

# Visión de conductores de trenes: revisión sistemática sobre requerimientos en los últimos 25 años

Carola Sánchez Rinaldi

*Colegio de Médicos Distrito V. Luján (Buenos Aires), Argentina.*

**Recibido:** 19 de marzo de 2025.

**Aprobado:** 24 de abril de 2025.

## **Autor corresponsal**

Dra. Carola Sánchez Rinaldi

Departamento del Curso Superior de Medicina Laboral

Colegio de Médicos Distrito V

Adolfo Alsina 1250

(B6700) Luján, prov. de Buenos Aires

Argentina

+54 (02323) 42-2899

carolasanchezrinaldi@gmail.com

**Oftalmol Clin Exp** (ISSNe 1851-2658)

2025; 18(2): e162-e177.

<https://doi.org/10.70313/2718.7446.v18.n2.418>

## **Resumen**

**Objetivo:** Realizar una revisión sistemática para evaluar la evidencia científica disponible sobre cómo se evalúa el sistema visual de los operadores ferroviarios y si han existido cambios en los últimos 25 años, tanto en la Argentina como a nivel internacional.

**Materiales y métodos:** Se siguieron las recomendaciones de la guía PRISMA para realizar la revisión sistemática. La búsqueda se realizó en febrero de 2025 e incluyó publicaciones desde el año 2000 en adelante en inglés o español. Se utilizaron diferentes combinaciones de palabras clave para identificar estudios que evaluaran los siguientes aspectos visuales en conductores ferroviarios: (1) agudeza visual, (2) campo visual y (3) visión cromática. También se compararon los requisitos establecidos por la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT) de Argentina con los estándares internacionales. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva.

**Resultados:** De un total de 27 estudios identificados, 12 cumplieron con los criterios de inclusión. Se observó una escasa cantidad de publicaciones con alto nivel de evidencia y ningún trabajo basado en consenso de expertos. No se identificaron cambios significativos en los métodos de evaluación visual en los últimos 25 años. Tampoco existe un criterio internacional unificado sobre los requerimientos visuales mínimos, aunque se destaca la importancia de la visión cromática binocular.

**Conclusión:** Pese a la relevancia de la visión cromática en esta profesión no se evidencian actualizaciones sustanciales en las evaluaciones visuales.

Las nuevas tecnologías y condiciones de trabajo actuales justifican revisar y actualizar los estándares visuales para operadores ferroviarios.

**Palabras clave:** funciones visuales, requerimientos visuales, trenes, conductores de trenes, oftalmología laboral, prevención de accidentes, visión de colores, agudeza visual, campo visual.

## Railway drivers' vision: systematic review of requirements over the past 25 years.

### Abstract

**Objective:** To conduct a systematic review assessing the scientific evidence on how the visual system of railway operators is evaluated, and whether changes have occurred over the past 25 years, both in Argentina and internationally.

**Materials and methods:** This systematic review followed PRISMA guidelines. A comprehensive search was conducted in February 2025, covering publications from 2000 to the present in English and Spanish. All relevant keyword combinations were used to identify studies addressing visual assessments in railway drivers, specifically evaluating: (1) visual acuity, (2) visual field, and (3) color vision. Information from Argentina's CNRT was also compared with international data. All findings were analyzed using descriptive statistics.

**Results:** Twelve of 27 identified studies met inclusion criteria. Few studies with high levels of evidence were found, and none followed expert consensus methodology. No significant changes were observed in the visual evaluation of train drivers over the past 25 years. Globally, no unified standard exists regarding train operators' minimum visual function requirements, although binocular color vision is generally emphasized.

**Conclusion:** While color vision remains a key assessment aspect in this profession, major changes in visual screening protocols for railway operators have not been documented in the last 25 years. In light of evolving technology, urban planning, lighting systems, and train cabin design, updated and standardized visual requirements are needed to ensure safety and performance among modern railway personnel.

**Keywords:** visual functions, visual requirements, trains, railway drivers, occupational ophthalmology,

accident prevention, color vision, visual acuity, visual field.

## Visão dos maquinistas: uma revisão sistemática dos requisitos nos últimos 25 anos

### Resumo

**Objetivo:** Realizar uma revisão sistemática para avaliar as evidências científicas disponíveis sobre como o sistema visual dos operadores ferroviários é avaliado e se houve alguma mudança nos últimos 25 anos, tanto na Argentina quanto internacionalmente.

**Materiais e métodos:** as recomendações das diretrizes PRISMA foram seguidas para conduzir a revisão sistemática. A busca foi realizada em fevereiro de 2025 e incluiu publicações de 2000 em diante em inglês ou espanhol. Diferentes combinações de palavras-chave foram utilizadas para identificar estudos que avaliaram os seguintes aspectos visuais em maquinistas: (1) acuidade visual, (2) campo visual e (3) visão de cores. Os requisitos estabelecidos pela Comissão Nacional de Regulação do Transporte (CNRT) da Argentina também foram comparados com os padrões internacionais. Os dados foram analisados por meio de estatística descritiva.

**Resultados:** De um total de 27 estudos identificados, 12 atenderam aos critérios de inclusão. Observou-se um pequeno número de publicações com alto nível de evidência e nenhum trabalho baseado em consenso de especialistas. Nenhuma mudança significativa nos métodos de avaliação visual foi identificada nos últimos 25 anos. Também não há um critério internacional unificado sobre requisitos visuais mínimos, embora a importância da visão binocular de cores seja enfatizada.

**Conclusão:** Apesar da importância da visão de cores nesta profissão, não há atualizações substanciais evidentes nas avaliações visuais. Novas tecnologias e condições de trabalho atuais justificam a revisão e atualização de padrões visuais para operadores ferroviários.

**Palavras-chave:** funções visuais, requisitos visuais, trens, maquinistas, oftalmologia ocupacional,

prevenção de acidentes, visão de cores, acuidade visual, campo visual.

## Introducción

A diferencia de otros medios de transporte, los trenes se desplazan a altas velocidades sobre trayectos fijos, lo que limita la capacidad de maniobra del conductor ante eventos inesperados. En la ocurrencia de accidentes, el error humano puede estar presente de diversas formas. Una percepción alterada del entorno proporciona información errónea que puede precipitar una inadecuada toma de decisiones. La visión es el sentido principal que le permite a una persona detectar objetos a su alrededor y movilizar su cuerpo en el entorno para dirigirse hacia diferentes destinos<sup>1</sup>. El sistema visual de una persona está integrado por los ojos y sus conexiones a diferentes áreas cerebrales, lo que es facilitado por los nervios ópticos, pero el proceso visual incluye a la percepción junto con la interpretación de los estímulos observados a partir de los cuales se desarrollará una acción<sup>2</sup>. Por lo tanto, es comprensible entender que la función visual sea una de las principales evaluaciones que deben considerarse a la hora de evaluar las aptitudes psicofísicas de los conductores ferroviarios, algo que ya ha sido considerado históricamente, como encontramos en una publicación que data del 1898<sup>3</sup>. Las exigencias visuales incluyen no solo una buena agudeza visual, sino también tener un campo visual suficientemente amplio para detectar objetos periféricos y una correcta percepción cromática que evite la confusión de colores y, por ende, la interpretación errónea del contenido de la información presente en diversas señales de tránsito o en el propio instrumental del tren<sup>4-7</sup>.

