

# Intraocular lenses in pilots: a review

## Lentes intraoculares en pilotos aviadores: revisión del tema

 Jhovan López-Camacho,<sup>1\*</sup>

 Verónica Nieto-Aguilar,<sup>2</sup>

 Fabián Cruz-Pérez.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Secretaría de la Defensa Nacional, Escuela Militar de Graduados de Sanidad, Ciudad de México, México

<sup>2</sup>Secretaría de la Defensa Nacional, Hospital Central Militar, Ciudad de México, México

<sup>3</sup>Secretaría de la Defensa Nacional, Dirección General de Sanidad Militar, Ciudad de México, México.

**Correspondencia:** \*Jhovan Emilio López Camacho. Manuel Ávila Camacho S/N. Col. Lomas de Sotelo, C.P. 11200, Miguel Hidalgo., Ciudad de México, México. Correo electrónico: jhvalopez@icloud.com

**Citación:** López-Camacho J., Nieto-Aguilar V., Cruz-Pérez F. *Lentes intraoculares en pilotos aviadores: revisión del tema. Rev. Sanid. Milit.* 2022;76(3):pp 1-8

### Abstract:

**Objective:** To review the literature on the different stands of aviation regulatory agencies on the implantation of multifocal intraocular lenses (MIOLs) in civilian aviators who have developed cataract, as well as scientific evidence that could generate a revision of the current guidelines.

**Results:** 50% (3 of 6) of agencies reviewed were found to be against MIOLs. In addition, two studies were reviewed in favour of MIOLs, in which implanting MIOLs provides greater lens independence from monofocals for visual tasks in and out of the cockpit, as well as no difference in performance in flight simulators versus pilots with monofocal intraocular lenses.

**Limitations:** There are few studies of MIOLs in aviator pilots.

**Originality:** No review of regulatory agencies regarding the prohibition or permission of MIOLs in airline pilots has been reported, touching on evidence that could consolidate a unanimous position on this issue, as was once the case with excimer laser refractive surgery, which is currently unrestricted.

**Keywords:** Intraocular lenses, aviator pilots, vision in pilots, cataract



## Resumen

**Objetivo:** Revisar en la literatura las diferentes posturas de las agencias reguladoras de la aviación sobre la implantación de lentes intraoculares multifocales (MIOLs) en pilotos aviadores civiles que han desarrollado catarata, además de evidencia científica que podría generar una revisión de los lineamientos vigentes.

**Resultados:** Se encontraron el 50% (3 de 6) de agencias revisadas con postura en contra de los MIOLs. Además, se revisaron dos estudios a favor de los MIOLs, en el que implantarlos brinda una mayor independencia de lentes respecto a los monofocales para las tareas visuales dentro y fuera de la cabina, así como un rendimiento sin diferencias en simuladores de vuelo versus los pilotos con lentes intraoculares monofocales.

**Limitaciones:** Existen pocos estudios de MIOLs en pilotos aviadores.

**Originalidad:** No se ha reportado ninguna revisión de las agencias reguladoras respecto a la prohibición o permisión de los MIOLs en pilotos aviadores, tocando evidencia que pudiera consolidar una postura unánime respecto a este tema, como en su momento fue la cirugía refractiva con láser excimer que actualmente no está restringida.

**Palabras clave:** Lentes intraoculares, pilotos aviadores, visión en pilotos, catarata

## INTRODUCCIÓN

La catarata es la opacidad del cristalino y es la principal causa de ceguera reversible en el mundo que consta de un único tratamiento, la cirugía. Aunque la catarata suele estar asociada a la edad, en Japón, en un estudio de tamizaje en 3780 pilotos aviadores comerciales entre 20 y 65 años, 105 pilotos (2.8%) resultaron con catarata, surgiendo la teoría de que este grupo de población tiene más riesgo de catarata cortical por la exposición acumulativa a rayos UV-B.<sup>(1,2)</sup>

En el pasado, el que un piloto desarrollara catarata ponía fin a su carrera usualmente por las complicaciones derivadas del procedimiento quirúrgico. En este momento, gracias al advenimiento de

la facoemulsificación, la cirugía de catarata suele ser bastante segura, con tejidos intraoculares (zónulas y bolsa capsular) capaces de sostener un lente intraocular (LIO) resistiendo grandes niveles de fuerzas G de hasta +12 Gz, como sucede en las simulaciones de combate aéreo dentro de la aviación militar, sin embargo, no podemos olvidar que los LIOs se comportan como cuerpos extraños con riesgo de lesionar cuando existan altas aceleraciones o fuerzas que incidan sobre estos. Ante esto, surge la obligación para el cirujano en esforzarse en realizar una correcta planeación preoperatoria que incluya la elección del LIO en base a la edad, expectativas y ocupación del paciente, necesitando este grupo de profesionistas una visión para diferentes distancias dentro y fuera de la cabina del avión (Imagen 1).<sup>(3,4)</sup>

