

## DOSSIER

# Fatiga en el ferrocarril

*Fatigue in the railway*

**Lisa Staes**

Geógrafa por la Universidad Estatal de Florida. Directora Asociada del Centro de Investigación del Transporte Urbano (CUTR) y de la Universidad del Sur de Florida.

<https://orcid.org/0000-0001-9138-9194>  
staes@usf.edu

**Rubén Peña**

Ingeniero mecánico, graduado de la Universidad Estatal de Colorado. Director de Desarrollo Empresarial de Transporte Terrestre Gubernamental de ENSCO Inc.

pena.ruben@ensco.com

**Jodi Godfrey**

Investigadora Asociada Senior del Centro de Investigación del Transporte Urbano (CUTR) de la Universidad del Sur de Florida.

<https://orcid.org/0000-0001-5747-3958>  
jodis@cutr.usf.edu

**Palabras clave:** Seguridad Operacional, Transporte Ferroviario, Fatiga, Prevención de Accidentes, Investigación Sistémica.

**Keywords:** Safety, Railway Transportation, Fatigue, Accident Prevention, Systemic Research.

Recibido: 07/01/24

Aceptado: 27/01/24

## Resumen

Este trabajo hace un repaso de los principales desarrollos vinculados con el análisis del factor fatiga en la industria del transporte ferroviario de los Estados Unidos. Identificar las causas y los elementos asociados con la fatiga y establecer estrategias de mitigación específicas resulta fundamental para garantizar la operación segura de los sistemas ferroviarios. Algunas de estas estrategias se examinan de manera exhaustiva a lo largo de este artículo.

## Abstract

This paper reviews the main developments related to fatigue analysis in the U.S. railroad transportation industry. Identifying the causes and elements associated with fatigue and establishing specific mitigation strategies is critical to ensure the safe operation of rail systems. Some of these strategies are discussed comprehensively throughout this article.

En diversas investigaciones de accidentes realizadas por la National Transportation Safety Board (NTSB), la fatiga, la aptitud médica para el servicio y otros factores relacionados han sido identificados como contribuyentes o causales de eventos fatales en el transporte y constituyen las bases de recomendaciones al Departamento de Transporte de los Estados Unidos (U.S. Department of Transportation - USDOT) desde 1989. A su vez, los temas relacionados con la fatiga continúan apareciendo en la Lista de Prioridades de Mejoras en la Seguridad del Transporte de la NTSB, que se publica cada año.

Los eventos catastróficos pueden evitarse, entre otras cosas, si un operador de ferrocarril, técnico de mantenimiento, despachador u otro empleado ferroviario puede responder de manera oportuna a las tareas críticas de seguridad que se presentan durante las operaciones diarias. Un empleado ferroviario fatigado podría ser incapaz de realizar de forma efectiva las tareas críticas, poniendo en peligro su propia seguridad, la de los trabajadores de mantenimiento de vías y otros empleados ferroviarios, pasajeros y público en general.

Para enmarcar y discutir eficazmente la problemática, es necesario entender cómo se define y se presenta. La fatiga es una condición psicofisiológica subóptima causada por diversos factores, entre ellos el esfuerzo. El grado y carácter dimensional de la condición dependen de la forma, dinámica y contexto de dicho esfuerzo. Este se describe por el valor y el significado del rendimiento para el individuo, el historial de descanso y sueño, los efectos circadianos, los factores psicosociales que abarcan la vida laboral y doméstica, los rasgos individuales, la dieta, la salud, el estado físico y otros estados individuales, y las características ambientales. La condición de fatiga puede provocar cambios en las estrategias o en el uso de los recursos, de modo que se mantienen o se reducen los niveles originales de procesamiento mental o de actividad física (Phillips, 2015).

La fatiga se puede categorizar en dos tipos, según se relacione con el sueño o con la tarea. Ambas son capaces de disminuir el rendimiento y aumentar el riesgo (May y Balwin, 2009). El primer tipo de fatiga encuentra sus orígenes en los factores de la homeostasis del sueño o en los factores del ritmo circadiano, ambos reguladores del cuerpo humano.

La homeostasis del sueño se define como un período prolongado de vigilia seguido directamente por un período prolongado de sueño (Porkka-Heiskanen, Zitting y Wigren, 2013). Refiere a la necesidad del cuerpo humano de dormir, que aumenta de manera lineal justo después de despertar. En otras palabras, cuanto más tiempo se esté despierto, más cansado se sentirá uno a medida que avanza el día, hasta que finalmente sucumbe al sueño.

La homeostasis del sueño es un ciclo diario e independiente del momento en que uno suele despertar o dormir. Los factores circadianos, por su parte, son oscilaciones diarias en los ritmos biológicos humanos, y se ha descubierto que afectan la eficiencia humana en la realización de tareas. Los ritmos circadianos se encuentran en la mayoría de las funciones corporales, como la temperatura, la actividad del sistema nervioso y los ciclos de sueño, y refieren a un ciclo diario único. Estos varían entre las personas, pero típicamente producen oscilaciones en el rendimiento cada 24 horas, a diferencia de los ciclos homeostáticos que representan un deterioro gradual del rendimiento durante el tiempo de vigilia. Curiosamente, los ritmos circadianos cambian a medida que envejecemos (Singh y Suni, 2023).