En la Argentina, la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT) determina en el acta número 4/2017 que a nivel ocular se deben evaluar la agudeza visual, el campo visual y la visión cromática mencionando para esto específicamente al test de Farnsworth (pero sin especificar el tipo de test de Farnsworth, del que se conocen al menos dos versiones diferentes). Es de destacar que en el control oftalmológico, además de poder detectar alteraciones o patologías que

puedan afectar al sistema visual, se pueden descubrir otras alteraciones o enfermedades generales, donde a veces los ojos son el primer lugar donde tienen expresión clínica y que en ocasiones pueden ser silenciosas<sup>8-9</sup>. Considerando todo este contexto, el objetivo de este trabajo ha sido revisar exhaustivamente cómo se está evaluando el sistema visual de los operadores ferroviarios en la actualidad, en el mundo en general y en la Argentina en particular, mediante la realización de una revisión sistemática del tema.

## Materiales y métodos

### *Diseño de estudio*

Para poder abordar el tema se emplearon las recomendaciones metodológicas descritas en las guías PRISMA<sup>11</sup> al considerar los lineamientos que debe tener una revisión sistemática. Teniendo en cuenta este diseño de estudio, no fue necesaria la evaluación de un comité de ética, ya que este trabajo no incluye tareas de investigación activa con seres humanos o aspectos que puedan afectar la confidencialidad de datos de participantes. A continuación se comentarán aspectos del procedimiento de forma tal de otorgar reproducción de la presente investigación.

### *Procedimiento de búsqueda*

Para encontrar publicaciones científicas relacionadas con el tema (como se describe más adelante), se realizó exclusivamente una búsqueda bibliográfica en la biblioteca electrónica de PubMed relacionando diferentes términos presentados en la tabla 1.

La búsqueda se realizó durante el mes de febrero de 2025 y se filtraron sólo los documentos publicados desde el año 2000 hasta el presente, de forma tal de conocer las evidencias publicadas en los últimos 25 años. Se incluyeron sólo los trabajos publicados en inglés o español. En la tabla 1 se observan las palabras clave utilizadas en esta búsqueda. Se realizaron todas las diferentes combinaciones con la finalidad de aumentar las posibilidades de encontrar información, mitigando las posibles pérdidas de datos. Al ejecutar

**Tabla 1.** Términos utilizados para realizar la búsqueda bibliográfica. Se describen los ítems redactados en el motor de búsqueda de Pubmed.

<b>COMBINACIONES DE PALABRAS CLAVE UTILIZADAS EN LA BIBLIOGRAFÍA</b>		
Ítems para identificar al operador ferroviario y su actividad laboral	Ítems para identificar el área o función general	Ítems para identificar el área o función específica
1. railway	a. vision	I. visual acuity
2. railway driver	b. eyes	II. visual field
3. train	c. sight	III. color vision
4. train driver	d. ocular	IV. contrast sensitivity
5. wheel-train		V. glare
6. wheel-train driver		

\*Todas las combinaciones de palabras también se asociaron con los términos: "requirements, evaluation OR standards".

la búsqueda de las diferentes combinaciones de los ítems presentados en la tabla 1, se registraron qué trabajos quedarían incluidos, considerando los diferentes tipos de diseño de estudio (caso clínico, revisión narrativa, revisión sistemática/meta-análisis, estudio epidemiológico, estudio clínico, etc.) y sus resultados principales. También se realizó la identificación de aquellos que fueron excluidos por no estar directamente asociados con el tema de estudio. Con esta información se realizó el flujograma recomendado por las guías PRISMA para poder conocer el total de la información que se analizó finalmente.

También se revisó la información en la regulación actual de la CNRT y se comparó la evidencia encontrada a nivel internacional con respecto de las recomendaciones solicitadas por la CNRT en Argentina. Finalmente, se realizó el análisis sobre cuáles son las recomendaciones para evaluar en la actualidad los siguientes aspectos en la población de conductores ferroviarios: agudeza visual, campo visual y visión cromática. De manera complementaria, se evaluó la existencia de otros trabajos relacionados con aspectos visuales de operarios ferroviarios y nuevas propuestas sobre qué otros aspectos podrían ser relevantes para analizar en el futuro. Todos los datos fueron estudiados mediante un procesado estadístico descriptivo y los resultados se presentan mediante tablas y figuras con cuadros sinópticos, además del desarrollo textual de cada aspecto.

## Resultados

### *Evidencias publicadas*

En la figura 1 se presenta el flujograma de la búsqueda realizada donde se observa que finalmente se incluyeron 12 de un total de 27 trabajos relacionados con el tema de la visión y los operadores ferroviarios, luego de haber hecho las diferentes combinaciones de búsquedas con las palabras clave de la tabla 1.

En la tabla 2 se enumeran los 12 trabajos incluidos en esta evaluación, identificados por su primer autor, el número con el que figuran en el listado de referencias, su año de publicación y la región de origen. En la tabla se ha separado a los trabajos principalmente relacionados con la evaluación visual de los operarios ferroviarios y aquellos que tienen una relación indirecta con el sistema visual.

### Conceptos principales de cada publicación

#### Trabajo 1

Considerando que esta revisión sistemática incluyó trabajos publicados sólo a partir del año 2000 hasta la actualidad, el primer trabajo que debemos analizar es el de Hovis y colaboradores<sup>11</sup>. Es interesante el contexto que motivó este estudio y que fue comentado por los autores. Se trata de un accidente de trenes ocurrido el 9 de

