

SEGURIDAD EN PASOS A NIVEL Y FACTOR HUMANO: LA EXPERIENCIA DEL PROYECTO EUROPEO SAFER- LC.

Jose Manuel Liberal Liberal

Jefe de Apoyo Proyectos Didácticos y Sensibilización; Fundación de los Ferrocarriles
Españoles, España

Laura Lorenzo Carrascosa

Jefa de Sociología del Transporte; Fundación de los Ferrocarriles Españoles, España

RESUMEN

Los accidentes en pasos a nivel constituyen un significativo problema de intersección ferrocarril –carretera, pero también conlleva unas consecuencias relevantes sociales a nivel personal, social, de salud pública y de impacto social. Adicionalmente, estos sucesos tienen importantes repercusiones para la operación ferroviaria y por carretera debido a los elevados costes económicos, de tiempo y sanitarios.

Entre 2010 y 2019 fallecieron 2.736 personas en los pasos a nivel localizados en la UE-27. En España, en este período se registraron 74 decesos en los pasos a nivel, a lo que se suman 32 personas que sufrieron heridas graves y 125 con heridas leves.

Los pasos a nivel representan, por tanto, un punto de seguridad crítico en el transporte ferroviario y por carretera que requiere un continuo análisis. Teniendo en cuenta que, el factor humano es la causa del 90% de los accidentes de tráfico, resulta fundamental identificar los errores humanos y los requisitos de los usuarios, para mejorar la seguridad en las infraestructuras de los pasos a nivel.

El artículo aborda el tema del Factor Humano en los Pasos a Nivel con el objetivo de contribuir a la reducción de la siniestralidad. Este estudio se basa en la experiencia adquirida en el proyecto europeo SAFER-LC: Pasos a nivel más seguros mediante la integración y optimización de la gestión y el diseño de infraestructura vial y ferroviaria, (2017-2020), y que se enmarca en la línea de investigación sobre seguridad ferroviaria desarrollada por los grupos de investigación de la FFE.

Los resultados de este análisis permitirán incorporar elementos del comportamiento humano en las soluciones tecnológicas y no tecnológicas de los diseños de pasos a nivel. También tienen como objetivo impulsar la cooperación entre las diferentes partes interesadas de los diferentes modos de transporte implicados en los pasos a nivel.

1. INTRODUCCIÓN

En el año 2014 había 114.580 pasos a nivel en la Unión Europea (UE-28). Sin embargo, se pueden encontrar muchas diferencias entre países en cuanto al número de pasos a nivel. Por ejemplo, Francia, Alemania y Polonia tenían el mayor número de pasos a nivel de Europa (más de 9.000) e Irlanda, Portugal, Eslovenia, Bulgaria, Letonia, Estonia y Luxemburgo el menor número (menos de 1.000) (ERA, 2016) (Figura 1).

En promedio, había 5 pasos a nivel por cada 10 kilómetros de línea en la UE, pero esta proporción variaba considerablemente entre países. Por ejemplo, Suecia, Austria, la República Checa y Hungría tenían la mayor densidad de pasos a nivel en términos de pasos a nivel por línea-kilómetro (más de 75 por cada 100 kilómetros) y, Bulgaria y España la densidad más baja (menos de 25 por cada 100 kilómetros de línea) (ERA, 2016).

Hay que tener en cuenta que, los pasos a nivel son una parte fundamental de la infraestructura ferroviaria. Por ello, a nivel general, las estrategias se han centrado en introducir mejoras técnicas en las infraestructuras y eliminar los pasos a nivel, pero también se han combinado estas medidas con otras que reducen los riesgos para los usuarios (por ejemplo, medidas educativas y de sensibilización).

En Europa, el número de víctimas mortales en accidentes ferroviarios ha disminuido, salvo las relacionados con los accidentes en pasos a nivel. En los últimos años, de media, en Europa todos los días ha muerto una persona y casi una ha resultado gravemente herida (ERA, 2016). En 2014, Alemania y Polonia eran los países de la EU-28 con más muertes de usuarios en los pasos a nivel (41 y 38, respectivamente). Del total de países estudiados, España ocupaba el décimo puesto en mortalidad en pasos a nivel (8 fallecidos).

El objetivo del proyecto europeo SAFER-LC (SAFER Level Crossing by integrating and optimizing road-rail infrastructure management and design; Proyecto de investigación de la Comisión Europea, Programa Horizonte2020 (2017-2020) coordinado por la UIC y en el que participa la FFE en el Consorcio del proyecto.) era mejorar la seguridad y minimizar el riesgo mediante el desarrollo de un conjunto de soluciones innovadoras, y herramientas para la gestión proactiva y el diseño de la infraestructura de los pasos a nivel.

Las herramientas desarrolladas permiten a los agentes encargados de la toma de decisiones de las infraestructuras de carretera y ferrocarril encontrar formas más eficaces de detectar situaciones potencialmente peligrosas, evitando incidentes en el cruce de nivel mediante un diseño innovador y métodos de mantenimiento predictivo.

El proyecto se centró en las soluciones técnicas (como los servicios de detección inteligente y sistemas de comunicación avanzada infraestructura-vehículos), los procesos humanos para adaptar el diseño de la infraestructura a los usuarios finales, y la cooperación

entre las diferentes partes interesadas de los distintos modos de transporte implicados en los pasos a nivel.

Con el objetivo de demostrar cómo estos avances tecnológicos y no tecnológicos se podían integrar en soluciones, así como validar su viabilidad y evaluar su desempeño se llevaron a cabo una serie de pruebas piloto en diferentes ciudades europeas.

