



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE MEDICINA

Máster en Rehabilitación Visual

MEMORIA TRABAJO FIN DE MÁSTER TITULADO

NUEVAS TECNOLOGÍAS EN REHABILITACIÓN VISUAL Y SU IMPACTO EN LA CALIDAD DE VIDA

Presentado por: Mónica Cambeiro Buiturón

Tutelado por: Marta Blanco Vázquez

En Valladolid, a 19 de junio de 2025

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. OBJETIVOS.....	4
3. METODOLOGÍA.....	5
4. RESULTADOS	6
4.1. REHABILITACIÓN VISUAL: ASPECTOS BÁSICOS DE LA FUNCIÓN VISUAL	6
4.2. MÉTODOS TRADICIONALES DE REHABILITACIÓN VISUAL	7
4.3. NUEVAS TECNOLOGÍAS	8
4.3.1. DISPOSITIVOS MONTADOS EN CABEZA	9
4.3.2. APLICACIONES MÓVILES Y FUNCIONES DE ACCESIBILIDAD DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.....	11
4.3.3. BASTONES INTELIGENTES.....	12
4.3.4. TECNOLOGÍAS DE VISIÓN ARTIFICIAL	14
4.3.5. TECNOLOGÍAS BASADAS EN LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL.....	15
4.4. IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA CALIDAD DE VIDA	15
5. DISCUSIÓN.....	17
6. CONCLUSIONES	23
7. BIBLIOGRAFÍA.....	24

RESUMEN

En los últimos años, con los avances en nuevas tecnologías, se ha abierto un futuro prometedor para el uso de estas en el campo de la rehabilitación visual. El objetivo de este Trabajo Fin de Máster es analizar el impacto de las nuevas tecnologías en la rehabilitación visual de las personas con baja visión, evaluando su contribución a la mejora de la calidad de vida.

Para ello, se realizó una revisión bibliográfica en las bases de datos Pubmed y Google Académico sobre las nuevas tecnologías que existen actualmente y tienen un potencial uso en pacientes con baja visión.

Se encontró que las gafas de realidad aumentada, mixta o virtual, los bastones inteligentes, las aplicaciones móviles, y las tecnologías de visión artificial e inteligencia artificial, son nuevas tecnologías que tienen un gran potencial en la rehabilitación visual de personas con baja visión. Estas nuevas tecnologías pueden mejorar significativamente la velocidad de lectura, el tamaño de letra reconocible, la movilidad y la orientación espacial, favoreciendo una mayor independencia en su vida diaria e inclusión social. No obstante, en algunas de estas ayudas tecnológicas existen barreras como el coste, la accesibilidad o el aprendizaje. Por tanto, resulta fundamental priorizar una rehabilitación con un enfoque más personalizado, considerando el tipo y grado de pérdida visual, las preferencias, las actividades cotidianas y la situación socioeconómica de cada persona, permitiendo adaptar las ayudas visuales a las necesidades reales de los usuarios y así maximizar su efectividad.

En conclusión, las nuevas tecnologías están transformando el campo de la rehabilitación visual, al mejorar la calidad de vida de las personas con baja visión, mostrar una efectividad similar y superar muchas de las limitaciones que presentan las ayudas ópticas tradicionales. Sin embargo, es necesario seguir investigando sobre su rentabilidad. Asimismo, es importante que los profesionales dedicados a la visión estemos formados y actualizados en el uso de estas tecnologías, para poder realizar recomendaciones personalizadas y ofrecer la mejor opción posible según las necesidades y características individuales.

Palabras clave: nuevas tecnologías, ayudas tecnológicas, rehabilitación visual, baja visión, calidad de vida.

1. INTRODUCCIÓN

La baja visión se define como cualquier forma crónica de deterioro de la visión que no puede corregirse mediante tratamiento médico o quirúrgico de la patología ocular ni mediante la corrección del error refractivo. Se considera baja visión cuando la agudeza visual es inferior a 20/60 en la escala de Snellen o el campo visual es menor de 20° en el mejor ojo (Legge y Chung, 2016).

Según la Organización Mundial de la Salud, aproximadamente 2.200 millones de personas a nivel mundial presentan discapacidad visual y muchas de sus causas podrían haberse prevenido o tratado a tiempo (GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators y Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study, 2021). A nivel mundial, las principales causas son los errores refractivos no corregidos y las cataratas, especialmente en países en desarrollo. En contraste, en los países desarrollados, se asocia con enfermedades crónicas como el glaucoma y la degeneración macular relacionada con la edad (Crossland, Staryke, Imielsky, Wolffsohn y Webster, 2019).

La discapacidad visual se asocia de manera significativa con un deterioro en el bienestar físico, emocional y social, impactando negativamente en la calidad de vida de quienes la padecen (Assi et al., 2021). Esta discapacidad puede dificultar la movilidad, la autonomía personal, la interacción social y el acceso a la educación o al empleo, incrementando el riesgo de aislamiento, ansiedad y depresión. Asimismo, supone una carga económica muy importante (Crossland et al., 2019).

Existe evidencia científica de que la rehabilitación visual puede mejorar muchos de los aspectos mencionados anteriormente, como la autonomía e independencia, y, por tanto, la calidad de vida de los pacientes con discapacidad visual (van Nispen et al., 2020). La rehabilitación visual permite optimizar su función visual residual mediante el uso de ayudas ópticas y no ópticas, así como con el uso de técnicas adaptativas.

En los últimos años, los avances tecnológicos están favoreciendo la evolución de los programas de rehabilitación visual y la incorporación de las nuevas tecnologías en el día a día, siendo de gran relevancia tanto a nivel sanitario como económico.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal de este trabajo es:

- Analizar el impacto de las nuevas tecnologías en la rehabilitación visual de las personas con baja visión, evaluando su contribución a la mejora de la calidad de vida.

Los objetivos secundarios son:

- Analizar la efectividad de las nuevas tecnologías en rehabilitación visual frente a los métodos tradicionales.
- Evaluar el impacto del coste, la accesibilidad y las dificultades de adaptación en la adopción de estas tecnologías.

3. METODOLOGÍA

Este Trabajo Fin de Máster consiste en una revisión bibliográfica sobre las nuevas tecnologías que hoy en día son empleadas en la rehabilitación visual, y sobre el impacto que estas producen en la calidad de vida de los pacientes.

Se realizó una exhaustiva búsqueda bibliográfica durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo del 2025 en las siguientes bases de datos: Pubmed y Google Académico. Las palabras clave empleadas fueron: “low vision”, “visual rehabilitation”, “smart glasses”, “assistive technology”, “smart cane”, “quality of life”, “technology aid”, “optical aid”, “artificial intelligence”, junto con los operadores booleanos “AND” y “OR”.

La búsqueda de publicaciones se limitó a los últimos 15 años y a artículos de acceso abierto. También se consultaron las páginas de la Organización Nacional de Ciegos Españoles y de la Organización Mundial de la Salud. Para este trabajo se consultaron un total de 45 artículos.

