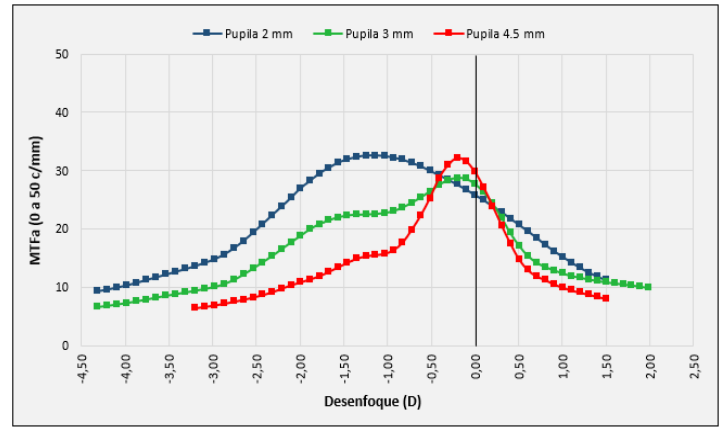
**Figura 8.** Curvas *through-focus* de la MTF a 50 c/mm de la EM-IOL Tecnis Eyhance de +20D para los diámetros pupilares de 2.0 mm (azul), 3.0 mm (verde) y 4.5 mm (rojo). Los valores representados son promedio e incluyen la desviación estándar.



**Figura 9.** Curvas *through-focus* de la MTF a 50 c/mm de la EDOF-IOL LuxSmart de +20D para los diámetros pupilares de 2.0 mm (azul), 3.0 mm (verde) y 4.5 mm (rojo). Los valores representados son promedio e incluyen la desviación estándar.



**Figura 10.** Curvas *through-focus* de la MTFa de la EM-IOL Tecnis Eyhance de +20D para los diámetros pupilares de 2.0 mm (azul), 3.0 mm (verde) y 4.5 mm (rojo). Los valores representados son promedio.



**Figura 11.** Curvas *through-focus* de la MTFa de la EDof-IOL LuxSmart de +20D para los diámetros pupilares de 2.0 mm (azul), 3.0 mm (verde) y 4.5 mm (rojo). Los valores representados son promedio.

## 6. DISCUSIÓN

Las imágenes *through-focus* capturadas con un diámetro pupilar de 3.0 mm evidencian que la lente Tecnis Eyhance (**figura 6**) tiene una MTF a 0.00D (visión de lejos) muy elevada en comparación a la MTF de los otros dos desenfocos y, por consiguiente, las imágenes tomadas a -1.00D (1 m) y a -1.75D (60 cm) contienen un cierto nivel de borrosidad y son de peor calidad respecto a la imagen capturada a 0.00D. Las imágenes obtenidas desde el desenfoco de 0.00D (visión de lejos) hasta el de -1.75D (visión intermedia) con la lente LuxSmart (**figura 7**) en contraposición presentan una calidad óptica muy parecida. Este hecho significa que las MTFs de lejos e intermedias son bastante similares entre sí por lo que estos resultados apuntan a que esta lente estaría mostrando un comportamiento óptico de foco extendido. En ambos casos hemos hallado variaciones relevantes con los otros tamaños pupilares analizados (2.0 y 4.5 mm) pero no con las otras potencias base estudiadas (10 y 30 dioptrías) de modo que únicamente hemos encontrado diferencias de calidad óptica asociadas al diseño de la lente (EM *versus* EDof) y al diámetro pupilar. Estos resultados sugieren que, si los estudios clínicos arrojasen diferencias de calidad visual entre los pacientes miopes e hipermétropes después de la cirugía intraocular, éstas no podrían atribuirse al hecho de que se implanten lentes de potencia base tan distinta en esos pacientes.