A partir de los resultados obtenidos en SAFER-LC, en esta comunicación se presenta una propuesta de marco descriptivo útil para el diseño de los pasos a nivel y los sistemas de seguridad teniendo en cuenta la perspectiva de los usuarios de carreteras y ferrocarriles, especialmente de los usuarios vulnerables (El informe completo de esta tarea (Tarea 2.1.) se puede encontrar en la extranet del proyecto: <https://safer-lc.eu/>)

La comunicación se estructura en tres partes. Con el objetivo de mejorar la comprensión de los indicadores clave de seguridad relacionados con errores humanos e infracciones en los pasos a nivel, en el primer apartado se presentan un marco teórico relacionado con el análisis de los factores humanos en los sistemas de seguridad de los pasos a nivel. A continuación, se describen las fuentes de datos y metodología usada en el desarrollo de los principales indicadores relativos a los requerimientos de los usuarios, errores humanos e infracciones en pasos a nivel. El tercer apartado presenta los resultados del análisis de las variables identificadas en la literatura y los principales indicadores propuestos. Por último, se incluye un apartado que incluye las principales conclusiones extraídas del análisis realizado.

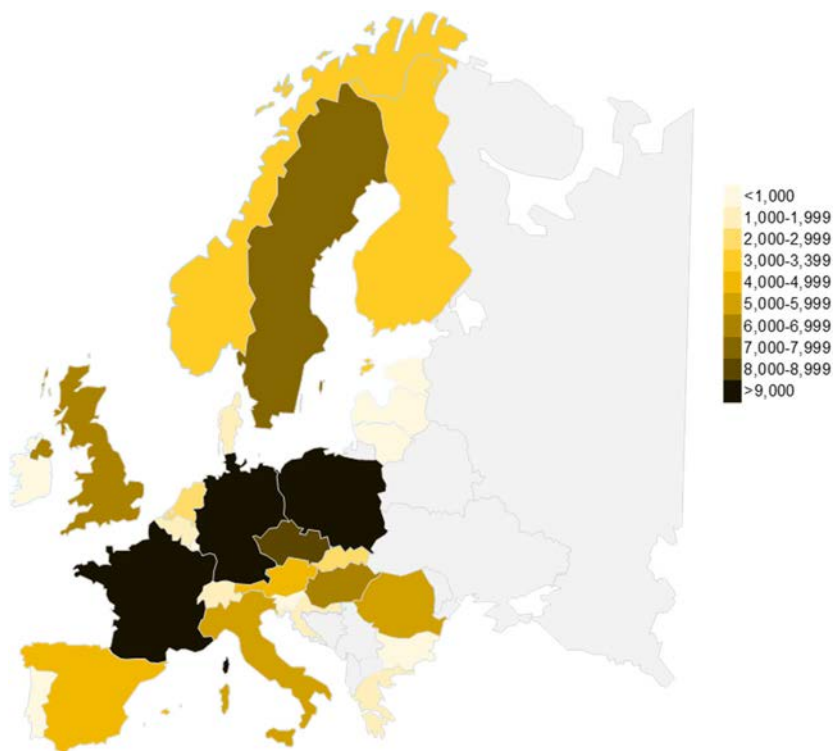


Figura 1. Número total de pasos a nivel en la Unión Europea-28, 2004

2. MARCO TEÓRICO. ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD EN LOS PASOS A NIVEL DESDE EL FACTOR HUMANO

Según la Asociación Internacional de Ergonomía, el factor humano es un enfoque teórico relacionado con la comprensión de las interacciones entre personas y otros elementos de un sistema. Este enfoque aplica teoría, principios, datos y métodos al diseño, con el fin de optimizar la seguridad de las personas y el rendimiento general del sistema. De esta manera, el error humano ya no se considera la causa principal de los accidentes, sino una consecuencia de los fallos lógicos del sistema.

De acuerdo con el enfoque de los “sistemas seguros”, los accidentes en los pasos a nivel son el resultado de la interacción compleja entre los usuarios (por ejemplo, peatones, conductores, etc.), vehículos (por ejemplo, vehículos pesados, trenes de alta velocidad, etc.), la infraestructura en el cruce (por ejemplo, distancias de visibilidad, señalización, etc.) y otras condiciones del entorno (por ejemplo, condiciones meteorológicas). De esta manera, la clave para unos pasos a nivel más seguros surge de la responsabilidad compartida entre los peatones, los usuarios de carretera, las operadoras y los administradores de la infraestructura ferroviaria, y los órganos de gobierno. Las contramedidas adoptadas de acuerdo a este enfoque buscan hacer que las características de los pasos a nivel tengan en cuenta la existencia de errores humanos y minimicen su impacto, y reduzcan los comportamientos inseguros de los usuarios (Searle et al., 2012).

El concepto de infraestructura resiliente y autoexplicativa se ha aplicado con mayor frecuencia al contexto de la seguridad vial en carretera. Desde esta perspectiva, una carretera resiliente sería aquella que está diseñada y construida de tal manera que interfiere o bloquea el desarrollo de errores de conducción y, evita o mitiga las consecuencias negativas de los errores de conducción, permitiendo así que el conductor recupere el control, regrese al carril de circulación o pueda detenerse sin lesiones ni daños. Por otro lado, una carretera que se explica por sí misma estaría diseñada y construida para inducir a una conducción adecuada (ya sea por el diseño de su trazado o mediante la señalización existente), reduciendo así la probabilidad de errores del conductor y mejorando la comodidad de conducción (Bekiaris et al., 2011).

Un número creciente de investigaciones abordan el análisis del factor humano en los pasos a nivel, aunque la mayoría de estos estudios se han centrado más en las colisiones de trenes y vehículos que en los arrollamientos de peatones. A continuación, se presentan algunos temas comunes que aparecen en la literatura en relación con la perspectiva del usuario en los pasos a nivel. Debido al enfoque de este estudio, es importante distinguir primero entre dos categorías amplias de incumplimiento en los pasos a nivel: el error humano y la infracción deliberada de las normas.