4. RESULTADOS

4.1. REHABILITACIÓN VISUAL: ASPECTOS BÁSICOS DE LA FUNCIÓN VISUAL

La rehabilitación visual desempeña un papel fundamental tanto en la evaluación de la función visual residual del paciente, como en la prescripción de ayudas ópticas y no ópticas. Así mismo, el proceso de adaptación de estas ayudas es clave en la rehabilitación, dado que un porcentaje considerable de las ayudas ópticas prescritas acaban siendo abandonadas por los usuarios (Agarwal y Tripathi, 2021). Otros objetivos que puede tener la rehabilitación visual es ayudar a estas personas a adaptarse a la pérdida de visión permanente y a mejorar su funcionamiento psicosocial (van Nispen et al., 2020).

En el contexto de la baja visión, se valoran diferentes aspectos de la función visual, que pueden estar alterados, como la agudeza visual, la sensibilidad al contraste, la visión del color y el campo visual.

Por un lado, la agudeza visual o resolución espacial, estima el nivel de detalle más fino que puede detectarse o identificarse (Bennett, Bex, Bauer y Merabet, 2019). Generalmente se verá alterada en patologías que afectan a la zona macular como la degeneración macular asociada a la edad, retinopatía diabética, etc.

Otro aspecto de la función visual que se puede ver alterado en pacientes con baja visión es la sensibilidad al contraste (Agarwal y Tripathi, 2021), la cual desempeña un papel fundamental en la capacidad de distinguir objetos sobre el fondo, especialmente en condiciones de baja iluminación, donde la diferencia entre ambos presenta bajo contraste. Una baja sensibilidad al contraste provoca dificultades en tareas cotidianas como la lectura, la orientación y otras actividades visuales.

En cuanto a la visión del color, ésta es importante para facilitar el reconocimiento de objetos, y depende de tres clases de fotorreceptores cónicos que se sitúan principalmente en la zona central de la retina (Bennett et al., 2019).

Otro aspecto de la función visual de gran relevancia es el campo visual, que es fundamental para identificar pérdidas en la visión periférica o central. Asimismo, desempeña un papel fundamental en el diagnóstico, tratamiento y pronóstico tanto de enfermedades retinianas como neurológicas que pueden desencadenar baja visión (Rai, Sabeti, Carle y Maddess, 2024).

4.2. MÉTODOS TRADICIONALES DE REHABILITACIÓN VISUAL

Las primeras estrategias de rehabilitación visual, anteriores al desarrollo de nuevas tecnologías, se centraban fundamentalmente en el uso de ayudas ópticas y no ópticas. Estas ayudas, basadas fundamentalmente en el principio de aumento angular y en el aumento por reducción de la distancia relativa, tienen como objetivo mejorar la funcionalidad visual del paciente mediante la ampliación de la imagen proyectada en la retina (Agarwal y Tripathi, 2021).

Los dispositivos de ayuda de visión cercana tradicionales son principalmente las lupas de mano, las lupas de soporte y los microscopios. En la tabla 1 se presentan las ventajas e inconvenientes (Kaur y Guarnani, 2025).

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de los microscopios y las lupas de mano y soporte.

	Microscopios	Lupas de mano	Lupas de soporte
Ventajas	<ul style="list-style-type: none">- Buena estética- Campo visual amplio- Manos libres	<ul style="list-style-type: none">- Mayor distancia de trabajo- Fácil adaptación	<ul style="list-style-type: none">- Manos libres- Fácil adaptación
Inconvenientes	<ul style="list-style-type: none">- Distancia de lectura muy pequeña (incomodidad)- Fatiga elevada, no apto para lectura prolongada	<ul style="list-style-type: none">- Las manos no están libres- Campo visual más limitado	<ul style="list-style-type: none">- Campo visual más limitado- Posición de lectura más forzada

Fuente: Agarwal, R., y Tripathi, A. (2021). Current Modalities for Low Vision Rehabilitation. *Cureus*. 13(7), e16561.

Posteriormente, llegaron los sistemas de circuito cerrado de televisión (CCTV). Este sistema consta de una cámara que captura la imagen y la proyecta hacia un monitor, permitiendo un aumento variable de la misma. Este sistema proporciona un amplio ajuste del contraste (permitiendo la visualización de imagen inversa; es decir, texto en blanco sobre fondo negro), e incluso la lectura en voz alta. En muchas ocasiones es la única ayuda visual que permite al paciente con baja visión recuperar la capacidad de lectura (Rohrschneider et al., 2018). Además, se puede utilizar para escribir, hacer crucigramas, etc., así como para la ampliación del campo visual, lo que mejora la funcionalidad en las actividades cotidianas.

Las ayudas ópticas para baja visión destinadas a la visión lejana se basan principalmente en el aumento angular, el cual permite generar una imagen óptica en el

infinito, eliminando así la necesidad de acomodación por parte del ojo (Kaur y Gurnani, 2025). Entre estas ayudas destacan los telescopios, tanto el de Galileo como el de Kepler, siendo los únicos dispositivos tradicionales utilizados para mejorar la visión lejana en pacientes con baja visión (Kaur y Gurnani, 2025). Sin embargo, estos sistemas presentan diversos inconvenientes, como la reducción significativa del campo visual, la disminución del nivel de iluminación, la dificultad para utilizarlos en movimiento, así como otros aspectos relacionados con la estética y el alto coste económico (Agarwal y Tripathi, 2021).

En este contexto, surgieron los telemicroscopios, una variante que incorpora sistemas de enfoque para media y corta distancia, lo que permite realizar tanto tareas de visión lejana como distancias intermedias y cercanas. Aunque amplían las funcionalidades de los telescopios, continúan con algunos de sus inconvenientes como el tamaño y la complejidad de su uso (Kaur y Gurnani, 2025).

Las ayudas ópticas mencionadas previamente están dirigidas a personas con baja visión, especialmente aquellas relacionadas con pérdida de la función visual central. Cuando la afectación se produce en el campo visual periférico, como ocurre en enfermedades que generan visión en túnel, pueden emplearse prismas de expansión de campo de Peli, los cuales permiten desviar la imagen desde zonas periféricas no visibles hacia áreas funcionales de la retina, ampliando así el campo visual percibido por el paciente (Agarwal y Tripathi, 2021).

Las ayudas no ópticas para baja visión comprenden un conjunto de dispositivos y estrategias que no emplean principios ópticos para mejorar la función visual residual, sino que potencian otras capacidades, como la estimulación de otros sentidos, por ejemplo, con el uso de señales auditivas o táctiles (Agarwal y Tripathi, 2021). Actualmente, en el mercado existe una amplia variedad de ayudas no ópticas, entre las que se incluyen, por ejemplo: filtros, atriles, tiposcopios, marcadores, aparatos adaptados al Braille o con números grandes y alto contraste, bastones de movilidad, etc. (Organización Nacional de Ciegos Españoles, 2018).