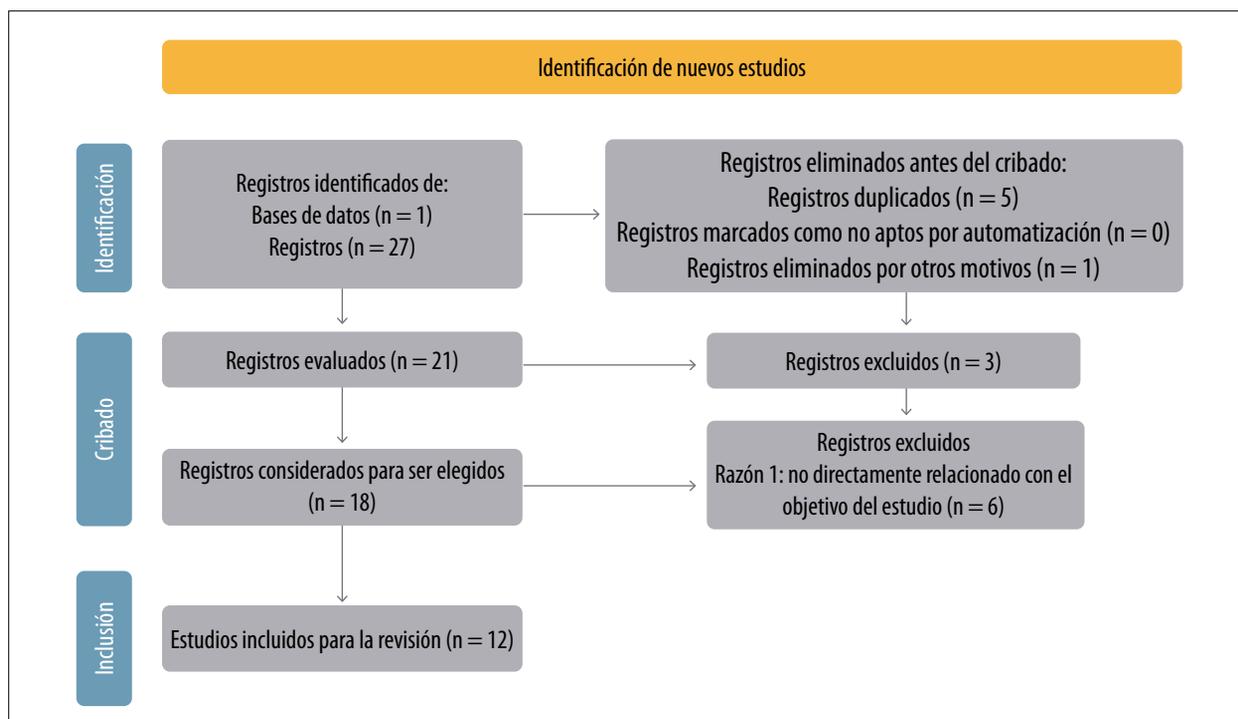


Figura 1. Flujograma PRISMA con la descripción de los estudios evaluados e incluidos para el presente trabajo.

Tabla 2. Enumeración de los trabajos incluidos.

Primer autor; año de publicación	Nº de identificación en listado de referencia	Año y origen del trabajo o región del mundo donde se realizó
<b>DIRECTAMENTE RELACIONADOS CON EL TEMA DE ESTUDIO</b>		
1: Hovis <i>et al.</i>	11	2000. Estados Unidos y Canadá
2: Hovis <i>et al.</i>	12	2006. Canadá
3: Casolin <i>et al.</i>	13	2011. Australia
4 a 6: Dain <i>et al.</i>	5, 14 y 15	2015. Australia
7 y 8: Almustanyir <i>et al.</i>	16 y 17	2020. Canadá y Arabia Saudita
<b>INDIRECTAMENTE RELACIONADOS CON EL TEMA DE ESTUDIO</b>		
9: Jenkins <i>et al.</i>	18	2015. Reino Unido
10: Verstappen <i>et al.</i>	26	2022. Países Bajos
11: Dong <i>et al.</i>	27	2024. China
12: Hovis <i>et al.</i>	28	2011. Canadá

febrero de 1996, donde dos formaciones ferroviarias colisionaron en New Jersey (Estados Unidos), donde fallecieron 69 personas y se especuló que el motivo fue porque uno de los maquinistas falló en reconocer una señal de detención al tener un déficit de la visión de colores secundaria a una retinopatía diabética y el tratamiento de fotocoagulación que afecta el campo visual. Aquí tenemos un caso donde probablemente la agudeza visual estaba conservada pero las otras dos funciones —campo visual y visión de colores— estaban alteradas. Esto pone de manifiesto la importancia del examen ocular como evaluación para detectar patologías generales como la diabetes, que a veces sus signos principales pueden aparecer de manera temprana y asintomática mientras se realiza el control del fondo del ojo por parte de un médico oftalmólogo.

El accidente mencionado motivó la revisión del aspecto regulatorio y la forma en la que se debe evaluar la visión de colores de los operarios ferroviarios. Pone énfasis en que el test utilizado hasta el momento (test de Ishihara de 38 láminas) es de utilidad para la detección de personas con discromatopsias genéticas, pero no resulta suficiente para evaluar diferencias o cambios en la percepción de los colores que pueden suceder con el desgaste del sistema visual a lo largo de los años o ante la ocurrencia de patologías que afecten la retina o los nervios ópticos.

Teniendo en cuenta entonces que identificar correctamente los colores de las señales ferroviarias es esencial para la seguridad operativa, en este estudio se validó una nueva prueba funcional de discriminación cromática denominada “Lantern Color Vision Test for the Rail Industry” o directamente “CNLAN test”, diseñada específicamente para el sector ferroviario. Se comparó con una simulación experimental y mostró que el 97% de las personas con deficiencias rojo-verde fallaron ambas pruebas, mientras que el test de Ishihara, aunque más estricto, también falló en algunos individuos con visión normal. Por lo tanto, este nuevo test de linterna demostró ser más específico, ya que no excluyó a personas con visión normal, y ofrece así una evaluación más funcional y relevante para el trabajo ferroviario. A modo de concepto final, este trabajo del año

2000 demostró la importancia del campo visual en asociación a la visión de colores y la necesidad de tener un test específico para los operarios ferroviarios.

## **Trabajo 2**

El mismo autor publicó en 2006 otro trabajo diseñado específicamente para la industria ferroviaria —realizado para la organización canadiense de trenes— donde consideró el aspecto de la agudeza visual, la distancias y la visión de colores utilizando el CNLAN test<sup>12</sup>. Para esto consideró a participantes que alcanzaran el mínimo requisito de agudeza visual, que existe una visión de 6/9 del mejor ojo y de 6/12 del peor ojo (siempre considerando operarios con visión binocular). En este estudio se evaluó a 67 personas observando el test CNLAN desde 4,6 metros y desde 2,3 metros. Se encontró que al reducir la distancia los errores disminuyeron significativamente (de un promedio de 7,6 a 4,3) y el porcentaje de aprobados aumentó del 9% al 20,9%. Ningún participante que aprobó a 4,6 m falló a 2,3 m. Estos resultados sugieren que una menor distancia de observación mejora el rendimiento en la prueba de visión de colores, permitiendo que algunos individuos con defectos de visión cromática superen el test. El concepto principal de este trabajo establece que cuando se evalúa la visión de colores, la distancia es importante y esto tiene una relación con la agudeza visual.

## **Trabajo 3**

Casolin y colaboradores publicaron en 2011 en Australia un trabajo donde evaluaron de forma extensa el resultado que obtuvieron con otro test para verificar la visión cromática de los operarios ferroviarios<sup>13</sup>. Ellos emplearon el “RailCorp Lantern” (RL), que simula señales ferroviarias con luces LED y fue desarrollada como una prueba práctica. Realizaron un estudio retrospectivo donde se analizaron 207 pruebas realizadas entre 2006 y 2008 comparando los resultados de la RL a 3 y 6 metros con los de otras pruebas estándar como el test estándar “Farnsworth–Munsell D 15” (D15) y el “Farnsworth Lantern” (FL). Los índices de aprobación fueron significativamente diferentes: 57% en la D15, 14% en la FL, 26% en

la RL a 6 m y 47% en la RL a 3 m. Los protanopes presentaron más errores al identificar luces rojas y blancas. Por lo tanto, en este estudio se comprobó que la RL es una herramienta útil para identificar a quienes pueden interpretar señales ferroviarias de forma segura, incluso si fallan otras pruebas más estrictas como los test D15 o el FL. Por lo tanto, sugieren considerar su adopción en otros entornos ferroviarios a nivel internacional.