La mayoría de los usuarios de pasos a nivel tienen comportamientos de riesgo no intencionados (Searle et al. 2012), siendo estos denominados en la literatura como errores humanos. Ejemplos de estos podrían ser, no percibir el acercamiento del tren, o la mala valoración del riesgo ante la proximidad del tren. Factores cognitivos como la falta de atención, distracción, poco conocimiento, mal juicio, distancia de visión limitada, etc. (Freeman et al., 2013) pueden ser los que lleven a la aparición de este tipo de errores.

Por otro lado, hay usuarios que incumplen voluntariamente las reglas de cruce de los pasos a nivel. Estos hechos se conocen como infracciones deliberadas. En la literatura se citan varios factores que influyen en la tendencia de los usuarios a incumplir las reglas, entre ellos: factores individuales como la edad, el género, la personalidad y las actitudes; factores sociales como normas, cumplimiento y comportamiento de otras personas cercanas; y factores puntuales como el tiempo de espera, el clima, la distracción y el estado de ánimo (Edquist, 2011). Algunas razones más específicas para infringir deliberadamente las reglas de tránsito o de los pasos a nivel incluyen: tener prisa, la conveniencia, la familiaridad, la fatiga o el consumo de alcohol y drogas, entre otros (Freeman et al., 2013).

Según la literatura estudiada, hay menos ejemplos de infracciones deliberadas de pasos a nivel que de errores humanos.

Al analizar los factores humanos en los sistemas de seguridad de pasos a nivel habría que tener en cuenta la tipología (pasivo, activo y peatonal) y el usuario del paso a nivel (usuarios motorizados, no motorizados y vulnerables), ya que estas variables pueden influir en la naturaleza del riesgo y los factores humanos en juego. Por ejemplo, los arrollamientos en pasos a nivel controlados pasivamente que involucran el incumplimiento involuntario del conductor, tienen más probabilidades de estar relacionados con factores humanos que por factores relacionados únicamente con fallos técnicos de los sistemas (Rudin-Brown et al., 2014). Además, ciertos factores humanos pueden ser más prevalentes en un grupo de usuarios de la carretera que en otro (Searle et al., 2012).

Searle et al. (2012) establecieron un conjunto definido de categorías de factores humanos aplicadas a la seguridad de los pasos a nivel (Figura 2):

2.1 Factores humanos relacionados con errores humanos

- Visibilidad de cruces y trenes.

Para cruzar de forma segura un paso a nivel, el usuario debe tener una visibilidad tal que sea capaz de detectar y percibir con éxito la presencia o proximidad de un tren.

Algunos factores que pueden afectar a la visibilidad de los usuarios/conductores son:

- el contraste visual de los objetos con su entorno más amplio;
- las condiciones climáticas;
- las condiciones de luminosidad: la oscuridad en la noche o el resplandor del sol que pueden cegar temporalmente a los usuarios de la vía (Searle et al., 2012);
- el tamaño percibido;
- el color oscuro de los objetos que se acercan desde la distancia pueden también contribuir a una peor detección y reconocimiento por parte de los conductores (Rudin-Brown et al., 2014).

Las líneas de visión limitadas a lo largo de la vía son otro factor de percepción importante que puede afectar la capacidad del usuario de la vía para detectar un tren que se aproxima en un cruce pasivo. La distancia visual debe permitir a los usuarios de la carretera no sólo darse cuenta de la presencia de un tren, sino también aportar la información suficiente para que se detenga de manera segura antes del cruce. Otros estudios destacan factores como la existencia de vegetación o edificios ubicados a lo largo de la vía, la curvatura en la carretera o vía, o el cruce en ángulo agudo de las vías del camino y del ferrocarril, como elementos que pueden afectar la línea de visión y, por tanto, conducir a una mala visibilidad (Searle et al., 2012).

- Distracción y falta de atención.

La atención de un usuario de la vía puede desviarse de un paso a nivel debido a distracciones externas (por ejemplo, semáforos, señales de ceda el paso, tráfico de peatones, tiendas, etc.). Este problema se experimenta con mayor frecuencia en los cruces activos, dado que se encuentran en entornos urbanos en los que existen muchas distracciones visuales y mentalmente complejas (Searle et al., 2012). Cuando se sobrecarga con otros estímulos, la conciencia de la situación del usuario de la vía puede verse comprometida perdiéndose la atención en el paso a nivel. En esta situación, los estímulos como los propios trenes o luces intermitentes pueden ser completamente visibles pero inadvertidos, un fenómeno conocido como "ceguera atencional", o un "miraron, pero no pudieron ver" (Searle et al., 2012).

Los usuarios también pueden presentar distracciones internas como resultado de realizar tareas secundarias a la conducción o la acción de caminar, como el uso de dispositivos multimedia, conversaciones con pasajeros o con otros peatones, atender a los niños o procesos mentales que distraen, como soñar despierto o abstraerse en pensamientos. Rudin-Brown et al. (2014) argumentan que las distracciones no visuales del conductor que surgen como resultado de estímulos cognitivos (pensamientos) pueden tener un impacto negativo en el comportamiento de exploración visual del conductor o usuario. Este factor podría estar presente entre los usuarios de cruces activos y pasivos, y podría aplicarse tanto a usuarios motorizados como no motorizados.

Otro problema potencial de falta de atención que experimentan los conductores en los cruces pasivos está relacionado con la relajación provocada por la falta de atención al entorno más amplio, debido al aislamiento rural de los cruces pasivos y su bajo tráfico de trenes y carreteras, lo que conlleva que el usuario puede equivocarse en la percepción de la distancia de un paso a nivel o del acercamiento del tren (Searle et al., 2012).