4.3. NUEVAS TECNOLOGÍAS

En la actualidad, el uso de la tecnología está ampliamente extendido y socialmente normalizado. Resulta habitual, por ejemplo, emplear un smartphone para orientarse o realizar tareas cotidianas, sin que ello genere extrañeza o rechazo.

De forma análoga, en el ámbito de la rehabilitación visual, el uso de dispositivos

tecnológicos comienza a ser cada vez más aceptado. Aunque todavía persisten ciertas barreras sociales y estigmatización asociadas al uso de ayudas visuales, la percepción social está evolucionando positivamente, favoreciendo la integración de estas herramientas en la vida diaria de los pacientes (Senjam, Manna y Bascaran, 2021).

A pesar de los avances, gran parte de los dispositivos tecnológicos han sido diseñados originalmente para usuarios sin discapacidad visual y con fines recreativos. Por ello, su adaptación a las necesidades específicas de las personas con baja visión sigue siendo un reto, ya que requieren modificaciones para poder cumplir determinadas funciones necesarias para la rehabilitación visual. En este contexto, resulta fundamental llevar a cabo estudios que evalúen la eficacia y la adecuación de estos dispositivos tecnológicos para su aplicación en la baja visión, con el fin de mejorar su accesibilidad y funcionalidad para este colectivo (Ehrlich et al., 2017).

4.3.1. DISPOSITIVOS MONTADOS EN CABEZA

Estos dispositivos consisten en ayudas electrónicas que se colocan sobre la cabeza del paciente y proporcionan una imagen modificada del entorno con el objetivo de mejorar su función visual. Desde hace más de 20 años que este tipo de dispositivos se han desarrollado, pero en los últimos años, se ha implementado su uso en el ámbito del ocio y también se ha empezado a valorar su utilidad en baja visión. Los dispositivos montados en cabeza se pueden clasificar principalmente en dispositivos de realidad virtual, de realidad aumentada y de realidad mixta (Ehrlich et al., 2017).

Los dispositivos de realidad virtual son aquellos que cubren los ojos y proyectan sobre ellos una imagen generada a través de un ordenador que ocupa todo su campo visual, eliminando así cualquier conexión entre los ojos del paciente y el entorno real. Generalmente usan pantallas binoculares, generando visión en tres dimensiones. Se suelen conseguir campos visuales amplios, empleándose para mejorar las habilidades de movilidad de pacientes con pérdida de campo visual periférico (Htike et al., 2020).

Los dispositivos de realidad aumentada son aquellos que presentan una pantalla transparente, en la que se superponen imágenes modificadas por un ordenador sobre las imágenes que perciben los ojos, pudiendo añadir nueva información o eliminando información para que esta sea más útil para el usuario. Estas proyecciones se pueden realizar mediante pantallas de proximidad, es decir, colocadas delante del ojo, o mediante pantallas de proyección retiniana, proyectándose directamente en la retina (Htike et al., 2020).

Los dispositivos de realidad aumentada mixta son aquellos que combinan elementos del mundo físico y digital, permitiendo la interacción entre ambos mundos en tiempo real. A diferencia de la realidad virtual, que sumerge al usuario en un entorno completamente digital, o la realidad aumentada, que superpone elementos digitales en el entorno real, la realidad aumentada mixta integra ambas para crear experiencias más dinámicas y adaptativas (Han et al., 2023). Este tipo de sistemas permite a los usuarios interactuar con elementos virtuales superpuestos sobre su entorno real, proporcionando pistas intuitivas sobre orientación, distancia y formas de los objetos, gracias a latencias del sistema muy reducidas entre décimas y centésimas de segundo (Real y Araujo, 2019). En el contexto de la discapacidad visual, la realidad aumentada mixta se presenta como una herramienta prometedora para mejorar la percepción visual y la autonomía de sus usuarios (Han et al., 2023).

Una característica importante que engloba a todos los dispositivos montados en cabeza es que al ir colocados en la cabeza del paciente, dejan libres sus manos, favoreciendo la mejora de la movilidad y orientación (Ehrlich et al., 2017). Sin embargo, presentan una serie de inconvenientes como pueden ser la incomodidad debido a su colocación en la cabeza del usuario, al acúmulo de sudor o humedad, la estabilidad, u otros problemas más técnicos como pueden ser las distorsiones, la duración limitada de la batería, etc. (Han et al., 2023).

Algunos de estos dispositivos montados en cabeza, son los dispositivos Crystal OXsight y Onyx Crystal Oxsight. El primero fue diseñado para ayudar a personas con pérdidas de visión periférica y ajustarlas al área funcional de la retina, expandiendo el campo visual del usuario. De forma similar funciona Onyx con la diferencia de que fue diseñado para pérdidas de visión central aprovechando la retina periférica funcional. Cuenta con un sistema de cámaras que proyectan video en directo magnificadas en dos pantallas de visualización de diodos orgánicos emisores de luz frente a los ojos. Incorpora también, como muchas otras ayudas, inteligencia artificial permitiendo ajustar la luminosidad en función de las condiciones de luz, especialmente importante en casos donde la retina periférica es funcional, pues esta es más sensible a los niveles de luz (Gu et al., 2024).

4.3.2. APLICACIONES MÓVILES Y FUNCIONES DE ACCESIBILIDAD DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

Cada vez más desarrolladores están creando aplicaciones móviles innovadoras para personas con discapacidad visual, lo que supone una evolución muy positiva en el ámbito de la rehabilitación visual.

La evolución de las pantallas táctiles ha transformado la forma en la que las personas con baja visión pueden interactuar con la tecnología, evitando así depender totalmente de la visión. Gracias a la integración de tecnologías auditivas y hápticas, como la retroalimentación por vibración o la lectura por voz, se facilita una experiencia más accesible e inclusiva (Senjam et al., 2021).

Tanto los sistemas operativos Android como Apple (iOS) incluyen herramientas integradas de accesibilidad como asistentes de voz, lectores de pantalla (como TalkBack y VoiceOver), ampliación mediante zoom, aumento del contraste, inversión de colores y escritura con comandos de voz. Estas funciones permiten a las personas con discapacidad visual interactuar de forma más independiente con su entorno digital y físico, sustituyendo en muchos casos a las ayudas ópticas tradicionales (Senjam et al., 2021).

Además de estas funciones de accesibilidad, existe un número creciente de aplicaciones especializadas para usuarios de baja visión. Entre las más destacadas se encuentran (Senjam et al., 2021):

- Audible: es una plataforma de audiolibros de gran utilidad, útil para el acceso a contenidos literarios y académicos.
- Visera: convierte el smartphone en una lupa digital con aumento, contraste y filtros personalizables.
- SuperSense: emplea la inteligencia artificial para describir el entorno, leer documentos o identificar objetos mediante retroalimentación auditiva.
- Captura de color: identifica y comunica los colores percibidos por la cámara, siendo útil tanto en actividades diarias como en el ámbito laboral.