Las curvas *through-focus* de la MTF también manifiestan diferencias muy claras de comportamiento óptico para diferentes aperturas pupilares con ambos diseños intraoculares. La métrica MTF (a 50 ciclos/mm) de la lente Tecnis Eyhance (**figura 8**) muestra una cierta bifocalidad a lo largo del eje óptico para los tamaños pupilares de 4.5 y de 3.0 mm. Con la pupila de 2.0 mm actúa diferente presentando un único plano focal bastante ancho. La lente LuxSmart (**figura 9**) indica un desempeño óptico trifocal con la pupila de 4.5 mm y una marcada bifocalidad con la pupila de 3.0 mm. Para un diámetro pupilar de 2.0 mm presenta también un único plano focal considerablemente ancho. Con los resultados obtenidos se prevé que la dinámica pupilar del paciente después de la implantación de estas lentes será un factor clave para que el desempeño visual sea adecuado.

La extensión del rango de visión nítido de las EM-IOLs se centra más en el incremento de la potencia efectiva de la lente que se produce al ir disminuyendo el diámetro pupilar y no tanto en producir una elongación continua del foco de lejos. En sus curvas *through-focus* de la MTFa (**figura 10**) se observa una miopización del orden de 0.50D al pasar de un tamaño pupilar de 4.5 mm a uno de 2.0 mm para potenciar la visión a distancias intermedias. Cabe mencionar que en este caso también se aprovecha el ensanchamiento que se origina en todos los sistemas ópticos debido a la reducción de la apertura pupilar (efecto estenoico) para el mismo propósito.

El desempeño óptico de las EDOF-IOLs está más condicionado por el diámetro pupilar. Para la pupila de 3.0 mm hemos hallado (**figura 11**) que el diseño de estas lentes permite una extensión más continua de la calidad óptica desde visión de lejos (0.00D) hasta visión intermedia (aproximadamente 70 cm). La curva *through-focus* de la MTFa con la pupila de 2.0 mm (**figura 11**) es sumamente ancha (efecto estenoico) y, además, la mayor calidad óptica se encuentra a -1.25D (80 cm) por lo que llega a ofrecer una visión óptima hasta aproximadamente -2.50D (40 cm). En estas condiciones por tanto estas lentes producirían una miopización muy efectiva que potenciaría ampliamente la visión intermedia. Comparando las **figuras 10 y 11** se aprecia que esta prestación EDOF tiene asociada una contrapartida: la calidad óptica máxima que ofrecen estas lentes es menor que en el caso de las Tecnis Eyhance.

## 7. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos en este proyecto podemos destacar las siguientes conclusiones.

- El comportamiento óptico de ambas lentes intraoculares (EM-IOL Tecnis Eyhance y EDOF-IOL LuxSmart) está claramente condicionado por el tamaño pupilar debido al diseño óptico que éstas presentan y al efecto estenoico que ocurre en todos los sistemas ópticos. Es por estas razones que la mayor extensión del rango de visión nítido se consigue con el menor diámetro pupilar (2.0 mm en este caso). Cabe añadir que la dependencia pupilar en el caso de las EDOF-IOLs es más grande.
- Al pasar de una pupila mesópica (4.5 mm) a una pupila muy fotópica (2.0 mm) se produce una miopización del orden de 0.50D en el caso de las EM-IOLs y de aproximadamente 1.00D en el caso de las EDOF-IOLs. Así pues, la miopización de las últimas lentes (LuxSmart) es más efectiva y, por lo tanto, capaz de cubrir un mayor rango de visión nítido. Esto está asociado a una contrapartida, la pérdida de calidad óptica. De modo que las primeras lentes (Tecnis Eyhance) son las que proporcionan una calidad óptica más elevada a lo largo del eje óptico (*through-focus*).