El tema de la presencia (y la conciencia) de un segundo tren que aparece poco después de que el primero ha pasado, está recibiendo cada vez más atención dentro de la literatura (Freeman et al., 2013). Los trenes que se aproximan pueden actuar como una distracción que afecta tanto a los peatones como a los usuarios motorizados. Primero, los peatones pueden concentrarse en intentar coger un tren que llega a una estación de ferrocarril y, al hacerlo, no percibir la llegada de un segundo tren que se aproxima. En segundo lugar, los automovilistas pueden centrar su atención de manera similar en un tren que se acerca, y se detiene en una estación adyacente o que acaba de pasar, y suponer que ya es seguro cruzar, cuando en realidad se acerca un segundo tren que no verán.

- Falta de conocimiento.

Otro factor humano que conduce al uso indebido involuntario de los pasos a nivel es la falta de conocimiento sobre las reglas y normas existentes en los pasos pasivos. Esto suele ir acompañado de una falta general de conciencia sobre los riesgos asociados en los entornos ferroviarios, como las largas distancias de parada de los trenes y la incapacidad para detenerse o reducir la velocidad para evitar una colisión o arrollamiento. Este desconocimiento puede extenderse a que los usuarios desconozcan la ilegalidad de sus comportamientos y la existencia de sanciones.

Existe un problema particular con la comprensión de la forma correcta de actuar en los pasos a nivel pasivos. Varios estudios señalan el hecho de que muchos conductores no esperan el paso de trenes en los cruces pasivos. Se sugiere que esto puede deberse al hecho de que los conductores no distinguen entre cruces activos y pasivos y, por lo tanto, esperan ser informados si se acerca un tren.

En este sentido, varios expertos coinciden en la necesidad de abordar la educación dentro de un programa más amplio de gestión de riesgos para aumentar la seguridad en los entornos ferroviarios y, más concretamente, en los pasos a nivel de peatones y vehículos. Esto implica aumentar la conciencia pública sobre los peligros de los cruces y educar a los peatones, conductores de vehículos de carretera y otros usuarios sobre cómo usarlos correctamente (Metaxatos et al., 2015).

- Percepción de riesgo inexacta.

Algunos usuarios desconocen los riesgos reales que implica el uso indebido de un paso a nivel. Según Searle et al. (2012) hay dos factores clave relacionados con la percepción inexacta del riesgo:

- Familiaridad y expectativa. La familiaridad con los pasos a nivel conduce una baja expectativa de encontrar trenes en los cruces. Los conductores que utilizan los pasos a nivel con regularidad, llegan a desarrollar expectativas sobre la frecuencia de los trenes y la probabilidad de encontrar un tren en ellos. Basándose en su experiencia en esos cruces realizan esquemas o modelos mentales para esos pasos. La familiaridad con un paso a nivel o tipo de paso a nivel en particular, junto con una expectativa reforzada de que no haya trenes, lleva a que se active un esquema de "no trenes" en los enfoques de pasos a nivel futuros (Rudin-Brown et al., 2014). El relacionar la familiaridad y la expectativa de que un tren no esté presente hace que los conductores se sientan satisfechos con los malos hábitos a la hora de usar los pasos a nivel (Caird et al., 2002). La percepción de riesgo inexacta por familiaridad y expectativa se daría en los usuarios frecuentes de cruces pasivos debido a los bajos volúmenes diarios de trenes de este tipo de cruces.

- Juicio erróneo de la velocidad y la distancia del tren. Para los usuarios de la carretera es difícil juzgar la velocidad y la distancia de los trenes que se aproximan y, por lo tanto, el tiempo que tardan los trenes en llegar al cruce. Searle et al. (2012) señalan dos problemas de percepción principales que pueden afectar la capacidad para juzgar con precisión la velocidad del tren, lo que los lleva a subestimar la velocidad del tren y a tener demasiada confianza en su capacidad para "ganarle al tren" y poder cruzar el paso a nivel antes de que este llegue: el efecto Leibowitz que describe el fenómeno en el que los objetos más grandes parecen moverse más lento que los objetos más pequeños, viajando ambos a la misma velocidad; y el efecto amenazante, por el que no se percibe el tamaño real del tren hasta que está a una distancia muy próxima. Esta situación puede agudizarse en los cruces rurales y de noche.

2.2. Factores humanos relacionados con las infracciones en los pasos a nivel

- Comportamiento deliberado en la toma de riesgos.

El comportamiento deliberado que conlleva una asunción de los riesgos puede ser debido o bien a la frustración e impaciencia del usuario que tiene que esperar en el paso a nivel el paso de un tren o trenes que se acercan; o bien también por que el usuario tiene una personalidad que busca riesgos. En el primer caso, el usuario puede decidir infringir las reglas de cruce porque considera que los beneficios de reducir el tiempo de espera superan los riesgos percibidos de infringirlas. Las infracciones tienden a aumentar significativamente cuando el tiempo entre la activación de la alerta y la llegada del tren excede los 20-30 segundos. La impaciencia con los retrasos en los pasos a nivel puede

surgir cuando los usuarios de la carretera tienen prisa por llegar a su destino, lo que puede acentuarse en momentos específicos del día, como la hora punta de la mañana. Los usuarios de la carretera también pueden infringir deliberadamente los controles de los cruces si los consideran poco fiables, o si perciben que las consecuencias de sus acciones, en términos de ser sancionados o de que llegue un tren, son poco probables.

Por otro lado, se ha identificado que determinadas personalidades pueden infringir deliberadamente las reglas. En este caso, el desafío del usuario a las reglas de cruce y los controles de seguridad de los pasos a nivel activados puede ser solo un ejemplo de distintos comportamientos de riesgo.