**Imagen 1. Diferentes visiones (cercana, intermedia y lejana) necesarias en un piloto aviador**



De manera histórica, desde los primeros días de la aviación, el oftalmólogo ha sido esencial para la seguridad del vuelo mediante el cuidado de la visión de la tripulación, no siendo la excepción cuando se tiene que elegir el LIO en la cirugía de catarata y, debido a que existen reportes de un mayor riesgo de accidentes aéreos en pacientes pseudofáquicos, se han diversificado las recomendaciones sobre el LIO para permitirles volar.<sup>(5-7)</sup>

De manera general y de acuerdo con la corrección que ofrecen, los LIOs se dividen en monofocales y multifocales. Los primeros tienen la limitación de no compensar la pérdida de la acomodación (presbicia) generando limitantes para la visión cercana e intermedia, a reserva de usar la técnica de monovisión donde un ojo es corregido para visión lejana y el otro normalmente para visión cercana. Por otro lado, los MIOs pueden dividirse en bifocales, trifocales y EDOF (*extended depth of focus*). Los bifocales han caído en desuso en virtud de que generan la misma disminución de sensibilidad al contraste que generan los trifocales, pero sin mejorar la visión intermedia. Los trifocales han mostrado ser una excelente opción para desarrollar una buena agudeza visual lejana, intermedia y cercana sin uso de corrección, estando por encima de la monovisión para realizar tareas que demandan la visión

cercana. Los lentes EDOF son de reciente aparición que generan una mayor sensibilidad al contraste mientras ofrece una buena visión lejana e intermedia a expensas de sacrificar la cercana. Cabe resaltar que todos los tipos de LIO ofrecen la conservación de la estereopsis sin afectar la percepción al color.<sup>(8-16)</sup>

La principal desventaja de los MIOLs son las fotopsias positivas que generan cuando son comparadas contra los monofocales, especialmente los halos y el deslumbramiento (*glare*). La discapacidad por deslumbramiento se define como la reducción de la visión causada por una intensa iluminación en la retina, que usualmente suele ser en condiciones escotópicas y que puede ser una causa importante de los altos índices de accidentes por la noche en conductores que les fueron implantados MIOLs. Es por esto, que la Sociedad Alemana de Oftalmología recomienda mediciones del *glare* en los conductores, que se pueden obtener objetivamente mediante el Mesotest y Niktotest, inclusive por una aplicación en tablets como el halómetro de Aston. Aunque ópticamente estas disfotopsias pueden ser medidas, ninguno evalúa cómo el paciente percibe subjetivamente su visión, siendo útil para esto el cuestionario QoV.<sup>(17-20)</sup>

### ¿QUÉ TIPO DE LENTE INTRAOCULAR ESTÁ PERMITIDO PARA LOS PILOTOS?

Los pilotos aviadores representan un grupo muy especial de la población que, con la finalidad de disminuir los riesgos dentro de la aviación, se tienen que someter a certificaciones periódicas que hagan constar entre otras cosas, su total capacidad visual para realizar sus actividades. Inevitablemente, estas certificaciones serán a través de agencias reguladoras con posturas tan diferentes sobre la decisión de implantar un MIOL, desde dejar al criterio del paciente y su cirujano bajo conocimiento total de riesgos, hasta ser muy riguroso en únicamente dar la aptitud física si portan lentes intraoculares monofocales (Tabla 1).