#### Trabajo 4

En 2015, Dain y colaboradores realizaron un extenso informe dividido en tres publicaciones sobre la visión de colores en los operarios ferroviarios centrados en Australia<sup>5, 14-15</sup>. En su primer informe consideraron que las pruebas prácticas actuales (mencionadas anteriormente), si bien son comunes para evaluar la visión cromática en aspirantes a trabajar en el sector ferroviario, presentan limitaciones, como el uso de colores no reales o falta de uniformidad a nivel internacional. Por lo tanto, desarrollaron y validaron el “Railway LED Lantern Test” (RLLT) utilizando los mismos LED que las señales ferroviarias modernas, que fue probado en sujetos con visión normal y con deficiencias. Encontraron que a 3 metros todos los participantes con visión normal y algunos con deficiencias leves pasaron la prueba. Pero a 6 metros, todos los sujetos con deficiencias fallaron y solo uno con visión normal cometió un error. Con estos resultados concluyeron que el RLLT demostró ser una prueba sencilla y aplicable, que refleja fielmente la tarea visual real del trabajador ferroviario. Por ello, fue adoptada oficialmente en Australia como sustituto de las pruebas prácticas tradicionales para la evaluación de visión cromática en trabajadores ferroviarios.

#### Trabajo 5

En su segundo estudio, compararon dos pruebas diseñadas específicamente para la industria ferroviaria: la CNLAN de Canadá previamente mencionada y la RLLT<sup>14</sup>. Estas pruebas difieren en su diseño debido a las distintas prácticas ferroviarias en sus regiones. En los tests realizados a personas con visión normal y con deficiencias, el RLLT generó más errores. Aun así, ambas pruebas coincidieron en el 88% de

las clasificaciones (73 de 83 sujetos). El RLLT mostró una tasa de fallos ligeramente mayor en personas con visión cromática normal, lo que se corrigió ajustando la intensidad de las luces rojas más tenues. En conclusión, ambas linternas ofrecen resultados comparables al estándar histórico —el “Holmes-Wright Tipo B”—, hoy en desuso comercial.

#### Trabajo 6

En el tercer y último informe, se compararon tres pruebas: la Farnsworth Lantern (FL), el OPTEC 900 y la RLLT<sup>15</sup>. Aunque cada una utiliza principios distintos y diferentes combinaciones de colores, sus resultados fueron similares: coincidieron en el 73% de los casos al clasificar a sujetos con deficiencias cromáticas. El RLLT, basado en las señales reales del sistema ferroviario australiano, tuvo una tasa de aprobación ligeramente más alta que las otras dos pruebas. A pesar de sus diferencias, se concluye que las tres pruebas tienen niveles de exigencia comparables.

Como concepto, los tres informes del grupo de Dain subrayan la importancia de desarrollar herramientas de evaluación adaptadas a las condiciones ferroviarias de cada país o región y la necesidad de comparar y validarlas a nivel internacional con otras ya existentes.

#### Trabajo 7

Ya en publicaciones más actuales encontramos el estudio de Almustanyir y colaboradores, publicado en 2020, que vuelve sobre el tema visión de colores, agudeza visual y distancia<sup>16</sup>. Demuestra que algunas personas con deficiencia en la visión de colores rojo-verde pueden identificar correctamente las señales ferroviarias cuando trabajan a distancias cortas, como en los patios ferroviarios. Al evaluar el rendimiento con el test CNLAN a distintas distancias de visualización se observó que la tasa de aprobación de los participantes con visión cromática defectuosa aumentó significativamente al reducir la distancia, alcanzando un 62% a solo 0,57 m. La implicancia de este estudio sugiere que, en contextos donde la distancia de avistamiento es corta, algunas personas con deficiencia cromática podrían desempeñarse de forma segura.

### Trabajo 8

El mismo autor publicó otro estudio, también en 2020, con la finalidad de ayudar a los profesionales de la salud visual a la hora de orientar a pacientes con deficiencia en la visión de color sobre sus opciones laborales en el sector ferroviario canadiense<sup>17</sup>. Se encontró que quienes fallan las pruebas clínicas como el D15 (Farnsworth Munsell o ColorDx) casi con certeza también fallaron en la prueba CNLAN a una distancia de 4,6 metros, lo que resulta relevante para puestos como conductor de tren. En cambio, para otras tareas ferroviarias (a menor distancia de visualización), los pacientes con deficiencia leve a moderada podrían aprobar. Se recomienda a los médicos oftalmólogos utilizar pruebas específicas como el “ColorDx de placas pseudoisocromáticas” junto con una prueba D15 para asesorar a estos pacientes.

En relación con estudios indirectamente relacionados con nuestras palabras clave, se han incluido los siguientes tres por su potencial implicancia con medidas de seguridad ferroviaria y su relación con la visión.

### Trabajo 9

En 2015 se publicó un trabajo donde se consideró que la evaluación del deslumbramiento es importante a la hora de diseñar cabinas para conductores de trenes aunque no existen métodos estandarizados para ello<sup>18</sup>. En este estudio sus autores propusieron un enfoque práctico usando una maqueta a escala real de la cabina, en la que se evaluaron fuentes de luz (como luces de control) y se simularon también luces externas (como el sol o faros de otros trenes) en distintas posiciones. Así se pudo obtener una visión general del rendimiento de la visión de un conductor dentro de una cabina simulada frente al deslumbramiento. Como concepto este trabajo vuelve a poner énfasis en la relevancia del entorno visual de los operarios ferroviarios y deja sentado el precedente de que el “glare” o deslumbramiento es un aspecto más a evaluar, ya que hay personas que pueden tener más sensibilidad a este fenómeno que también se conoce por ser una disfotopsia, que puede ocurrir de manera secundaria a ciertas patologías muy frecuentes como el ojo seco<sup>19-21</sup>,

donde según el último reporte epidemiológico argentino 4 de cada 10 personas puede padecerlo<sup>19</sup>. El glare también puede ocurrir en otra patología frecuente y silente como el glaucoma<sup>22</sup> y también puede presentarse en el postoperatorio de pacientes operados de cirugía implanto-refractiva<sup>23-25</sup>; por lo tanto, se trata de una situación a la que podrían estar expuestos con frecuencia los operarios ferroviarios y principalmente en un ambiente cerrado con ventilación artificial en un entorno que posiblemente sea desfavorable para la superficie ocular, mucho más para mayores de 50 años<sup>19</sup>.

### Trabajo 10

El trabajo de Verstappen y colaboradores se publicó en 2022 y, si bien no se relaciona directamente con las evaluaciones visuales de los operadores ferroviarios, se ha incluido como información complementaria, ya que desarrolla una interesante exploración del entorno visual que tiene el conductor dentro de la cabina de comando y cómo este entorno y la información visual principal interactúa con la información visual externa<sup>26</sup>. En este estudio se ha evaluado el sistema DAS (Driver Advisory System), desarrollado por los ferrocarriles de los Países Bajos, que proporciona al conductor información visual contextual de la ruta y recomendaciones de rodaje y tránsito en un panel de control dispuesto dentro de la cabina.

Este estudio evaluó la forma como influye el sistema DAS y su contenido en la carga mental, la atención visual y la seguridad mediante simuladores, con seguimiento ocular y escalas subjetivas de distracción, considerando la atención visual del operario hacia el *display* (visión hacia el interior de la cabina) y hacia las vías y los alrededores (visión hacia el exterior). Los resultados indican que el sistema DAS puede mejorar el rendimiento visual y esto repercute en seguridad y además puede reducir la carga de fatiga mental. Este trabajo fue considerado en este estudio sólo a modo de expresar la relevancia que tiene todo el diseño de la cabina en la cual está el conductor y las condiciones visuales que ésta posea, incluyendo la información esencial que repercute en mejorar su rendimiento psicofísico.