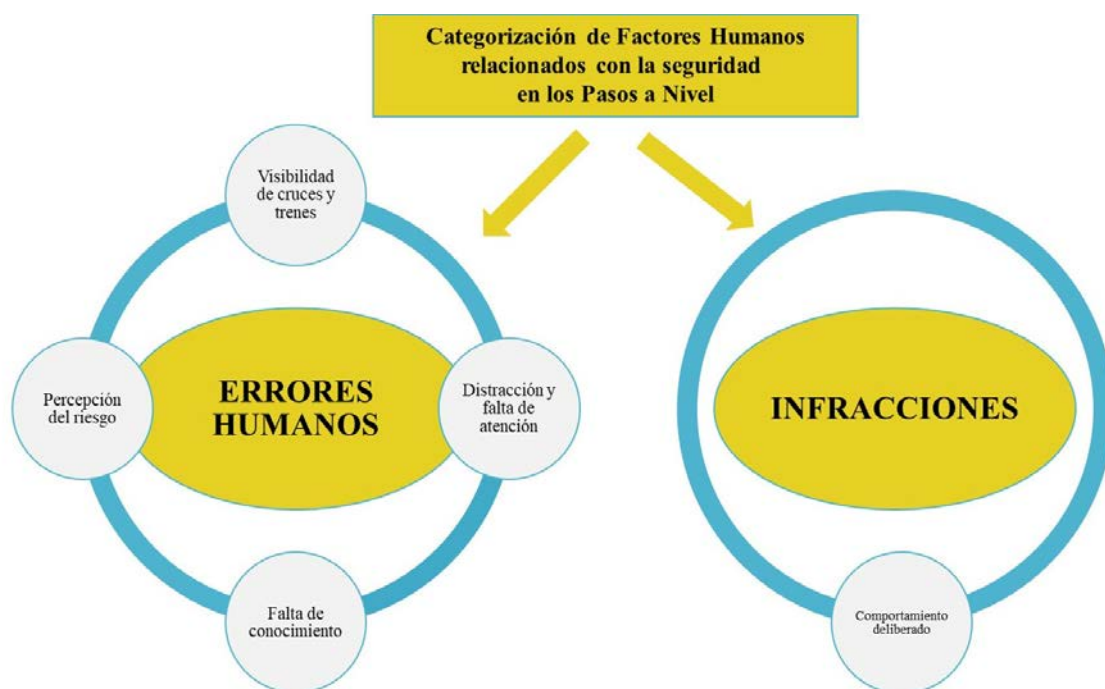


Figura 2. Categorización de Factores Humanos relacionados con la seguridad en los pasos a nivel

3. FUENTES DE DATOS Y METODOLOGÍA

A continuación, se presenta un resumen de la metodología que se utilizó en la Tarea 2.1. (“Estado del arte de la seguridad en los pasos a nivel: identificación de indicadores clave de seguridad relacionados con los errores humanos y las infracciones”) del proyecto SAFER-LC (Figura 3).

Utilizando una metodología que combinaba la revisión de la literatura y la opinión de expertos, se creó una base de datos que identificaba unos indicadores clave de seguridad relacionados con los requisitos de los usuarios y, los errores humanos e infracciones. La creación de la base de datos se realizó en 5 fases:

1. Construcción de una base de datos bibliográfica sobre factores humanos en pasos a nivel y sistemas de seguridad. Los socios de la tarea participaron en la construcción de una base de datos bibliográfica sobre factores humanos en pasos a nivel y sistemas de seguridad. Después de la depuración de la información, la base de datos quedó integrada por 125 documentos: artículos científicos (n = 72); trabajos de investigación (n = 29); otros resultados/informes (n = 22); y otra información (n = 2) (Se puede acceder a la base de datos en la extranet del Proyecto)

2. Revisión de la literatura. Esta fase implicó un análisis de los documentos de la base de datos. Para ello, se desarrolló un formulario de revisión que facilitaba la identificación y el análisis de la información relevante mediante 6 campos de información clave. Con el fin de informar las categorías contenidas en este formulario de revisión, particularmente las relacionadas con el factor humano, se llevó a cabo una revisión preliminar de una muestra de documentos contenidos en la base de datos bibliográfica (Caird et al., 2002; Ngamdung y DaSilva, 2013; Read et al., 2013; Rudin-Brown et al., 2014; Searle et al., 2012). A partir de esta breve revisión, se compiló e incluyó en el formulario una síntesis de las variables relacionadas con el factor humano. El diseño de este formulario se basó en los principios metodológicos del análisis de contenido, una técnica de investigación para hacer inferencias replicables y válidas de los textos (u otra materia significativa) a los contextos de su uso (Bengtsson, 2016).

3. Definición de los indicadores relacionados con los requisitos del usuario. Con el objetivo de definir un conjunto de indicadores relativos a los requisitos del usuario, se diseñó un formulario en el que los socios identificaban las variables sobre factor humano de los documentos de la base de datos. Mediante el programa SPSS se realizó un análisis de frecuencia de las variables identificadas: tipo de paso a nivel, condiciones personales del usuario, tipo de distracción, visibilidad de cruces y trenes, variables relacionadas con el contexto, etc. Las variables más frecuentes (enumeradas en 3 o más documentos) se agruparon en 7 categorías amplias de indicadores de requisitos de los usuarios: condiciones personales; distracción y falta de atención; visibilidad de cruces y trenes; desconocimiento; percepción de riesgo no exacta; conductas de riesgo deliberadas; e información sobre el contexto. Finalmente, se obtuvieron 35 indicadores relacionados con los requisitos de los usuarios. Para explorar posibles asociaciones entre las variables de factor humano de la base de datos y el tipo de paso a nivel y tipo de usuario, se realizó un análisis bivariado de algunas de las variables (prueba de la Chi-cuadrado de Pearson (χ^2) de $p < 0.05$). (Un pequeño número de indicadores se basa en "nuevas" variables. Se refieren a variables que no se habían incluido en el Formulario de revisión, pero que se detectaron en la literatura revisada. Se consideró de interés incluir todas las variables adicionales con el fin de obtener un análisis más completo de los factores humanos)

4. Validación de los indicadores de requisitos del usuario e identificación de otros nuevos. Para validar los indicadores identificados en la fase anterior y capturar otros no referidos, se desarrolló un formulario de clasificación. Con este formulario cada socio clasificaba la relevancia de medir cada uno de los indicadores en términos de seguridad en los pasos a nivel desde una perspectiva del factor humano. A cada indicador se le asignó una clasificación en una escala Likert de 5 puntos (de "extremadamente importante" a "nada importante").