Entre las aplicaciones más relevantes también se encuentran aquellas basadas en tecnología GPS, que permiten a los usuarios desplazarse de forma más segura y autónoma mediante instrucciones de voz. Como algunas otras aplicaciones, son ampliamente utilizadas por la población general, aunque resultan especialmente útiles para personas con discapacidad visual. Además, este tipo de tecnología puede

integrarse en otros dispositivos de asistencia, como los bastones inteligentes, como se explica a continuación, mejorando así las características de esta ayuda (Senjam et al., 2021).

Por lo tanto, estas aplicaciones aprovechan otros sentidos como el oído y el tacto, lo que las hace más accesibles para las personas con discapacidad visual. Asimismo, permiten realizar tareas multipropósito que favorecen una vida más independiente, facilitando el acceso a información compleja de forma sencilla y adaptada, lo que supone un gran avance hacia una mayor autonomía e inclusión (Senjam et al., 2021).

4.3.3. BASTONES INTELIGENTES

Aunque el bastón blanco ha sido durante décadas una herramienta para la movilidad de personas con discapacidad visual, presenta ciertas limitaciones funcionales, especialmente en lo que respecta a la detección precisa y anticipada de obstáculos en el entorno. En los últimos años, se han ido desarrollando dispositivos de bastón inteligente que permiten que se aumente la distancia de detección del obstáculo, incluso aunque los obstáculos se presenten a diferente altura, empleando ultrasonidos y patrones de vibración (Agarwal y Tripathi, 2021).

A diferencia de los bastones blancos tradicionales, los bastones inteligentes están equipados con sistemas avanzados de navegación por audio, sensores ultrasónicos o infrarrojos que permiten detectar obstáculos, emitir alertas al usuario y conectarse con smartphones mediante Bluetooth o Wifi. Algunos incluso incorporan funciones basadas en inteligencia artificial que permiten reconocer entornos, objetos o rostros (Stronks et al., 2016).

Además, los bastones inteligentes están empezando a formar parte de lo que se conoce como el Internet de las Cosas, una red de dispositivos interconectados que recopilan y comparten información en tiempo real. Gracias a ello, los bastones inteligentes pueden comunicarse con otros dispositivos cercanos como semáforos, paradas de autobús, u otros bastones inteligentes, creando una especie de “ecosistema” que mejora la navegación en términos de seguridad y precisión, haciendo los entornos, especialmente urbanos, más inclusivos y adaptativos (Mai et al., 2023).

Existen en el mercado, diferentes modelos, cada uno adaptado a unas determinadas características. Más allá de las particularidades tecnológicas, el diseño físico de estos dispositivos de asistencia se centra en ofrecer un buen agarre de la mano, que pueda ajustarse a la altura del usuario y que sea ligero (Farooq et al., 2022). Para ello, es

fundamental el uso de materiales que no sólo sean ligeros, sino también asequibles, con el fin de mantener un coste accesible para los usuarios.

En general, los bastones inteligentes utilizan cuatro tipos de sensores para determinar la distancia respecto a los obstáculos: láser, ultrasonido, infrarrojos y radar. Aunque los ultrasónicos son los más comunes, su tamaño y consumo energético son elevados. En cambio, los sensores láser, mejoran la precisión y reducen el consumo, pero pueden verse afectados por la luz natural (Farooq et al., 2022; Mai et al., 2023).

Según Mai et al. (2023), los bastones pueden clasificarse en dos categorías según el modo de navegación: activo o pasivo. En el modo de navegación activo, el bastón actúa como un “perro guía digital”, no solo brindando información del entorno, sino también guiando al usuario hacia su destino. En el modo de navegación pasivo, más común, el bastón proporciona información ambiental que el usuario interpreta mediante retroalimentación auditiva o táctil.

Uno de los dispositivos más innovadores para personas con discapacidad visual es el bastón inteligente propuesto por Farooq et al. (2022), que utiliza sensores ultrasónicos para detectar obstáculos, un sensor específico para detectar agua, como charcos u otras superficies mojadas que puedan representar un riesgo, y una cámara de video de alta definición capaz de reconocer objetos. Esta tecnología proporciona asistencia al usuario a través de señales de voz, emitidas por auriculares, y también mediante vibración. Además, a diferencia de otros, este registra los valores de latitud y longitud del bastón y los sube a la plataforma del Internet de las Cosas, permitiendo así un seguimiento en tiempo real mediante el sistema GPS, lo que representa un gran avance. Además, incluye un botón de pánico, que permite avisar en caso de emergencia y compartir la ubicación del usuario, algo especialmente relevante, ya que uno de los mayores miedos en personas con discapacidad visual es sufrir accidentes, caídas o perderse (Farooq et al., 2022).

Asimismo, el bastón propuesto por Farooq et al. (2022) puede funcionar en dos modos diferentes. Por un lado, el modo convencional que avisa mediante vibraciones, como la mayoría de los bastones inteligentes actuales. Por otro lado, el modo de inteligencia artificial que identifica objetos y proporciona información sobre ellos mediante retroalimentación por voz. Esta última opción es particularmente positiva, ya que los bastones que funcionan con retroalimentación basada en pitidos o vibraciones a veces pueden generar confusión, pues requieren que el usuario recuerde el significado de cada señal, lo que puede dificultar su uso cotidiano. Además, la elevada carga cognitiva limita la cantidad de datos que el usuario puede asimilar, reduciendo el impacto general y, en

particular, los avances relacionados con la movilidad (Real y Araujo, 2019).

4.3.4. TECNOLOGÍAS DE VISIÓN ARTIFICIAL

Cuando se habla de tecnología de visión artificial, pueden distinguirse dos enfoques principales: por un lado, aquellas tecnologías que intentan restaurar la visión mediante la estimulación del sistema visual y, por otro lado, las que buscan sustituir la falta de visión transfiriendo la información visual por medio de otros sentidos.

Dentro del primer grupo, se encuentran los implantes a nivel retiniano, una opción terapéutica que se ha investigado en los últimos años para casos de baja visión ocasionados por daños a nivel retiniano, una de las causas más comunes de discapacidad visual en los países desarrollados. Estos dispositivos electrónicos pueden implantarse a nivel subretiniano o epiretinal, y su objetivo es estimular la sensibilidad retiniana, con resultados clínicos prometedores en muchos pacientes (Agarwal y Tripathi, 2021).