**Tabla 1. Postura de diferentes países sobre el tipo de LIOs permitidos**

<i>País</i>	<i>Nombre de la agencia reguladora</i>	<i>Postura sobre los lentes intraoculares</i>
<b>Australia</b>	Civil Aviation Safety Authority (CASA)	Desfavorable para implantar lentes multifocales debido a que causan una discapacidad visual inaceptable. <sup>(21)</sup>
<b>Unión Europea</b>	<i>European Union Aviation Safety Agency</i> (EASA)	Favorable solo si se implantó un lente monofocal. <sup>(22)</sup>
<b>Estados Unidos</b>	<i>Federal Aviation Administration</i> (FAA)	Se puede implantar cualquier tipo de LIO aprobado por la FDA incluyendo multifocales. <sup>(23)</sup>
<b>Reino Unido</b>	<i>Civil Aviation Authority</i> (CAA)	Favorable para implantar lentes multifocales considerando que los posibles efectos adversos pueden impedir la aptitud física en la certificación. <sup>(24)</sup>
<b>México</b>	Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)	No hay pronunciamiento acerca de los LIOs, pero es favorable para cualquier tipo de lente, con resultado apto si reúne los mismos parámetros definidos para las personas sin cirugía oftalmológica. <sup>(25)</sup>
<b>Internacional</b>	<i>International Civil Aviation Organization</i> (ICAO)*	Sólo considera adecuados los LIOs monofocales. <sup>(26)</sup>

\*Organización con sede en Montreal, Can., con reglamentación aplicable a 22 países contractuales de los cuales Canadá, Estados Unidos y México forman parte.

Aunque actualmente varias agencias reguladoras no están a favor de los MIOLs, existen por lo menos dos publicaciones que podrían hacer cambiar u obligar a una revisión de los lineamientos vigentes para la certificación aeroméica, como sucedió en su caso con la cirugía queratorrefractiva con láser excimer. En la primera, de Silva *et al.*, realizaron un metaanálisis de 20 ensayos clínicos donde comparan los MIOLs versus los monofocales, concluyendo que los MIOLs pueden resultar en obtener una buena visión sin necesariamente presentar algún efecto adverso, y que la independencia de lentes es más probable que se presente al implantar MIOLs. En la segunda publicación donde se midió el rendimiento de los pilotos en simuladores de vuelo, Lenton no encuentra ninguna diferencia que sea significativa en el grupo con MIOLs versus los monofocales (Tablas 2 y 3).<sup>(27,28)</sup>

**Tabla 2. Metaanálisis en Cochrane que compara los MIOLs contra los monofocales**

Resultados	Número de participantes (estudios)	Riesgo relativo (95% ic)	Comentarios
<b>Agudeza visual lejana sin corrección peor de 20/20</b>	682 (8 estudios)	RR 0.96	No hay una diferencia significativa a favor de algún grupo sobre la agudeza visual lejana sin corrección.
<b>Agudeza visual cercana sin corrección peor de J3/J4</b>	782 (8 estudios)	RR 0.20	Los MIOLs generan mejor agudeza visual cercana sin corrección.
<b>Dependencia de lentes</b>	1000 (10 estudios)	RR 0.63	Los MIOLs generan mayor independencia de lentes.
<b>Glare</b>	544 (5 estudios)	RR 1.41	Los MIOLs generan mayor <i>glare</i> .
<b>Halos</b>	662 (7 estudios)	RR 3.58	Los MIOLs generan mayor halos.

\*Muestra del metaanálisis con una media de edad de 69 años siendo el 57% mujeres.<sup>(27)</sup>

**Tabla 3. Resultados de las tareas visuales del estudio sobre el rendimiento visual en simuladores de vuelo de pilotos con MIOLs versus monofocales**

Tareas visuales	Grupo MIOL (% correcto)	Grupo monofocal (% correcto)	P	Comentarios
Valores de radiofrecuencia diurno	97.4	100	0.2	No hay una diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento a favor de algún grupo.
Valores de radiofrecuencia nocturno	99.1	97.2	0.26	
Guía de aterrizaje diurno	97.4	100	0.35	
Guía de aterrizaje nocturno	93.6	97.2	0.43	
Rumbo diurno**	100	100	1	
Rumbo nocturno**	99.7	100	0.35	
Velocidad diurna**	99.7	100	0.35	
Velocidad nocturna**	99.5	99.7	0.61	
Altitud diurna**	96.9	98.1	0.63	
Altitud nocturna**	93.3	98.3	0.26	

*Continúa...*

Flujo de combustible diurno**	100	100	1	No hay una diferencia estadísticamente significativa en el rendimiento a favor de algún grupo.
Flujo de combustible nocturno**	100	100	1	
Luces de la pista diurna	33.1	45	0.27	
Luces de la pista nocturna	77.9	84.8	0.2	

\*Muestra del estudio con una media de edad de 68 años siendo el 52% mujeres.

\*\*Valores de la consola basados en las indicaciones de la pantalla.<sup>(28)</sup>

## DISCUSIÓN

La catarata no es un padecimiento inusual en los pilotos aviadores y, puede asociarse a la exposición acumulativa de rayos UV. La cirugía de catarata suele ser bastante segura, pero se debe tener especial cuidado en la elección del LIO que, en caso de no ser monofocal, podría generar la no certificación aeroméica en algunos países incluso, aunque no se presentaran efectos adversos. Por tal motivo, es imprescindible para el oftalmólogo conocer las diversas posturas sobre el tipo de lente intraocular permitido en este tipo de pacientes, ya que usualmente suelen volar en espacios aéreos de diferentes países con agencias reguladoras distintas.