### Trabajo 11

Otro artículo interesante es el que fue publicado en 2024 por Dong y colaboradores<sup>27</sup>. Estos autores consideraron la importancia de analizar entornos críticos para la seguridad, como sucede con la conducción de trenes de alta velocidad y la pérdida de conciencia situacional (SA, por sus siglas en inglés), ya que es una causa frecuente de errores humanos y accidentes. Este estudio desarrolló un modelo específico para medir la SA en conductores de trenes de alta velocidad, utilizando señales fisiológicas como un electroencefalograma (EEG), visión y movimientos oculares. Realizaron un estudio experimental donde participaron 19 conductores. Los resultados mostraron que las variaciones en SA se relacionan significativamente con patrones fisiológicos medibles. La implicancia de este estudio se orienta a incluir el uso de señales fisiológicas multimodales de los operarios ferroviarios, que pueden ser medidas en tiempo real, algo que puede ofrecer una base teórica de información de gran utilidad para mejorar el monitoreo continuo del estado cognitivo del conductor y por ende incrementar la seguridad operativa ferroviaria.

### Trabajo 12

Por último, Hovis y colaboradores publicaron en 2011 un curioso trabajo también relacionado indirectamente con la visión de los operarios ferroviarios<sup>28</sup>. En este estudio, una empresa ferroviaria canadiense adquirió gafas de sol de seguridad que supuestamente tenían un tinte gris neutro y cumplían con las normativas de transmisión de luz para señales de tránsito. Sin embargo, los empleados informaron que las señales amarillas se veían rojas al usarlas. El análisis reveló que las lentes tenían un tinte marrón verdoso y alteraban la percepción del color de las señales ferroviarias desplazando el color amarillo hacia el rojo. Aunque cumplían con las normas norteamericanas y europeas para señales viales no eran adecuadas para el entorno ferroviario. Por lo tanto, como concepto principal, este trabajo sugiere tener precaución y realizar una exhaustiva evaluación de cualquier tiempo de protección protésica o implemento visual a ser utilizado por operarios ferroviarios.

### Requerimientos actuales en la Argentina

Al analizar lo que solicita la Comisión Nacional de Regulación del Transporte (CNRT) en la Argentina encontramos que en teoría está bien especificado mediante un marco regulatorio concreto. El control psicofísico está regulado por la Resolución N° 256/2014 de la Agencia Nacional de Seguridad Operacional Ferroviaria (ANSF), junto con normativas complementarias de la CNRT y el Ministerio de Transporte. La evaluación visual se debe realizar de forma obligatoria, donde es un requisito para el ingreso y luego de forma anual, aunque se deja abierta la solicitud de evaluaciones extraordinarias en caso de incidentes o informes clínicos que lo ameriten. A continuación se describen los aspectos generales que se incluyen en la evaluación y la descripción pormenorizada se observa en las figuras 2 y 3.

- Agudeza visual: igual o superior a 7/10 en el mejor ojo y al menos 5/10 en el otro, con corrección si fuese necesario.
- Campo visual: mínimo de 120 grados en sentido horizontal.
- Visión cromática: pruebas como Ishihara o Farnsworth D-15 para garantizar la identificación de señales luminosas.
- Adaptación a la oscuridad y visión nocturna: pueden requerirse pruebas complementarias.
- Patologías oculares: detección de afecciones como glaucoma, retinopatías, cataratas, entre otras.

Como se observa en las figuras 2 y 3 tomadas de la regulación actual (CNRT, acta 4/2017), para poder evaluar los 33 ítems enumerados será necesario un control médico ocular completo. En el punto 1, cuando se estimulan los contenidos del examen psicofísico anual y de los aspirantes en relación con la visión, se expresa la necesidad de hacer constar la agudeza visual, el campo visual (no se especifican más detalles) y la visión de colores (se especifica Farnsworth, pero no se aclara si la variante de 15 o la versión completa de 100 piezas). En el punto 4 de esa acta se estipulan los criterios de aptitud médica y psicológica. Las referencias significan lo siguiente:

CODIGO	C-CRITERIOS DE APTITUD SENSORIAL	E	NA	NAD
<b>VISION</b>				
SO01	Lesiones del II par		NA	
SO02	Ptosis palpebral		NA	
SO03	Tics, blefaroespasma	E		
SO04	Nistagmus		NA	
SO05	Enoftalmia	E		
SO06	Exoftalmia con oclusión perfecta de párpados	E		
SO07	Exoftalmia sin oclusión de párpados		NA	
SO08	Triquiásis		NA	
SO09	Entropión		NA	
SO10	Ectropión		NA	
SO11	Blefarochalasi3n	E		
SO12	Epifora	E		
SO13	Conjuntivitis en evoluci3n	E		
SO14	Queratoconjuntivitis "sicca"	E		
SO15	Pterigion invasor en zona pupilar		NA	
SO16	Microc3rnea y megaloc3rnea	E		
SO17	Estafiloma	E		
SO18	Distrofia de c3rnea, leucoma	E		
SO19	Degeneraci3n de c3rneas	E		
SO20	Catarata (evaluar en funci3n de exigencias visuales acorde a los requerimientos de la presente normativa)	E		
SO21	Luxaci3n y subluxaci3n de cristalino		NA	
SO22	Afaquia uni o bilateral		NA	
SO23	Iridociclitis, hasta su curaci3n.		NA	
SO24	Coroiditis, hasta su curaci3n		NA	
SO25	Alteraciones del fondo de ojo	E		
SO26	Glaucoma	E		
SO27	Estafilomas de escler3tica	E		
SO28	Alteraciones del Campo Visual	E		

Figura 2. Criterios a evaluar en la visi3n y ojos de operarios ferroviarios en Argentina, parte A.

**EXAMENES DE EFICIENCIA VISUAL\***  
 Los interesados deber3n tener visi3n binocular conservada. Se autoriza el uso de lentes de contacto y /o anteojos para corregir la Agudeza Visual, siempre y cuando hayan aprobado el examen con los mismos, debiendo llevar en su poder un par de reserva.  
**\*ACTA 01/2009**

SO29	Agudeza visual ambos ojos menor de catorce (14) d3cima, d/c		NA	
SO30	Anisometropia	E		

\*2017 - AÑO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

**CNRT | CONTROL DEL TRANSPORTE**

SO31	Discromatopsias: protanopes y deuteranopes		NA	
SO32	Discromatopsias para gamas	E		
SO33	Estrabismo		NA	

Figura 3. Criterios a evaluar en la visi3n y ojos de operarios ferroviarios en Argentina, parte B.

E = EVALUAR: conduce mientras se realiza la evaluación correspondiente.

NA = NO APTO: no conduce. Se deberán realizar los estudios correspondientes que definirán su aptitud o no para la conducción.

NAD = NO APTO DEFINITIVO: no puede desempeñarse en la conducción en forma permanente. Se deberán respetar las condiciones comprendidas en el convenio colectivo de trabajo.