En el segundo grupo, orientado a la sustitución sensorial, destaca el dispositivo BrainPort V100 (Stronks et al., 2016), una tecnología que no requiere cirugía invasiva, lo que representa una ventaja importante frente a los implantes retinianos. Este dispositivo permite a las personas con discapacidad visual identificar objetos, detectar movimiento y orientarse, transformando la información capturada por una cámara integrada en unas gafas de sol en estímulos electrotáctiles percibidos en la lengua. Este sistema consta de tres elementos: 1) una cámara montada en gafas, que capta la información visual del entorno; 2) un dispositivo intraoral con una serie de electrodos, que se coloca sobre la lengua y transmite los estímulos; y 3) un controlador portátil con el que el usuario puede encender o apagar el dispositivo.

El BrainPort V100 se considera más un complemento a otras ayudas visuales que una ayuda propiamente dicha, y constituye un avance relevante en el ámbito de la rehabilitación sensorial. Al tratarse de una tecnología no invasiva y de fácil implementación en diversos contextos (Stronks et al., 2016) su aplicación resulta especialmente prometedora. Un estudio realizado por Real y Araujo (2019) reportó resultados positivos en tareas de reconocimiento de objetos, orientación espacial y movilidad en personas con ceguera profunda.

4.3.5. TECNOLOGÍAS BASADAS EN LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Las tecnologías basadas en la inteligencia artificial están siendo incorporadas en dispositivos de ayuda para baja visión. Actualmente, existen diferentes sistemas que están sustentados en la inteligencia artificial, como algunas aplicaciones de móviles, gafas y bastones inteligentes mencionados anteriormente. Así mismo, hay otras tecnologías como el sistema Orcam MyEye que integra la inteligencia artificial para leer textos en voz alta (Pundlik et al., 2023). Además, este tipo de dispositivos permite identificar rostros, reconocer objetos y facilitar la navegación en entornos desconocidos. Además, integran modelos de aprendizaje automático adaptándose al entorno y al comportamiento del usuario, proporcionando mejoras funcionales reales en tareas diarias, y presentando una adaptación aceptable, siendo especialmente útil en pacientes con pérdida de visión central.

Esto ha transformado lo que se conocía como ayudas visuales y ha permitido mejorar significativamente la calidad de vida de muchas personas, generando una mayor independencia. También ha transformado la idea que se tenía de la rehabilitación visual, generando la necesidad de estar informados constantemente sobre los cambios que a diario se generan en este campo.

4.4. IMPACTO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS EN LA CALIDAD DE VIDA

La calidad de vida es un indicador importante del bienestar físico, emocional y social, y suele estar negativamente asociada con la discapacidad visual. Cada vez se estudian más las intervenciones dirigidas a mitigar los efectos y, con ello, a mejorar la calidad de vida de quienes la padece (Assi et al., 2021).

En este sentido, la discapacidad visual no solo afecta a la función visual, sino que también repercute en múltiples aspectos de la vida diaria. Las personas con baja visión pueden experimentar dificultades para acceder a conseguir un empleo o mantener relaciones sociales, lo que incrementa el riesgo de desarrollar problemas de salud mental como la ansiedad o la depresión. Estos factores pueden contribuir, además, a una disminución de la autoestima, derivando en puntuaciones más bajas en la calidad de vida en comparación con la población sin baja visión (Crossland et al., 2017).

Uno de los principales objetivos de la rehabilitación en baja visión es precisamente

ayudar a las personas a adaptarse a la discapacidad visual y optimizar su función visual, promoviendo así su independencia y participación en la sociedad. Por lo que, en última instancia, busca mejorar su calidad de vida (Cottingham, Burgum, Gosling, Woods y Tandon, 2024).

Las nuevas tecnologías en la rehabilitación visual de las personas con baja visión, como los dispositivos montados en cabeza, las aplicaciones móviles y funciones de accesibilidad de los dispositivos electrónicos, los bastones inteligentes y las tecnologías de visión artificial e inteligencia artificial, favorecen una mayor independencia en su vida diaria e inclusión social, permitiendo a sus usuarios interactuar de forma más autónoma con su entorno digital y físico, realizar tareas multipropósito, acceder a información compleja de forma sencilla y adaptada, y mejorar la movilidad y orientación de forma más segura y precisa, y, por lo tanto, impulsar una mayor calidad de vida (Ehrlich et al., 2017; Han et al., 2023; Senjam et al., 2021; Mai et al., 2023; Stronks et al., 2016; Real y Araujo, 2019).

5. DISCUSIÓN

En las últimas décadas, el desarrollo de dispositivos electrónicos, aplicaciones móviles y tecnologías emergentes, como la realidad aumentada o la inteligencia artificial, ha ampliado considerablemente las opciones de intervención en personas con baja visión. Por tanto, existe un creciente interés en el impacto actual y el potencial que las ayudas tecnológicas pueden tener en la rehabilitación visual, así como sobre sus fortalezas, limitaciones y posibilidades de mejora.

En este contexto, los smartphones y tabletas se han convertido en herramientas clave en la asistencia a personas con baja visión (Senjam et al., 2021), ofreciendo alternativas más accesibles, portátiles y funcionales (Fox et al., 2024; Pundlik et al., 2023) frente a otras ayudas más tradicionales como los CCTV, puesto que su uso cada vez está más limitado por factores como el coste, la dificultad de portabilidad, etc. (Younis et al., 2019).

Una de las grandes ventajas de estos dispositivos de asistencia (smartphones y tabletas) es su facilidad de uso. Iniciarse en el manejo de una tableta, por ejemplo, es mucho más intuitivo que empezar con el uso de un CCTV. Esto, sumado al bajo coste de una tableta en comparación con un CCTV y al acceso a aplicaciones gratuitas, han convertido a las tabletas y smartphones en herramientas útiles para tareas como la lectura (Younis et al., 2019).

Las ayudas tecnológicas actuales no solo mejoran la función visual, sino que también favorecen la autonomía y la calidad de vida de sus usuarios. Cabe destacar que en muchos casos la discapacidad visual afecta negativamente a las oportunidades educativas y laborales, lo que puede derivar en dificultades económicas en la edad adulta (Crossland et al., 2017).

Diversos estudios han mostrado resultados prometedores en el uso de nuevas tecnologías para baja visión. Ehrlich et al. (2017) encontraron que los dispositivos de realidad aumentada presentan un mayor potencial frente a las ayudas ópticas tradicionales para mejorar la movilidad, especialmente en personas con pérdida de campo visual periférico, superando incluso los beneficios proporcionados por ayudas más convencionales como los prismas de Peli. No obstante, los autores destacan la importancia de adaptar la tecnología a las características individuales de cada paciente, como el campo visual, la agudeza visual y la geometría ocular.

En esta misma línea, Fox et al. (2024) intentaron compensar los defectos del campo visual periférico mediante el uso de sistemas montados en cabeza equipados con alertas contextuales sobre peligros u obstáculos fuera del alcance visual del paciente. Para ello, emplearon el HoloLens 2 junto a una aplicación que proporcionaba señales visuales

contextuales. Obtuvieron resultados muy positivos en cuanto a movilidad y orientación. Sin embargo, también identificaron retos técnicos, como la necesidad de que el sistema reconozca, clasifique y comunique los peligros en tiempo real mediante señales visuales, auditivas o táctiles, claras y comprensibles.