5. Identificación de indicadores clave de seguridad relacionados con errores humanos e infracciones. Los indicadores de requisitos del usuario creados a partir de las variables identificadas en la revisión de la literatura, se clasificaron como errores humanos e infracciones en los sistemas de seguridad de pasos a nivel utilizando el marco de clasificación de errores humanos del German in Depth Accident Study (GIDAS) (Grippenkoven et al., 2012). GIDAS clasifica los errores humanos y las infracciones en categorías de acuerdo con las diferentes etapas del procesamiento de la información humana: acceso a la información; admisión de información; evaluación de información; planificación y operación. GIDAS fue diseñado originalmente para usuarios de automóviles, aunque también se ha aplicado al estudio de accidentes de pasos a nivel.



Figura 3 – Resumen del marco metodológico

4. RESULTADOS

La revisión de la literatura reveló que la mayoría de los estudios y proyectos relacionados con los requisitos de los usuarios y, los errores humanos y las infracciones en los pasos a nivel se centran, por un lado, en los pasos a nivel pasivos y los pasos a nivel activos controlados automáticamente y, por otro lado, en usuarios de automóviles y peatones. Casi todos estos estudios, aunque no estuvieran directamente relacionados con los factores humanos, subrayan la relevancia de estas variables y la necesidad de tenerlas en cuenta para comprender mejor la seguridad en los pasos a nivel.

De acuerdo con los documentos revisados, las variables relacionadas con los factores humanos que aparecían con mayor frecuencia eran:

- La distancia visual y las señales.
- Localización de los pasos a nivel.
- Distracciones externas.
- Percepción de la velocidad y distancia del tren.
- Ángulo de cruce.
- Falta de comprensión de la acción correcta que se requiere.
- Personalidades que buscan riesgos.
- Desconocimiento de la señalización en los pasos a nivel.
- Frustración e impaciencia ante la demora en los pasos a nivel.

También se analizaron las variables vinculadas a las condiciones personales de los usuarios para identificar los grupos de riesgo, según la literatura revisada, en los últimos años las investigaciones se han centrado en el análisis de los comportamientos según género y edad.

Como se explicaba en el apartado de Fuentes de datos y Metodología, las variables más frecuentes se agruparon en 7 categorías amplias de indicadores de requisitos de los usuarios

A continuación, se presenta un breve resumen de los principales hallazgos sobre los indicadores relacionados con los errores humanos y las infracciones de acuerdo a las valoraciones realizadas por los socios de la tarea:

- Indicadores relacionados con las condiciones personales. En términos generales, la edad y la discapacidad se consideraron más relevantes que el género en el estudio de las necesidades de los usuarios en los pasos a nivel. El uso de sustancias adictivas también se consideró relevante.

- Indicadores relacionados con las distracciones y la falta de atención. En general, se consideró que todo el conjunto de indicadores relacionados con la distracción y la falta de atención eran relevantes.
- Indicadores relacionados con la visibilidad de los cruces y los trenes. Estos indicadores se consideraron fundamentales, sobre todo, la distancia y el ángulo de las señales visuales.
- Indicadores relacionados con la falta de conocimiento. En términos generales, el conjunto de indicadores relacionados con la falta de conocimiento se valoró como relevantes para el análisis de factores humanos en los pasos a nivel.
- Indicadores relacionados con la percepción inexacta del riesgo. Los resultados apuntaron a que era de particular interés tener en cuenta para el estudio del factor humano la familiaridad del usuario con el paso a nivel.
- Indicadores de comportamiento de riesgos deliberados. Los más relevantes se dividían en 2 categorías principales: los ocasionados por la frustración y la impaciencia del usuario que tiene que esperar en el paso a nivel, y los relacionados con usuarios que tienen una personalidad propensa a la búsqueda de riesgos.
- Indicadores relacionados con la información sobre el contexto. Del conjunto de estos indicadores, el destacado como más importante fue el del entorno del paso a nivel (por ejemplo, si es rural o urbano).

Con el objetivo de examinar los factores humanos que pueden contribuir a los accidentes en los pasos a nivel, estos indicadores se analizaron frente a las categorías de error del marco de clasificación de errores humanos de GIDAS. Teniendo en cuenta el procedimiento secuencial del procesamiento de la información humana, las categorías GIDAS son: acceso a la información, procesamiento de la información, evaluación de la información, planificación y acción (Grippenkoven, Giesemann & Dietsch, 2012).

La Figura 4 incluye una descripción de la influencia y los indicadores identificados y clasificados según las categorías de error del marco de categorización de errores humanos de GIDAS. La Figura 2 se enfoca en las etapas del procesamiento de la información que están más afectadas por cada uno de los factores. Sin embargo, esto no excluye la influencia en otras etapas por los ciclos de retroalimentación de las etapas.

Los indicadores relacionados con las condiciones personales están vinculados a errores de acceso a la información, errores de procesamiento de la información, errores de evaluación y errores de operación. En este caso, pueden producirse errores por no percibir información relevante, experimentar interferencias dentro y fuera del vehículo, realizar una interpretación incorrecta de la información por experiencia previa y conocimiento del lugar, y/o realizar acciones incorrectas.