El otro tipo de fatiga que se debe tomar en cuenta es la relacionada con la tarea, conocida como fatiga activa. Esta puede interferir en la capacidad de operar una locomotora, incluso en ausencia de factores vinculados al sueño. La fatiga activa es causada por un aumento en la carga de trabajo; la fatiga pasiva, en cambio, se debe al esfuerzo generado por la falta de carga o condiciones de baja demanda (May y Balwin, 2009).

***“Un empleado ferroviario fatigado podría ser incapaz de realizar de manera efectiva las tareas críticas, poniendo en peligro su propia seguridad, la de los trabajadores, pasajeros y público en general.***



La fatiga también se conoce como una sensación de agotamiento y, cuando se vincula con la tarea, se la denomina desgaste laboral (*job burnout*). Esto refiere a una cronificación del estrés que da lugar a una sensación de agotamiento generalizado, principalmente derivado de la exhaustión, la despersonalización<sup>1</sup> y la ineficiencia. Una estrategia comúnmente conocida para reducir el agotamiento es el desarrollo del compromiso, caracterizado por la energía, la participación y la eficacia. Con base en este razonamiento teórico, se ha definido al compromiso como un proceso persistente y positivo, un estado de realización afectivo-motivacional en los empleados que se caracteriza por el vigor, la dedicación y la absorción. Vigor refiere a altos niveles de energía y resiliencia, la voluntad de invertir en el esfuerzo colectivo y la perseverancia ante las dificultades. La dedicación se vincula con la implicación en el trabajo, acompañada de sentimientos de entusiasmo, orgullo e inspiración. Finalmente, la absorción refiere a un estado placentero, de inmersión total en el

1. Refiere a una respuesta negativa, insensible o excesivamente distante a diversos aspectos del trabajo.



trabajo, que se caracteriza por el paso rápido del tiempo (Maslach, Schaufeli y Leiter, 2001).

El desgaste laboral es un problema serio, que requiere un abordaje complejo, ya que conduce a una reducción de la productividad y de la satisfacción laboral, y a un aumento del absentismo y de la rotación de empleados (Cunradi, Greiner, Ragland y Fisher, 2005).

Identificar las causas y los factores asociados con la fatiga y establecer estrategias de mitigación específicas resulta fundamental para garantizar la operación segura de los sistemas ferroviarios. Para combatir los problemas relacionados con la fatiga, la industria de EE. UU. viene implementado distintas estrategias y tecnologías, algunas de las cuales se describen a continuación:

1. Programación de tripulaciones: las compañías ferroviarias han implementado horarios de trabajo más predecibles para reducir los períodos de trabajo irregulares y prolongados. Esto incluye cumplir con límites en las horas consecutivas de trabajo y asegurar períodos suficientes de descanso.
2. Programas de gestión de la fatiga: muchas empresas ferroviarias han desarrollado programas integrales de gestión de la fatiga, los cuales incluyen planes de educación y concientización para ayudar a los empleados a reconocer los signos de fatiga y activar los protocolos correspondientes.
3. Soluciones tecnológicas: se han introducido tecnologías avanzadas como el Positive Train Control (PCT) para mejorar la seguridad. Este sistema permite controlar automáticamente la velocidad de un tren y detenerlo si el operador no responde a las señales de seguridad.
4. Gestión de recursos de tripulación: a menudo se proporciona capacitación en Crew Resource Management (CRM) al personal ferroviario, orientada

a mejorar la comunicación, el trabajo en equipo y la toma de decisiones.

5. Ergonomía en el lugar de trabajo: las compañías ferroviarias han invertido en diseñar espacios más ergonómicos para los operadores de tren y los equipos de mantenimiento, con el objetivo de reducir la fatiga física.

También se han desarrollado diversas soluciones tecnológicas y herramientas para respaldar las estrategias descritas anteriormente, como el Model Human Fatigue and Circadian Variation, The Sleep, Activity, Fatigue and Task Effectiveness (SAFTE) y Fatigue Avoidance Scheduling Tool (FAST), patrocinados por el USDOT y el Departamento de Defensa de Estados Unidos<sup>2</sup>. En 2006, la Federal Railroad Administration (FRA) completó una prueba del modelo y encontró que las predicciones sobre la disminución de la efectividad del operador estaban relacionadas con un mayor riesgo de accidentes debido a factores humanos<sup>3</sup>.

***“Identificar las causas y los factores asociados con la fatiga y establecer estrategias de mitigación específicas resulta fundamental para garantizar la operación segura de los sistemas ferroviarios.***



En 2022 entró en vigencia una norma de la FRA<sup>4</sup>, la cual exige que ciertos ferrocarriles desarrollen e implementen un Fatigue Risk Management Program (FRMP) como un componente de los programas más amplios de reducción de riesgos de seguridad ferroviaria<sup>5</sup>. De acuerdo a la norma, los ferrocarriles cubiertos deben preparar un plan FRMP por escrito y presentarlo a la FRA para su revisión y aprobación. Este plan debe abordar varios factores que pueden influir en la fatiga, incluidas las prácticas de programación y las horas consecutivas fuera de servicio de los empleados. Las compañías ferroviarias deben realizar, por su parte, evaluaciones internas anuales del plan y de sus componentes.