Gu et al. (2024) evaluaron un dispositivo montado en cabeza que integra inteligencia artificial para potenciar el reconocimiento automático de textos, rostros y objetos en pacientes con pérdida de visión central, con el objetivo de aprovechar su visión periférica residual para la percepción del entorno. Observaron mejoras significativas en la agudeza visual lejana y en la puntuación de reconocimiento de rostros y objetos. El 68,29% de los pacientes mostró también mejoras significativas en los cuestionarios de calidad de vida relacionados con la lectura, el trabajo fino, las actividades de la vida diaria, la adaptación y la visión a distancia, la movilidad y la iluminación, obteniendo resultados más positivos en pacientes más jóvenes.

Cottingham et al. (2024) evaluaron el dispositivo SightPlus, un sistema montado en cabeza combinado con un smartphone, observando una ligera mejora tanto en la calidad de vida como en la visión funcional, aunque la sensibilidad al contraste y la lectura empeoraron. Aunque los resultados fueron limitados por la falta de grupo control, un pequeño tamaño muestral y una corta duración de la intervención, mantiene una tendencia positiva hacia el uso de tecnologías en la rehabilitación de personas con baja visión.

Esto se ve reforzado por los resultados obtenidos en el ensayo clínico aleatorizado de Lorenzini y Wittich (2021) en el que se estudió el impacto de las gafas electrónicas eSight en combinación con dos modalidades de entrenamiento (en telerehabilitación y con autoentrenamiento). Se encontró una mejoría notable en la función visual y la calidad de vida en ambos grupos, lo que sugiere que estas mejoras no dependen tanto del entrenamiento que reciban, sino del tipo de ayuda visual.

Por su parte, el estudio de Htike et al. (2020) evidenció mejoras en la detección y reconocimiento de objetos gracias al uso de diferentes dispositivos montados en cabeza, especialmente en tareas estáticas. Sin embargo, no se observaron avances en la movilidad en entornos más dinámicos o reales, poniendo de manifiesto la limitación de esta tecnología cuando se aplica a situaciones cotidianas. Esto refuerza la idea de que se necesitan más estudios para valorar no solo las capacidades técnicas, sino su efectividad en el día a día de una persona con discapacidad visual, en relación con el tipo de patología o características de la persona, y así valorar el impacto que esta tecnología puede tener en la calidad de vida.

En el estudio de Morrice et al. (2017) se comparó la velocidad de lectura en pacientes con baja visión usando lupas y CCTV frente al iPad. Los resultados mostraron que el rendimiento de lectura fue igualmente eficaz con el iPad, respaldando su uso como alternativa a las ayudas visuales tradicionales, puesto que no se encontró superioridad significativa en ninguno de los dispositivos estudiados. Además, el iPad presenta una buena funcionalidad, ventajas económicas y de portabilidad.

En esta misma línea, Shi et al. (2010) concluyeron que las ayudas electrónicas obtienen mejores resultados funcionales que las ayudas ópticas tradicionales en lectura. Evaluaron la velocidad de lectura en 10 estudiantes jóvenes con baja visión y obtuvieron casi el doble de palabras por minuto empleando ayudas video magnificadoras que ayudas ópticas.

Asimismo, Candan, Samrat y Pritam (2020) confirmaron estos resultados al observar mejoras significativas en la velocidad de lectura y el tamaño de letra reconocible en estudiantes con baja visión al utilizar lupas electrónicas frente a lupas ópticas tradicionales, lo que destaca su utilidad en contextos educativos donde la lectura es prolongada.

Respecto a los bastones, tanto los tradicionales como sus versiones tecnológicas avanzadas continúan siendo una de las ayudas más valoradas y aceptadas por las personas con discapacidad visual, ya que proporcionan un soporte esencial para su movilidad (Mai et al., 2023). Los bastones inteligentes presentan grandes ventajas frente al bastón blanco tradicional, como sistemas avanzados de navegación por audio, sensores para la detección de obstáculos a diferentes alturas, inteligencia artificial para reconocer entornos, objetos o rostros, conexión con smartphones mediante Bluetooth o Wifi y botón de pánico para casos de emergencia (Stronks et al., 2016; Farooq et al., 2022). Sin embargo, a pesar de los avances, persisten algunas limitaciones. Muchos bastones, entre ellos el propuesto por Farooq et al. (2022), aún no son capaces de detectar adecuadamente escaleras u obstáculos hundidos, algo que se podría mejorar gracias al Internet de las Cosas (Mai et al., 2024). Además, algunos usuarios que previamente utilizaban bastones tradicionales tienden a realizar movimientos de barrido lateral, lo que puede ser contraproducente en los nuevos modelos, ya que interfiere con el funcionamiento de los sensores.

Otro aspecto relevante para el éxito en la implementación de estas tecnologías es la aceptación por parte del usuario. Pues no basta con que un dispositivo sea funcional, sino que debe de ser estético, práctico, cómodo, portátil y socialmente aceptado. Y este último es un factor clave en el uso de nuevas tecnologías, ya que se ha normalizado su

uso debido al uso cotidiano que la población general hace de ellas (Dos Santos, Ferrari, Medola y Sandnes, 2020).

Estas nuevas tecnologías, además de presentar resultados equiparables en términos de eficacia, también tienden a ser mejor aceptadas. El estudio de Dos Santos et al. (2020) señala que la aceptación de los dispositivos está fuertemente ligada al diseño y a su percepción social. En la encuesta realizada por Martiniello et al. (2022), el 62,5% de los participantes indicaron que los smartphones estaban reemplazando a las ayudas tradicionales por su estética discreta y su mayor asequibilidad, mientras que solo el 12,7% estaba en desacuerdo con esta afirmación.

Sin embargo, el estudio de Taylor et al. (2017) sugiere que los dispositivos electrónicos no deben considerarse sustitutos directos de las ayudas ópticas tradicionales, sino herramientas que pueden cumplir funciones diferentes si son prescritos de forma conjunta. En este estudio no se hallaron diferencias significativas en el rendimiento entre ambos tipos de ayuda, aunque las ayudas electrónicas portátiles de cerca permitieron leer textos más pequeños y realizar más tareas de manera independiente. Las ayudas ópticas tradicionales fueron utilizadas en tareas de visión próxima de forma más frecuente, pero un 70% de los participantes prefirieron usar ayudas electrónicas portátiles para lecturas prolongadas, reportando menores dificultades.

En consonancia con esto, Deepika et al. (2024) analizaron 535 estudiantes con discapacidad visual y concluyeron que la combinación de ayudas ópticas, no ópticas y electrónicas mejora la función visual frente al uso aislado de un tipo de ayuda. Este hallazgo refuerza la importancia de personalizar las estrategias de intervención combinando tecnologías según las necesidades específicas de cada paciente, el uso y el tipo de pérdida visual.