La visibilidad en los pasos a nivel puede verse reducida debido a condiciones climáticas que reducen la visibilidad, condiciones nocturnas, deslumbramientos del sol, crecimiento excesivo de vegetación, distancia de visión, etc. Estos indicadores están vinculados a errores de información de acceso y de procesamiento de la información.

Los indicadores relativos a la información sobre el contexto están vinculados a errores de acceso a la información, errores de procesamiento de la información, errores de evaluación y errores de operación. En este caso, pueden producirse errores por no percibir información relevante, experimentar interferencias dentro y fuera del vehículo, realizar una interpretación incorrecta de la información recibida por familiaridad con el lugar, y/o realizar acciones incorrectas.

La atención de un usuario de un paso a nivel puede desviarse debido a distracciones externas (por ejemplo, semáforos, señales de ceda el paso, tráfico de peatones, etc.). Los usuarios de la carretera también pueden presentar distracciones internas como resultado de realizar tareas secundarias a la conducción, como el uso de dispositivos multimedia, conversar con pasajeros o con otros peatones, atender a los niños o por distracciones. Estos indicadores están vinculados a errores de procesamiento de la información.

Los indicadores relacionados con la toma de riesgos deliberados están vinculados con situaciones de frustración e impaciencia debido a tiempos de espera en el paso a nivel y con personalidades con inclinación a la búsqueda de riesgos. Estos indicadores están vinculados a conductas voluntarias inseguras o violaciones.

Un factor humano involuntario que conduce al uso indebido de los pasos a nivel es la falta de conocimiento sobre las normas y la falta de conciencia de los riesgos asociados con el entorno ferroviario. Estos indicadores están vinculados a errores de evaluación de la información porque la información se puede interpretar incorrectamente.

En general, la percepción inexacta del riesgo está relacionada con la familiaridad con los pasos a nivel, lo que conduce a una baja expectativa de encontrar trenes en los cruces y a un error de cálculo de la velocidad y la distancia del tren.

Estos indicadores están vinculados a errores de evaluación de la información. La información puede malinterpretarse debido a la experiencia previa y el conocimiento del lugar, y a la falta de conciencia y conocimiento de los ferrocarriles y los riesgos relacionados con las infraestructuras de los pasos a nivel.

Hay que tener en cuenta en el análisis de las medidas de seguridad de acuerdo a los requerimientos del usuario y el factor humano, que existen comportamientos inseguros involuntarios (errores y fallos) y comportamientos inseguros voluntarios (infracciones).

Los indicadores identificados en la literatura revisada relacionados con las conductas de riesgo deliberada y el suicidio, se consideran conductas peligrosas voluntarias o infracciones.

CATEGORÍA DE INDICADORES DE SAFER-LC	DESCRIPCIÓN DE LA INFLUENCIA	CATEGORÍA DE ERROR
INDICADORES RELACIONADOS CON LAS CONDICIONES PERSONALES	La información relevante no se puede percibir. La información de dentro y fuera del automóvil puede interferir e influir. Información interpretada de forma incorrecta Toma voluntaria de decisiones erróneas.	Acceso a la información. Procesamiento de la información. Evaluación de la información. Acción.
INDICADORES RELACIONADOS CON LA VISIBILIDAD DE LOS CRUCES Y LOS TRENES	La información relevante no puede ser percibida. La información de dentro y fuera del automóvil puede interferir e influir.	Acceso a la información. Procesamiento de la información.
INDICADORES RELACIONADOS CON LA INFORMACIÓN SOBRE EL CONTEXTO	La información relevante no se puede percibir. La información de dentro y fuera del automóvil puede interferir e influir. Información interpretada de forma incorrecta. Toma voluntaria de decisiones erróneas.	Acceso a la información. Procesamiento de la información. Evaluación de la información. Acción.
INDICADORES RELACIONADOS CON LA DISTRACCIÓN Y FALTA DE ATENCIÓN	La información de dentro y fuera del automóvil puede interferir e influir.	Procesamiento de la información.
INDICADORES RELACIONADOS CON LA TOMA DE DECISIONES DE RIESGO	La información de dentro y fuera del automóvil puede interferir e influir. Información interpretada de forma incorrecta. Infracción de las reglas debido a la creencia de que no va a suceder nada. Toma voluntaria de decisiones erróneas.	Acceso a la información. Evaluación de la información. Planificación. Acción.
INDICADORES RELACIONADOS CON LA FALTA DE CONOCIMIENTO	Información interpretada de forma incorrecta	Evaluación de la información.
INDICADORES RELACIONADOS CON UNA PERCEPCIÓN DE RIESGO NO EXACTA	Información interpretada de forma incorrecta	Evaluación de la información.

Figura 4 – Categorización de errores GIDAS e indicadores identificados en la literatura revisada

5. CONCLUSIONES

El objetivo de esta comunicación, y de la Tarea 2.1. del proyecto SAFER-LC, es contribuir a la mejora de la seguridad en las infraestructuras de los pasos a nivel desde la perspectiva del factor humano. Mediante una metodología que combinaba la revisión de la literatura y la opinión de expertos, se identificaron indicadores clave de seguridad relacionados con los requisitos del usuario y, los errores humanos y las infracciones.

La introducción de estos indicadores tiene como finalidad apoyar la planificación y evaluación de acciones de seguridad en los pasos a nivel desde la perspectiva del usuario, de modo que las medidas tecnológicas y no tecnológicas puedan adaptarse mejor desde el enfoque del factor humano, haciendo que los pasos a nivel sean más autoexplicativos y resilientes.