### **Requerimientos actuales en algunas regiones del mundo**

#### **Unión Europea**

La Agencia Ferroviaria de la Unión Europea (ERA) establece estándares armonizados en los Estados miembro donde se exige una agudeza visual mínima equivalente a la normativa argentina, con énfasis en visión cromática adecuada. Se establecen controles periódicos cada 3 años hasta los 55, luego cada 1-2 años.

#### **Estados Unidos**

Aquí es la Federal Railroad Administration (FRA) quien exige una agudeza visual mínima de 20/40 (con corrección) en cada ojo, con evaluación funcional del campo visual y una visión cromática suficiente, con posibilidad de ayudas ópticas bajo aprobación.

#### **Japón**

El Ministerio de Tierra, Infraestructura y Transporte aplica criterios más estrictos, donde la agudeza visual mínima es de 1,0 (20/20) con corrección en cada ojo y se incluye una evaluación obligatoria del campo visual y percepción de profundidad (estereopsis). También se realizan pruebas de reacción visual integradas con evaluación psicológica.

### **Discusión**

Resulta muy interesante destacar que en la actualidad la visión de los conductores de trenes es una de las evaluaciones más relevantes que se deben realizar, pero aparentemente no hemos

encontrado grandes cambios sobre qué es lo que se evalúa. A su vez, ha sido llamativamente complejo encontrar publicaciones con un alto nivel de evidencia y directamente no hay trabajos que hayan sido desarrollados en el formato de consenso de expertos o guías prácticas. Por otro lado, no hay un criterio unificado a nivel global respecto de cuáles son los requerimientos mínimos relacionados con las funciones visuales que debe tener un conductor de tren a nivel internacional. Esto en parte puede justificarse por diferencias regionales.

El conductor de trenes debe interpretar con precisión señales de colores (rojo, amarillo, verde) que regulan el tráfico ferroviario. Una alteración en la percepción cromática —especialmente en el eje rojo-verde— puede comprometer gravemente la capacidad para diferenciar señales vitales, aumentando el riesgo de errores operativos que deriven en un accidente<sup>11</sup>. Asimismo, la agudeza visual, el campo visual y la sensibilidad al contraste son esenciales para mantener un nivel adecuado de atención y respuesta ante cambios en el entorno, sobre todo en condiciones adversas de iluminación o clima. Los errores visuales, tales como la identificación incorrecta de una señal o la omisión de un aviso luminoso, pueden tener consecuencias críticas en la seguridad ferroviaria.

Por lo mencionado anteriormente y por lo encontrado en las publicaciones del período incluido en este estudio que abarca los últimos 25 años, es interesante destacar el valor que sigue teniendo la visión de colores en el contexto de la aptitud psicofísica de un operario ferroviario. Pero la relevancia de la evaluación de los colores no es nueva. En 1904, la prueba del Dr. Williams fue adoptada por la Conferencia Interestatal de Comisarios de Ferrocarriles como prueba del sentido del color<sup>29</sup>. Más recientemente, el test de Farnsworth (FL) es una de las pruebas más conocidas que fue diseñada en la década de 1940 por el Comandante Dean Farnsworth de la División de Submarinos de la Marina de los Estados Unidos con el fin de identificar a aquellos con deficiencias leves en la visión de los colores que se consideran para diferentes ocupaciones laborales<sup>30</sup>.

El accidente ferroviario de Waterfall, ocurrido en enero de 2003, dio lugar a la publicación de la norma “National Standard for Health Assessment of Rail Safety Workers” y a un cambio a escala nacional resaltando la importancia de la evaluación médica y la certificación de los trabajadores ferroviarios<sup>31</sup>. El acontecimiento crítico que provocó el accidente fue la repentina incapacitación del maquinista tras sufrir una parada cardíaca<sup>31</sup>. Por lo tanto, se introdujo la puntuación de riesgo cardíaco para ayudar en la evaluación y gestión de los trabajadores con factores de riesgo de cardiopatía isquémica; también actualizó el enfoque de otras afecciones médicas, incluida la de la visión y en particular la percepción del color.

Pero la relevancia de los ojos y la visión en los operarios ferroviarios también puede valorarse al considerar que su afectación es una importante causa de ausentismo<sup>32</sup> y también como un motivo que determina la jubilación anticipada por discapacidad en personas que tienen alteraciones visuales secundarias al desgaste normal de la edad o en aquellas que padecen enfermedades generales con repercusión ocular, además de las enfermedades que afectan directamente a los ojos como las cataratas, el glaucoma o la degeneración macular<sup>33</sup>.

En relación con los parámetros que se evalúan en la Argentina, entendemos que el examen lo debe realizar un médico oftalmólogo, ya que se trata de aspectos de su incumbencia médico legal. Sin embargo, no está del todo claro o específicamente reglamentado quién debe firmar y ser responsable de realizar esta evaluación. Los 33 ítems que se observan en las figuras 2 y 3, correspondientes a lo solicitado en el acta 04/2017 de la CNRT, pueden detectarse mediante un control oftalmológico completo, que deberá contar con diversos dispositivos médicos: desde equipos para tomar la agudeza visual con condiciones estandarizadas de distancia y luminosidad<sup>34</sup>, una lámpara de hendidura para la observación del segmento anterior<sup>35</sup>, hasta un tonómetro u otro dispositivo equivalente que permita evaluar la presión intraocular para la detección de hipertensión ocular (principal factor de riesgo del glaucoma)<sup>36-37</sup>. También

se deberá dilatar la pupila y realizar una correcta evaluación del fondo del ojo, tanto del polo central como de la periferia (donde, por ejemplo, se podrá evaluar la presencia de signos silenciosos de retinopatía diabética)<sup>38</sup>.

Pero en la actualidad sería muy importante contar tanto para el diagnóstico como para el seguimiento de nuevas herramientas como lo son los tomógrafos de coherencia óptica de alta resolución, donde se podrán objetivar las características de las capas de la retina con énfasis en la mácula y en el nervio óptico<sup>39-41</sup>. También es interesante plantear los desafíos que se aproximan con los controles continuos que se podrán realizar a los pacientes con nuevas tecnologías y los sistemas de monitoreo que podrán implementarse en la propia cabina del tren, donde se evalúen las características de los ojos en relación con otras variables para detectar, por ejemplo, la fatiga y disminuir así posibles situaciones de riesgo. Todos estos avances a su vez generan nuevos paradigmas en aspectos bioéticos sobre los derechos del trabajador, pero que finalmente apuntan a promover mayor seguridad para los pasajeros y para él mismo, quien se podría beneficiar de diagnósticos tempranos que permitan también implementar una terapéutica oportuna.

Otro aspecto que no hemos encontrado expresamente detallado es lo referido a si existe algún tipo de restricción al tiempo de reposo o descanso laboral que debería tener un operario ferroviario que se exponga a una cirugía ocular. Asimismo, otro tema crucial por su frecuencia es el tipo de lente intraocular que se implanta en operarios ferroviarios y conocer si hay alguna restricción particular, como sí existe por ejemplo en la aviación, donde algunas lentes intraoculares como las multifocales pueden no estar recomendadas por la producción de halos, deslumbramientos y disminución en la visión de contrastes<sup>42</sup>.