Por último, cabe destacar el ensayo aleatorizado y cruzado que realizaron Bray et al. (2017), en el que analizaron de forma rigurosa la aceptabilidad, efectividad y rentabilidad de los dispositivos electrónicos portátiles en comparación con las ayudas ópticas tradicionales para tareas de visión próxima en adultos con discapacidad visual moderada y grave. Los participantes utilizaron ambos tipos de ayudas durante dos meses permitiendo comparar su funcionalidad y el impacto económico y en la calidad de vida. Los resultados mostraron una mejora significativa en la función visual de cerca con el uso de ayudas electrónicas portátiles en comparación con ayudas ópticas tradicionales, observándose una reducción en la necesidad de asistencia en tareas cotidianas. No obstante, los dispositivos electrónicos portátiles tuvieron un mayor coste anual para el usuario. Por ello, aunque estas ayudas electrónicas portátiles demostraron

ser más eficaces para tareas de visión próxima, su impacto en la calidad de vida no fue el esperado puesto que teniendo en cuenta el coste, no se encontró una buena relación coste-efectividad.

Algunas de estas nuevas tecnologías, como los dispositivos de realidad virtual y las gafas electrónicas, ofrecen funciones más avanzadas, pero su coste suele ser más alto debido a la tecnología empleada, al mantenimiento y a la necesidad de formación para su uso. Estas características pueden limitar su accesibilidad, sobre todo en personas mayores donde el uso de la tecnología es más limitado. Por el contrario, las ayudas ópticas tradicionales presentan una mayor rentabilidad ya que su producción y mantenimiento son más económicos y suelen ser más duraderas y fáciles de utilizar, lo que las convierte en una opción más asequible para las personas con baja visión, y continúan siendo la opción preferida por muchos usuarios por su sencillez, efectividad y bajo coste. Sin embargo, se necesita continuar investigando el coste-efectividad de las nuevas tecnologías, ya que es necesario saber si el incremento de precio de algunos de estos dispositivos compensa las mejoras en la calidad de vida (Bray et al., 2017).

La baja visión comprende un grupo muy heterogéneo de deficiencias visuales, por lo que resulta indispensable ofrecer a cada paciente la tecnología asistencial que mejor se adapte a sus características individuales (Fox et al., 2024). Para que la rehabilitación visual sea efectiva, no basta con prescribir ayudas visuales con criterios técnicos, sino que también deben considerarse factores como las preferencias personales, habilidades tecnológicas, contexto sociocultural y accesibilidad económica. Solo así se podrá avanzar hacia una atención verdaderamente centrada en el usuario.

Una de las principales limitaciones encontradas durante esta revisión bibliográfica es la escasa duración de los estudios analizados, lo que impide evaluar la eficacia de las ayudas tecnológicas a largo plazo. Asimismo, muchos de los estudios se realizaron en pequeños tamaños muestrales, carecen de grupo control o no comparan distintas intervenciones lo que genera falta de robustez metodológica y limita la generalización de los resultados. Finalmente, cabe destacar que, aunque se ha investigado la eficacia entre ayudas ópticas tradicionales y lupas electrónicas, no se han encontrado estudios que comparen directamente nuevas tecnologías, como los dispositivos montados en cabeza con realidad aumentada o basados en inteligencia artificial, con ayudas ópticas tradicionales.

De cara a futuras investigaciones, sería interesante profundizar en el impacto de las ayudas para baja visión, tanto ópticas como electrónicas, en la calidad de vida y en el bienestar emocional de los usuarios, ya que la mayoría de los estudios encontrados,

comparan las diferentes ayudas desde el punto de vista objetivo, mediante medidas de rendimiento lector o agudeza visual, etc. Además, se necesitan estudios más rigurosos que evalúen la eficacia de cada tipo de ayuda en función de la pérdida visual y la situación del paciente. Es esencial avanzar hacia una rehabilitación visual personalizada, donde la elección de la ayuda no se base solo en el tipo de pérdida visual sino también en las características del usuario, preferencias, expectativas y contexto social y económico.

6. CONCLUSIONES

- Las nuevas tecnologías están transformando el campo de la rehabilitación visual, al mejorar la calidad de vida de las personas con baja visión y mostrar una efectividad similar y superar muchas de las limitaciones que presentan las ayudas ópticas tradicionales. Sin embargo, es necesario seguir investigando sobre su rentabilidad.
- La elección de ayudas ópticas y nuevas tecnologías en la rehabilitación visual de personas con baja visión debe basarse tanto en sus necesidades funcionales y las características de su pérdida visual, como en sus preferencias, expectativas, facilidad de uso y diseño estético, ya que todos estos factores condicionan en gran medida su aceptación, adaptación y uso continuado.
- El creciente uso de nuevas tecnologías nos revela la importancia de que los profesionales dedicados a la visión estemos formados y actualizados en el uso de estas tecnologías, para poder realizar recomendaciones personalizadas y ofrecer la mejor opción posible según las necesidades y características individuales.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Agarwal, R., y Tripathi, A. (2021). Current Modalities for Low Vision Rehabilitation. *Cureus*, 13(7), e16561.
- Assi, L., Chamseddine, F., Ibrahim, P., Sabbagh, H., Rosman, L., Congdon, N., Evans, J., Ramke, J., Kuper, H., Burton, M. J., Ehrlich, J. R., y Swenor, B. K. (2021). A global assessment of eye health and quality of life: a systematic review of systematic reviews. *JAMA Ophthalmology*, 139(5), 526–541.
- Bennett, C. R., Bex, P. J., Bauer, C. M., y Merabet, L. B. (2019). The assessment of visual function and functional vision. *Seminars in Pediatric Neurology*, 31, 5–12.
- Bray, N., Brand, A., Taylor, J., Hoare, Z., Dickinson, C., y Edwards, R. T. (2017). Portable electronic vision enhancement systems in comparison with optical magnifiers for near vision activities: An economic evaluation alongside a randomized crossover trial. *Acta Ophthalmologica*, 95(5), 530–538.
- Cottingham, E., Burgum, F., Gosling, S., Woods, L., y Tandon, A. (2024). Assessment of the impact of a head-mounted augmented reality low vision aid on vision and quality of life in children and young people with visual impairment. *British and Irish Orthoptic Journal*, 20(1), 12-20.
- Crossland, M. D., Starke, S. D., Imielski, P., Wolffsohn, J. S., y Webster, A. R. (2019). Benefit of an electronic head-mounted low vision aid. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 39(6), 422-431.
- Crossland, M. D., Thomas, R., Unwin, H., Bharani, S., Gothwal, V. K., Quartilho, A., Bunce, C., & Dahlmann-Noor, A. (2017). Tablet computers versus optical AIDS to support education and learning in children and young people with low vision: Protocol for a pilot randomised controlled trial, CREATE (Children Reading with Electronic Assistance to Educate). *BMJ Open*, 7(6), e015939.
- Deepika, C., Phandke, S., Telap, S., Shitole, A., Kaur, H., Shinde, A., y Gogate, P. (2024). Impact of dispensing optica, nonoptical, and electronic devices on the visual function of students attending the schools for the blind. *Journal of Clinical Ophthalmology and Research*, 12(3), 273–281.
- Dos Santos, A. D. P., Ferrari, A. L. M., Medola, F. O., y Sandnes, F. E. (2020). Aesthetics and the perceived stigma of assistive technology for visual impairment. *Disability and Rehabilitation: Assistive Technology*, 17(2), 152-158.
- Ehrlich, J. R., Ojeda, L. V., Wicker, D., Day, S., Howson, A., Lakshminarayanan, V., y Moroi, S. E. (2017). Head-Mounted Display Technology for Low-Vision Rehabilitation and Vision Enhancement. *American Journal of Ophthalmology*, 176, 26-32.
- Farooq, M. S., Shafi, I., Khan, H., Díez, I. D. L. T., Breñosa, J., Espinosa, J. C. M., y Ashraf, I. (2022). IoT Enabled Intelligent Stick for Visually Impaired People for Obstacle Recognition. *Sensors*, 22(22), 88914.