- La máxima calidad óptica que ofrecen las lentes Tecnis Eyhance se halla en el desenfoque de 0.00D (visión de lejos). Con estas lentes se prevé una calidad visual óptima ( $MTF_a \geq 20$ ) hasta el desenfoque de -0.75D (alrededor de 1.30 m) para un diámetro pupilar de 3.0 mm. La máxima elongación del foco de estas EM-IOLs que se obtiene con un tamaño pupilar de 2.0 mm (manteniendo una calidad óptica óptima) llega hasta -1.50D (66 cm).
- Existen dos posiciones donde la calidad óptica de las lentes LuxSmart es máxima. Éstas corresponden a los desenfoques de 0.00D (visión de lejos) y -1.75D (57 cm). Con estas lentes se prevé una calidad visual óptima ( $MTF_a \geq 20$ ) hasta el desenfoque de -2.00D (50 cm) para un diámetro pupilar de 3.0 mm. La máxima elongación del foco de estas EDOF-IOLs que se obtiene con un tamaño pupilar de 2.0 mm (manteniendo una calidad óptica óptima) llega hasta -2.50D (40 cm).
- La calidad óptica de las dos lentes intraoculares estudiadas no varía significativamente en función de la potencia base de las mismas para ambos diseños (EM y EDOF). Los resultados obtenidos con potencias de 10, 20 y 30 dioptrías (en cada caso) y, por ende, sus respectivos gráficos, son muy similares.

## 8. TRABAJOS DERIVADOS DEL TFG

Parte de los resultados de este trabajo se han enviado para su presentación como *Presented poster* al 40º Congreso de la European Society of Cataract and Refractive Surgeons (ESCRS) que se celebrará en Milán del 16 al 20 septiembre de 2022.

**ESCRS 2022 - Posters**  
**CATARACT. IOLs - EDOF**  
**ESCRSC22-PP-1662**

**Enhance Monofocal Versus Extended Range Of Vision Intraocular Lens: Power Profile And Optical Performance**

Fidel Vega<sup>1</sup>, Nuria Garzon<sup>2</sup>, Ingrid Arcalís<sup>1</sup>, David Madrid-Costa<sup>3</sup>, María S. Millán<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Group of Applied Optics and Image Processing, Optics & Optometry Faculty, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona Tech, Terrassa, <sup>2</sup>Clinical & Experimental Eye Research Group (CEER) Optics and Optometry Faculty, <sup>3</sup>Optometry and Vision Department, Faculty of Optics and Optometry, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**[Alarcon 2020]** Alarcon A, Canovas C, Koopman B, Weeber H, Auffarth GU, Piers PA. «Enhancing the Intermediate Vision of Monofocal Intraocular Lenses Using a Higher Order Aspheric Optic» *Journal of Refractive Surgery*. 2020; 36 (8): 520-527

**[Alarcon 2016]** Alarcon A, Canovas C, Rosen R, Weeber H, Tsai L, Hileman K, Piers P. «Preclinical metrics to predict through-focus visual acuity for pseudophakic patients» *Biomedical Optics Express*. 2016; 7 (5): 1877-1888

**[Kaufman 2004]** Kaufman PL, Alm A. «Adler Fisiología del Ojo: Aplicación clínica» *Elsevier*. (10ª edición) Madrid, España. 2004

**[MacRae 2017]** MacRae JS, Holladay AT, Glasser D, Calogero G, Hilmantel S, Masket W, Stark M, Tarver TE, Nguyen, Eydelman M. «Special Report: American Academy of Ophthalmology Task Force Consensus Statement for Extended Depth of Focus Intraocular Lenses» *Ophthalmology*. 2017; 124 (1): 139-141.

**[Millán 2021]** Millán MS. «El reto de reemplazar el cristalino» *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 2021; 45 (177): 1022-1038

**[Vega 2018]** Vega F, Millán MS, Garzón N, Altemir I, Poyales F, Larrosa JM. «Visual acuity of pseudophakic patients predicted from in-vitro measurements of intraocular lenses with different design» *Biomedical Optics Express*. 2018; 9 (10): 4893-4906

**[Vega 2020]** Vega F, Millán MS, Gil MA, Garzón N. «Optical Performance of a Monofocal Intraocular Lens Designed to Extend Depth of Focus» *Journal of Refractive Surgery*. 2020; 36 (9): 625-632