Por otro lado, el MIOL no debería estar restringido para este grupo de profesionistas puesto que no en todos los casos existen efectos que impacten en su rendimiento. La decisión debería depender totalmente de la motivación de independencia de lentes por parte del piloto, guiado por una expectativa real de los efectos secundarios que pudieran presentarse, enfatizando que no se puede asegurar la ausencia de *glare* incapacitante.

El primer paso en busca de retirar las limitaciones a los pilotos que quisieran un implante de MIOL, pudiera ser el otorgarles la aptitud para MPL (*Multicrew Pilot Licence*), disponible por algunas agencias reguladoras de aviación civil, la cual les permitirá compartir las tareas visuales en la cabina con otro piloto que no tenga alguna restricción médica. Con esta licencia se facilitaría el conocer el comportamiento de los pilotos aviadores con MIOL sin afectar la seguridad aeronáutica, para avanzar quizás al levantamiento de las restricciones actuales. Es importante aclarar que lo propuesto no aplica para la aviación militar, ya que existen diferencias en los tipos y modo de vuelo. Finalmente, se recomienda llevar a cabo más investigaciones sobre los MIOLs dentro de la aviación.

## FINANCIACIÓN

No se recibió patrocinio de ningún tipo para llevar a cabo este artículo.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

## REFERENCIAS

1. **Lam D, Rao SK, Ratra V, Liu Y, Mitchell P, King J, et al.** Cataract. *Nat Rev Dis Primers.* 2015;1(1):1–15. doi: <https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.14>
2. **Kagami S, Bradshaw SE, Fukumoto M, Tsukui I.** Cataracts in Airline Pilots: Prevalence and Aeromedical Considerations in Japan. *Aviation, Space, and Environmental Medicine.* 2009;80(9):811–4. doi: <https://doi.org/10.3357/ASEM.2497.2009>
3. **Loewenstein A, Geyer O, Biger Y, Bracha R, Shochat I, Lazar M.** Intraocular lens in a fighter aircraft pilot. *British Journal of Ophthalmology.* 1991;75(12):752. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bjo.75.12.752>
4. **Ellis J, Parsons M.** Aerospace Medicine Waiver Guide. USAF; 2021. [https://www.afrl.af.mil/Portals/90/Documents/711/USAFSAM/USAF-waiver-guide-201202.pdf?ver=CfL6CVKyrAbqyXS7A-OX\\_A%3D%3D](https://www.afrl.af.mil/Portals/90/Documents/711/USAFSAM/USAF-waiver-guide-201202.pdf?ver=CfL6CVKyrAbqyXS7A-OX_A%3D%3D)
5. **Tripathy NK, Prasad GKG.** Phacoemulsification and foldable posterior chamber intraocular lenses in aircrew: Clinical behavior and aero medical implications. *IJASM.* 2007;51(1):25–31.
6. **Nakagawara VB, Wood KJ.** Aviation Accident Risk for Airmen with Aphakia and Artificial Lens Implants. Federal Aviation Administration Washington Dc Office of Aviation Medicine; 1993.
7. **Shen Z, Lin Y, Zhu Y, Liu X, Yan J, Yao K.** Clinical comparison of patient outcomes following implantation of trifocal or bifocal intraocular lenses: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep.* 2017;7:45337. doi: <https://doi.org/10.1038/srep45337>
8. **Gundersen KG, Potvin R.** Comparison of visual outcomes and subjective visual quality after bilateral implantation of a diffractive trifocal intraocular lens and blended implantation of apodized diffractive bifocal intraocular lenses. *Clin Ophthalmol.* 2016; 10:805–11. doi: <https://doi.org/10.2147/OPTH.S107162>
9. **Yamauchi T, Tabuchi H, Takase K, Ohsugi H, Ohara Z, Kiuchi Y.** Comparison of Visual Performance of Multifocal Intraocular Lenses with Same Material Monofocal Intraocular Lenses. *PLOS ONE.* 2013;8(6):e68236. doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0068236>
10. **Labiris G, Ntonti P, Patsiamanidi M, Sideroudi H, Georgantzoglou K, Kozobolis VP.** Evaluation of activities of daily living following pseudophakic presbyopic correction. *Eye Vis (Lond).* 2017;4:2. doi: [10.1186/s40662-016-0067-1](https://doi.org/10.1186/s40662-016-0067-1)
11. **Bartol-Puyal F, Talavero B, Giménez G, Altemir I, Larrosa JM, Polo V, et al.** Reading and Quality of Life Differences between Tecnis ZCB00 Monofocal and Tecnis ZMB00 Multifocal Intraocular Lenses. *European Journal of Ophthalmology.* 2017;27(4):443–53. doi: <https://doi.org/10.5301/ejo.5000925>
12. **Plaza-Puche AB, Alio JL.** Analysis of defocus curves of different modern multifocal intraocular lenses. *Eur J Ophthalmol.* 2016;26(5):412–7. doi: <https://doi.org/10.5301/ejo.5000780>
13. **Mojzis P, Majerova K, Hrcakova L, Piñero DP.** Implantation of a diffractive trifocal intraocular lens: One-year follow-up. *Journal of Cataract & Refractive Surgery.* 2015;41(8):1623–30. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.11.050>
14. **Cochener B, Group for the CS.** Clinical outcomes of a new extended range of vision intraocular lens: International Multicenter Concerto Study. *Journal of Cataract & Refractive Surgery.* 2016;42(9):1268–75. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.06.033>
15. **Liekfeld A, Schwarz EC, Waffenschmidt E, Hartmann C.** Beeinflusst die Linsenart die stereoskopische Wahrnehmung? *Ophthalmologe.* 2002;99(1):20–4. doi: <https://doi.org/10.1007/PL00007110>
16. **Puell MC, Pérez-Carrasco MJ, Hurtado-Ceña FJ, Álvarez-Rementería L.** Disk halo size measured in individuals with monofocal versus diffractive multifocal intraocular lenses. *Journal of Cataract & Refractive Surgery.* 2015;41(11):2417–23. doi: [10.1016/j.jcrs.2015.04.030](https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.04.030)