Específicamente, la identificación de estos indicadores clave de seguridad favorecerá el desarrollo de un marco del factor humano que, a su vez, permitirá valorar hasta qué punto se tienen en cuenta las variables del factor humano en el diseño y la evaluación de las medidas de seguridad en los pasos a nivel.

Para la construcción de estos indicadores clave de seguridad se utilizaron numerosas fuentes de información cuantitativas y cualitativas (tanto primarias como secundarias), que tenían en cuenta la perspectiva y experiencia del usuario en los pasos a nivel tanto en situaciones de la vida real como en condiciones experimentales.

La literatura revisada constituye, por ende, una rica fuente de información para el desarrollo de los indicadores clave de seguridad relacionados con los errores humanos y las infracciones. No obstante, aunque se incluyó en el análisis una gran variedad de literatura especializada y actual, no representa una revisión exhaustiva de la literatura disponible sobre el tema. Además, la mayoría de los estudios se han realizado en países del ámbito anglosajón, factor a tener en cuenta a la hora de considerar la representatividad de la información recopilada y proponer la extensión de medidas de manera internacional.

Con el objetivo de que los requisitos del usuario sean considerados en el diseño de las infraestructuras ferroviarias, los expertos en factor humano y transporte ferroviario que participaron en la tarea recomiendan realizar definiciones más exhaustivas de los distintos indicadores.

Esto ayudaría a enfocar la discusión sobre qué indicadores clave adoptar en el futuro. Además, estos expertos realizaron algunas propuestas útiles para el diseño de las medidas de seguridad en los pasos a nivel de acuerdo con la perspectiva del usuario:

- En el estudio se destacó la importancia de considerar a todos los usuarios de la vía al diseñar una contramedida (independientemente de su sexo, edad o condición de discapacidad), aunque estimaban fundamental contemplar las necesidades de grupos particulares y realizar las correspondientes modificaciones, por ejemplo, en el caso de los usuarios con problemas de movilidad. Por ejemplo, y dado que los datos evidencian que los hombres son responsables de más accidentes en tránsito que las mujeres, algunos expertos señalaron la importancia de desarrollar medidas específicas (por ejemplo, campañas) que se dirijan a los hombres.
- Dada la importancia de la falta de atención y las distracciones para cometer errores e infracciones, se propuso diseñar medidas de seguridad centradas en evitar distracciones externas y sobrecargas de estímulos en la zona de aproximación al paso a nivel, minimizando la variedad de señales que los usuarios de la carretera deben ver, leer, interpretar y responder antes de llegar al paso a nivel.
- En general, la distancia visual de las señales y el ángulo de cruce se destacan como factores importantes que pueden conducir al incumplimiento en los pasos a nivel. Pero también se propusieron otros elementos que pueden implicar riesgos en la seguridad en los pasos a nivel, como la iluminación del tren, de las calles (por la noche), la orientación de la calle, la dirección de conducción con referencia al sol o el color del material rodante.

- En lo que respecta a la relación entre las infracciones y la personalidad, los expertos señalaron como recomendación para las soluciones tecnológicas y no tecnológicas reflexionar sobre cómo incorporar elementos que eviten las situaciones de riesgo por la frustración o la impaciencia de los usuarios de los pasos a nivel.
- Las multas se consideraron útiles como estrategia disuasoria que reduce los comportamientos de riesgo a corto plazo, pero a medio y largo plazo la conducta persiste, por lo que las recomendaciones deberían centrarse en diseñar programas educativos y de sensibilización para la seguridad en los pasos a nivel.

BIBLIOGRAFÍA

BEKIARIS, E. & GAITANIDOU, E. (2011). Infrastructure and Safety in a Collaborative World pp. 15-22. Chapter towards Forgiving and Self-Explanatory Roads, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

BENGTSSON, M. (2016). How to plan and perform a qualitative study using content analysis. Elsevier.

CAIRD, J. K., CREASER, J. I., EDWARDS, C. J. & DEWAR, R. E. (2002). A human factors analysis of highway-railway grade crossing accidents in Canada. Montreal, Canada: Transport Canada.

EDQUIST, J., HUGHES, B. & RUDIN-BROWN, C. M. (2011). Pedestrian non-compliance at level crossing gates. C-MARC. Perth.

ERA (2016). Railway Safety Performance in the European Union. Belgium. European Union Agency for Railways.

FREEMAN, J., RAKOTONIRAINY, A., STEFANOVA, T. & MCMASTER, M. (2013). Understanding pedestrian behaviour at railway level crossings: is there a need for more research? Road and Transport Research Journal, 22(3),

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION (IEA):
<http://www.iea.cc/whats/index.html>

METAXATOS, P. & SRIRAJ, P.S. (2015). Pedestrian Safety at Rail Grade Crossings: Focus Areas for Research and Intervention. Volume 1, Issue 4, pp. 238–248.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s40864-016-0030-4>

NGAMDUNG, T. & DASILVA, M. (2013). Driver Behavior Analysis at Highway-Rail Grade Crossings using Field Operational Test Data - Light vehicles.

GRIPPENKOVEN, J., GIESEMANN, S. & DIETSCH, S. (2012). The Role of Human Error in Accidents on German Half-Barrier Level Crossings.

READ, G.J., SALMON, P.M. & LENNÉ, M.G. (2013). Sounding the warning bells: The need for a systems approach to understanding behaviour at rail level crossings.

RUDIN-BROWN, C. M., FRENCH- ST. GEORGE, M. & STUART, J.J. (2014). Human factors issues of accidents at passively controlled level crossings. *Transportation Research Record*, 2458, 96-103. 6.

SEARLE, A., DI MILIA, L. & DAWSON, D. (2012). An investigation of risk-takers at railway level crossings. CRC for Rail Innovation. Brisbane.