- Fox, D. R., Ahmadzada, A., Fiedman, C.T., Azenkot, S., Chu, M., Manduchi, R., y Cooper, E. A. (2024). Using augmented reality to cue obstacles for people with low vision: publisher's note. *Optics Express*, 32(13), 6827-6848.
- GBD 2019 Blindness and Vision Impairment Collaborators y Vision Loss Expert Group of the Global Burden of Disease Study. (2021). Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: The Right to Sight: An analysis for the Global Burden of Disease Study. *The Lancet Global Health*, 9(2), 144-160.
- Gu, X., Wang, Y., Zhao, Q., y Chen, Y. (2024). Clinical efficacy of a head-mounted device for central vision loss. *Scientific Report*, 14(1), 24384.
- Han, Y., Beheshti, M., Jones, B., Hudson, T. E., Seiple, W. H., y Rizzo, J. R. (2023). Wearables for persons with blindness and low vision: form factor matters. *Assistive Technology*, 36(1), 60-63.
- Htike, H. M., Margrain, T. H., Lai, Y. K., y Eslambolchilar, P. (2020). Ability of head-mounted display technology to improve mobility in people with low vision: A systematic review. *Translational Vision Science and Technology*, 9(10), 26.
- Kaur K, y Gurnani, B. (2025). *Low vision Aids*. StatPearls Publishing.
- Legge, G. E., y Chung, S. T. L. (2016). Low Vision and Plasticity: Implications for Rehabilitation. *Annual review of vision science*, 2, 321-343.
- Lorenzini, M. C., y Wittich, W. (2021). Head-mounted Visual Assistive Technology-related Quality of Life Changes after Telerehabilitation. *Optometry and vision science*, 98(6), 582-591.
- Mai, C., Chen, H., Zeng, L., Li, Z., Liu, G., Qiao, Z., Qu, Y., Li, L., y Li, L. (2024). A Smart Cane Based on 2D LiDAR and RGB-D Camera Sensor-Realizing Navigation and Obstacle Recognition. *Sensors*, 24(3), 870.
- Mai, C., Xie, D., Zeng, L., Li, Z., Li, Z., Qiao, Z., Qu, Y., Liu, G., y Li, L. (2023). Laser Sensing and Vision Sensing Smart Blind Cane: A Review. *Sensors*, 23(2), 869.
- Martiniello, N., Eisenbarth, W., Lehane, C., Johnson, A., y Wittich, W. (2022). Exploring the use of smartphones and tablets among people with visual impairments: Are mainstream devices replacing the use of traditional visual aids? *Assistive Technology*, 34(1), 34-45.
- Morrice, E., Johnson, A., Marinier, J., y Wittich W. (2017). Assessment of the Apple iPad as a low-vision reading aid. *Eye*, 31(6), 865-871.
- Pundlik, S., Shivshanker, P., y Luo, G. (2023). Impact of Apps as Assistive Devices for Visually Impaired Persons. *Annual Review of Vision Science*, 9, 111-130.
- Rai, B. B., Sabeti, F., Carle, C. F., y Maddess, T. (2024). Visual field tests: A narrative review of different perimetric methods. *Journal of Clinical Medicine*, 13(9), 2458.
- Real, S., y Araujo, A. (2019). Navigation systems for the blind and visually impaired: Past

- work, challenges, and open problems. *Sensors*, 19(15), 33001-3320.
- Rohrschneider, K., Bayer, Y., y Brill, B. (2018). Closed-circuit television systems: Current importance and tips on adaptation and prescription. *Ophthalmologe*, 115(7), 573-580.
- Senjam, S. S., Manna, S., y Bascaran, C. (2021). Smartphones-based assistive technology: Accessibility features and apps for people with visual impairment, and its usage, challenges, and usability testing. *Clinical Optometry*, 13, 311-322.
- Shi, W., Su, J., Zheng, L., Huang, Y., Lin, S., Chen, S., Lu, S., & Hu, J. (2010). The reading speed of adolescent with low vision used electronic visual aids. *Eye Science*, 25, 96-98.
- Stronks, H. C., Mitchell, E. B., Nau, A. C., y Barnes, N. (2016). Visual task performance in the blind with the BrainPort V100 Vision Aid. *Expert Review of Medical Devices*, 13(10), 919-931.
- Taylor, J. J., Bambrick, R., Brand A., Bray N., Duttun M., Harper R. A., Hoare Z., Ryan B., Edwards R. T., Waterman H., y Dickinson C. (2017). Effectiveness of portable electronic and optical magnifiers for near vision activities in low vision: a randomised crossover trial. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 37(4), 370-384.
- van Nispen, R. M. A., Virgili, G., Hoeben, M., Langelaan, M., Klevering, J., Keunen, J. E. E., y van Rens, G. H. M. B. (2020). Low vision rehabilitation for better quality of life in visually impaired adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 1(1), CD006543.
- Virgili, G., Acosta, R., Bentley, S. A., Giacomelli, G., Allcock, C., y Evans, J. R. (2018). Reading aids for adults with low vision. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4(4), CD003303.
- Younis, O., Al-Nuaimy, W., Rowe, F., y Alomari, M. H. (2019). A smart context-aware hazard attention system to help people with peripheral vision loss. *Sensors*, 19(7), 1630.
- Organización Nacional de Ciegos Españoles. (2018). Ayudas ópticas, no ópticas y electrónicas para personas con resto visual. Recuperado el 20 de mayo de 2025 de <https://www.once.es/servicios-sociales/autonomia-personal/paginas-rehabilitacion/ayudas-opticas-no-opticas-y-electronicas-para-personas-con-esto-visual>.