Así como existen evidencias sobre la importancia que ha tenido la visión de colores en las pruebas de aptitud física de los operarios ferroviarios, llama la atención de que no se encuentren estudios publicados sobre otras aptitudes visuales importantes en la conducción de un tren o para el personal ferroviario en general. Por ejemplo, ni en la reglamentación argentina ni tampoco en la extran-

jera se especifica cómo evaluar el campo visual. En la actualidad se utilizan equipos que lo hacen de manera computarizada, pudiendo hacerlo de forma monocular o binocular con una especie de cascos de realidad virtual<sup>43-45</sup>. La estandarización de las pruebas a desarrollar para valorar el campo visual de los operarios ferroviarios es un aspecto a evaluar en el futuro, sobre todo considerando que hay patologías como el glaucoma, donde hasta ciertos estadios se conserva la agudeza visual y la visión de colores pero se afecta la visión periférica, algo sumamente riesgoso para un conductor de trenes. Otro elemento que también llama la atención es que en ningún artículo hemos encontrado información sobre visión de contrastes o la evaluación de estereopsis en operarios ferroviarios, algo que sí se evalúa en estudios laborales de otras profesiones como la aviación<sup>46</sup>.

Para finalizar, es interesante destacar que se acercan tendencias emergentes y nuevos desafíos relacionados con el uso creciente de tecnologías como la realidad virtual y los simuladores para evaluar visión funcional. Hay también aspectos controvertidos, como la consideración de la visión monocular bajo criterios funcionales en algunos países o la adaptación de controles más específicos a una población laboral en envejecimiento. En un mundo que cada vez tiene más pantallas digitales resulta interesante agregar el concepto de la necesidad de evaluar la fatiga visual en condiciones de trabajo prolongadas o turnos nocturnos, todo esto asociado a la calidad de vida de los trabajadores ferroviarios<sup>43</sup>. Estamos en una etapa de cambios, donde el transporte ferroviario sigue evolucionando y por ende también sus trabajadores. La medicina laboral de este sector deberá ser dinámica para revisar con frecuencias cada vez más cercanas los aspectos destinados al cuidado de la salud de los trabajadores.

## Conclusión

Al revisar las evidencias publicadas en relación a los controles visuales que son necesarios para los operarios ferroviarios se destaca la relevancia de la utilización de test específicos para esta profesión —en particular para la visión de colores—

que deberá a su vez realizarse a una distancia estandarizada, que sea homóloga al modo que tienen otras regiones del mundo.

Se encontró que no hay mayores cambios en los últimos años; sin embargo, considerando la nueva era de vehículos autónomos y los cambios que se están produciendo en materia de diseño de ciudades, iluminación exterior y de las cabinas, junto con los avances existentes en los medios de diagnóstico y tratamiento de patologías visuales, posiblemente sea necesario revisar y actualizar en forma mucho más frecuente los requisitos mínimos para los futuros operarios ferroviarios. Estos deberán adaptarse a las características de cada región, pero manteniendo un criterio universal.

## Referencias

1. Land MF. Vision, eye movements, and natural behavior. *Vis Neurosci* 2009; 26(1): 51-62. doi:10.1017/S0952523808080899.
2. Purves D. Understanding visual perception. *J Cogn Neurosci* 2025; 37(4): 791-801. doi:10.1162/jocn\_a\_02292.
3. Taylor SJ. The vision of railway officials. *Br Med J* 1898; 1(1943): 815-816. doi:10.1136/bmj.1.1943.815-a.
4. Casolin A, Katalinic PL, Yuen GS, Dain SJ. The RailCorp Lantern test. *Occup Med (Lond)* 2011; 61(3): 171-177. doi:10.1093/occmed/kqr009.
5. Dain SJ, Casolin A, Long J, Hilmi MR. Color vision and the railways: part 1. The railway LED lantern test. *Optom Vis Sci* 2015; 92(2): 138-146. doi:10.1097/OPX.0000000000000460.
6. Skrickij V, Šabanovič E, Shi D, Ricci S, Rizzetto L, Bureika G. Visual measurement system for wheel-rail lateral position evaluation. *Sensors (Basel)* 2021; 21(4): 1297. doi:10.3390/s21041297.
7. Aine E. Minimum visual requirements in different occupations in Finland. *Acta Ophthalmol Suppl* 1984; 161: 104-110. doi:10.1111/j.1755-3768.1984.tb06790.x.
8. Iao WC, Zhang W, Wang X, Wu Y, Lin D, Lin H. Deep learning algorithms for screening and

diagnosis of systemic diseases based on ophthalmic manifestations: a systematic review. *Diagnostics (Basel)* 2023; 13(5): 900. doi:10.3390/diagnostics13050900.

9. Li H, Cao J, Grzybowski A, Jin K, Lou L, Ye J. Diagnosing systemic disorders with AI algorithms based on ocular images. *Healthcare (Basel)* 2023; 11(12): 1739. doi:10.3390/healthcare11121739.

10. Haddaway NR, Page MJ, Pritchard CC, McGuinness LA. *PRISMA2020*: an R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis. *Campbell Syst Rev* 2022; 18(2): e1230. doi:10.1002/cl2.1230.

11. Hovis JK, Oliphant D. A lantern color vision test for the rail industry. *Am J Ind Med* 2000; 38(6): 681-696. doi:10.1002/1097-0274(200012)38:6<681::aid-ajim8>3.0.co;2-4.

12. Hovis JK, Ramaswamy S. The effect of test distance on the CN lantern results. *Vis Neurosci* 2006; 23(3-4): 675-679. doi:10.1017/S0952523806233212.

13. Casolin A, Katalinic PL, Yuen GS, Dain SJ. The RailCorp Lantern test. *Occup Med (Lond)* 2011; 61(3): 171-177. doi:10.1093/occmed/kqr009.

14. Dain SJ, Casolin A, Long J. Color vision and the railways: part 2. Comparison of the CN Lantern used on the Canadian Railways and Railway LED lantern tests. *Optom Vis Sci* 2015; 92(2): 147-151. doi:10.1097/OPX.0000000000000461.

15. Dain SJ, Casolin A, Long J. Color vision and the railways: part 3. Comparison of FaLant, OPTEC 900, and Railway LED Lantern tests. *Optom Vis Sci* 2015; 92(2): 152-156. doi:10.1097/OPX.0000000000000462.

16. Almustanyir A, Hovis JK. The CN Lantern test and different viewing distances. *Optom Vis Sci* 2020; 97(5): 340-345. doi:10.1097/OPX.0000000000001509.

17. Almustanyir A, Hovis JK. Predicting the CN Lantern test for railways with clinical color-vision tests. *Optom Vis Sci* 2020; 97(5): 332-339. doi:10.1097/OPX.0000000000001510.

18. Jenkins DP, Baker LM, Harvey C. A practical approach to glare assessment for train cabs.

*Appl Ergon* 2015;47:170-180. doi:10.1016/j.apergo.2014.09.010.

19. Marini MC, Liviero B, Torres RM *et al.* Epidemiology of dry eye disease in Argentina. *Discov Public Health* 2024; 21: art. 59. doi:10.1186/s12982-024-00185-y.

20. Puell MC, Benítez-del-Castillo JM, Martínez-de-la-Casa J *et al.* Contrast sensitivity and disability glare in patients with dry eye. *Acta Ophthalmol Scand* 2006; 84(4): 527-531. doi:10.1111/j.1600-0420.2006.00671.x.