17. **Buckhurst PJ, Naroo SA, Davies LN, Shah S, Drew T, Wolffsohn JS.** Assessment of dysphotopsia in pseudophakic subjects with multifocal intraocular lenses. *BMJ Open Ophthalmology*. 2017;1(1):e000064. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjophth-2016-000064>
18. **van Rijn LJ, Nischler C, Gamer D, Franssen L, de Wit G, Kaper R, et al.** Measurement of stray light and glare: comparison of Nyktotest, Mesotest, stray light meter, and computer implemented stray light meter. *Br J Ophthalmol*. 2005;89(3):345–51. doi: [10.1136/bjo.2004.044990](https://doi.org/10.1136/bjo.2004.044990)
19. **Buckhurst PJ, Naroo SA, Davies LN, Shah S, Buckhurst H, Kingsnorth A, et al.** Tablet App halometer for the assessment of dysphotopsia. *J Cataract Refract Surg*. 2015;41(11):2424–9. doi: [10.1016/j.jcrs.2015.05.041](https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.05.041)
20. **McAlinden C, Pesudovs K, Moore JE.** The Development of an Instrument to Measure Quality of Vision: The Quality of Vision (QoV) Questionnaire. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2010;51(11):5537–45. doi: <https://doi.org/10.1167/iovs.10-5341>
21. **Australian Government.** Clinical practice guidelines: Cataract. Australia; 2018.
22. **European Union Aviation Safety Agency.** Easy Access Rules for Medical Requirements. European Union; 2020.
23. **Federal Aviation Administration.** Disease Protocols Binocular Multifocal and Accommodating Devices. Estados Unidos: Federal Aviation Administration; 2021.
24. **Civil Aviation Authority.** Guidance following eye surgery. United Kingdom: Civil Aviation Authority; 2021.
25. **Dirección General de Protección y Medicina Preventiva en el Transporte.** Requisitos médicos relativos al personal técnico aeronáutico. México: Secretaría de Comunicaciones y Transportes.; 2020.
26. **Organización de Aviación Civil Internacional.** Manual de Medicina Aeronáutica Civil. Canadá: Organización de Aviación Civil Internacional; 2012.
27. **Silva SR de, Evans JR, Kirthi V, Ziaei M, Leyland M.** Multifocal versus monofocal intraocular lenses after cataract extraction. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2016;(12). doi: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003169.pub4>
28. **Lenton L.** Visual performance in a flight simulator: multifocal intraocular lenses in pilots. *BMJ Open Ophthalmology*. 2018;3(1):e000139. doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bmjophth-2017-000139>