21. Wolffsohn JS, Lingham G, Downie LE *et al.* TFOS Lifestyle: Impact of the digital environment on the ocular surface. *Ocul Surf* 2023; 28: 213-252. doi:10.1016/j.jtos.2023.04.004.

22. Hamedani M, Dullely B, Murdoch I. Glaucoma and glare. *Eye (Lond)* 2021; 35(6): 1741-1747. doi:10.1038/s41433-020-01164-8.

23. van Bree MC, van Verre HP, Devreese MT, Larminier F, van den Berg TJ. Straylight values after refractive surgery: screening for ocular fitness in demanding professions. *Ophthalmology* 2011; 118(5): 945-953. doi:10.1016/j.ophtha.2010.09.014.

24. Cho JY, Won YK, Park J *et al.* Visual outcomes and optical quality of accommodative, multifocal, extended depth-of-focus, and monofocal intraocular lenses in presbyopia-correcting cataract surgery: a systematic review and Bayesian network meta-analysis. *JAMA Ophthalmol* 2022; 140(11): 1045-1053. doi:10.1001/jamaophthalmol.2022.3667.

25. Li BW, Huang H, Huang MS *et al.* Changes in visual performance after implantation of different intraocular lenses. *Int J Ophthalmol* 2024; 17(7): 1273-1282. doi:10.18240/ijo.2024.07.12

26. Verstappen VJ, Pikaar EN, Zon RG. Assessing the impact of driver advisory systems on train driver workload, attention allocation and safety performance. *Appl Ergon* 2022; 100: 103645. doi:10.1016/j.apergo.2021.103645.

27. Dong W, Fang W, Qiu H, Bao H. Impact of situation awareness variations on multimodal physiological responses in high-speed train driving. *Brain Sci* 2024; 14(11): 1156. doi:10.3390/brainsci14111156.

28. Hovis JK. When yellow lights look red: tinted sunglasses on the railroads. *Optom Vis*

- Sci 2011; 88(2): 327-333. doi:10.1097/OPX.0b013e31820847f1.
29. Kaur K, Gurnani B. Revisiting color vision standards and testing methods in various occupational groups. *Indian J Ophthalmol* 2022; 70(1): 329-331. doi:10.4103/ijo.IJO\_1222\_21.
30. Fanlo Zarazaga A, Gutiérrez Vásquez J, Puyo Royo V. Revisión de los principales test clínicos para evaluar la visión del color. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2019; 94(1): 25-32. doi:10.1016/j.oftal.2018.08.006.
31. Hocking B. The Inquiry into the Waterfall train crash: implications for medical examinations of safety-critical workers. *Med J Aust* 2006; 184(3): 126-128. doi:10.5694/j.1326-5377.2006.tb00151.x.
32. Awaad AE, El-Bestar S, El-Gilany AH, Al-Wehedy A, El-Hadidy SS. Presenteeism and associated factors among railway train drivers. *F1000Res* 2022; 11: 470. doi:10.12688/f1000research.111999.2.
33. Nylén P, Favero F, Glimne S, Teär Fahnehjelm K, Eklund J. Vision, light and aging: a literature overview on older-age workers. *Work* 2014; 47(3): 399-412. doi:10.3233/WOR-141832.
34. Patel H, Congdon N, Strauss G, Lansingh C. A need for standardization in visual acuity measurement. *Arq Bras Oftalmol* 2017; 80(5): 332-337. doi:10.5935/0004-2749.20170082.
35. Clover J. Slit-lamp biomicroscopy. *Cornea* 2018; 37 Suppl 1: S5-S6. doi:10.1097/ICO.0000000000001641.
36. Angmo D, Ramesh P, Mahalingam K *et al*. Comparative evaluation of rebound and perkins tonometers in pediatric glaucoma with varied corneal characteristics. *J Glaucoma* 2021; 30(4): 312-316. doi:10.1097/IJG.0000000000001765.
37. Stein JD, Khawaja AP, Weizer JS. Glaucoma in adults-screening, diagnosis, and management: a review. *JAMA* 2021; 325(2): 164-174. doi:10.1001/jama.2020.21899.
38. Emmert R, Thompson M, Smith D *et al*. Prevalence of diabetic retinopathy and dilated fundus examinations by metropolitan status from 2017-2021: an assessment of the behavioral risk factor surveillance system. *Ophthalmic Epidemiol*. Published online December 18, 2024. doi:10.1080/09286586.2024.2434247.
39. Sanborn GE, Wroblewski JJ. Evaluation of a combination digital retinal camera with spectral-domain optical coherence tomography (SD-OCT) that might be used for the screening of diabetic retinopathy with telemedicine: a pilot study. *J Diabetes Complications* 2018; 32(11): 1046-1050. doi:10.1016/j.jdiacomp.2018.08.010.
40. Oliveira S, Guimarães P, Campos EJ *et al*. Retinal OCT-derived texture features as potential biomarkers for early diagnosis and progression of diabetic retinopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2025; 66(1): 7. doi:10.1167/iovs.66.1.7.
41. Ramachandran R, Joiner DB, Patel V *et al*. Comparison between the recommendations of glaucoma specialists and OCT report specialists for further ophthalmic evaluation in a community-based screening study. *Ophthalmol Glaucoma* 2022; 5(6): 602-613. doi:10.1016/j.ogla.2022.06.001.
42. Mendes J, Ribeiro FJ. Cataract surgery and intraocular lens implantation in aviation pilots. *J Cataract Refract Surg* Published online December 10, 2024. doi:10.1097/j.jcrs.0000000000001594.
43. McKendrick AM, Turpin A. Understanding and identifying visual field progression. *Clin Exp Optom* 2024; 107(2): 122-129. doi:10.1080/08164622.2024.2316002.
44. Kang J, De Arrigunaga S, Freeman SE *et al*. Comparison of perimetric outcomes from a tablet perimeter, smart visual function analyzer, and Humphrey Field Analyzer. *Ophthalmol Glaucoma* 2023; 6(5): 509-520. doi:10.1016/j.ogla.2023.03.001.
45. Phu J, Wang H, Kalloniatis M. Comparing a head-mounted virtual reality perimeter and the Humphrey Field Analyzer for visual field testing in healthy and glaucoma patients. *Ophthalmic Physiol Opt* 2024; 44(1): 83-95. doi:10.1111/opo.13229.
46. Liu F, Zhao J, Han T *et al*. Screening for stereopsis using an eye-tracking glasses-free display in adults: a pilot study. *Front Med (Lausanne)* 2022; 8: 814908. doi:10.3389/fmed.2021.814908.
47. Posselt BN, Winterbottom M. Are new vision standards and tests needed for military aircrew using 3D stereo helmet-mounted dis-

plays? *BMJ Mil Health* 2021; 167(6): 442-445. doi:10.1136/bmjilitary-2020-001493.

48. Sterkin A, Levy Y, Pokroy R *et al.* Vision improvement in pilots with presbyopia following perceptual learning. *Vision Res* 2018; 152: 61-73. doi:10.1016/j.visres.2017.09.003.

49. Zhang X, Chen G, Xu F, Zhou K, Zhuang G. Health-related quality of life and associated factors of frontline railway workers: a cross-sectional survey in the Ankang area, Shaanxi province, China. *Int J Environ Res Public Health* 2016; 13(12): 1192. doi:10.3390/ijerph13121192.