2. La aplicación del FAST y del modelo SAFTE permiten estimar el riesgo de fatiga, ver detalles de cada horario, calcular factores contribuyentes e identificar condiciones latentes para que se puedan implementar mitigaciones.

3. La FRA también utiliza el programa y la herramienta analítica Fatigue Audit Inter Dyne (FAID) durante las investigaciones de accidentes para respaldar la realización de un análisis científico sólido, especialmente cuando se sospecha que un factor humano, como la fatiga, es causal o contribuyente en el evento.

4. Esta norma forma parte de los esfuerzos de la FRA por mejorar continuamente la seguridad ferroviaria y satisfacer el mandato legal de la Sección 103 de la Ley de Mejora de la Seguridad Ferroviaria de 2008 (RSIA). <https://acortar.link/G1z77>

5. <https://acortar.link/nXjdjo>

Esta norma es parte de varios esfuerzos continuos orientados a mitigar los impactos adversos de la fatiga en la industria ferroviaria norteamericana, reconociéndola como una preocupación y desafío de larga data.

La FRA también llevó a cabo recientemente una encuesta entre conductores de locomotoras y jefes de tren para obtener una comprensión más clara de los factores que contribuyen a la fatiga y los impactos en la seguridad.

Los resultados de la encuesta, publicados en el Informe de Investigación de junio de 2023<sup>6</sup>, revelaron que el personal de conducción experimenta frecuentemente fatiga. Además, la investigación expuso que aquellos que informan estar altamente fatigados tienen cuatro veces más probabilidades de haberse pasado una parada y tres veces más probabilidades de haber sufrido un incidente en comparación con aquellos que no informan sentir fatiga (Dunn y Soccolich, 2023).

Agencia reguladora	Nombre	Regulación	Fecha	Tiempo máx. de trabajo (por 24 horas)	Máx. de horas consecutivas	Tiempo mín. de descanso entre turnos si se trabajaron 12 hs consecutivas	Tiempo mín. de descanso entre turnos	Máx. de días de trabajo consecutivos
Administración Federal de Ferrocarriles (FRA)	Horas de servicio de empleados ferroviarios	49 C.F.R. §228	2009	12 hs (16 hs excepcional)	12 hs (16 hs excepcional)	10 hs	8 hs	6 días
FRA	Limitaciones en las horas de servicio de empleados de trenes involucrados en transporte de pasajeros de trenes de cercanías o interurbanos	49 C.F.R. §228.405	2011	12 hs		10 hs	8 hs	14 días
FRA	Limitaciones de horas de servicio: empleados de trenes, señaleros, empleados de servicios de despacho <sup>7</sup>	49 U.S.C. 211 §21103 §21104 §21105	2011	12 hs	16 hs con excepciones de emergencia	10 hs	8 hs	6 días (§21103 solo)
Administración Federal de Seguridad de Autotransporte (FMCSA)	Horas de servicio para vehículos automotores de transporte de pasajeros <sup>8</sup>	49 C.F.R. §395.5	2019	15 hs		10 hs	8 hs	
Guardia Costera de los Estados Unidos (USCG)	Horas de servicio para la marina (buque oceánico o de cabotaje de no más de 100 toneladas brutas) <sup>9</sup>	46 C.F.R. §15.710	2014	9 hs en puerto/ 12 hs en mar	Emergencias excepcionales indefinidas		6 de las últimas 12 hs	
Administración Federal de Aviación (FAA)	Limitaciones de tiempo de vuelo y requisitos de descanso (tripulaciones de uno o dos pilotos) <sup>10</sup>	14 C.F.R. §91.1059	2020	14 hs	8 hs (un piloto) / 10 hs (tripulación de dos pilotos)		10 hs	

Fuente: Elaboración propia en base a la información proveniente de las agencias reguladoras de transporte de EE. UU.

6. <https://acortar.link/tdG20y>  
 7. <https://acortar.link/u4v4eT>  
 8. <https://acortar.link/c5QLp0>  
 9. <https://acortar.link/nLSEcA>  
 10. <https://acortar.link/0BIOTq>

Los investigadores sugirieron en su informe que los factores asociados con la programación —como una mayor variación en los horarios de inicio y el cambio frecuente entre el trabajo diurno y nocturno— aumentan la probabilidad de que los conductores y jefes de tren se sientan altamente fatigados.

**“Los factores asociados aumentan la probabilidad de que los trabajadores se sientan altamente fatigados.”**



En relación a lo anterior, existen programas en EE. UU. que rigen la programación y las horas de servicio de los empleados de los diferentes modos de transporte, como se puede observar en el cuadro dispuesto en la página anterior. La columna de la izquierda detalla la agencia reguladora, seguida del nombre del reglamento y la fecha en la que fue promulgado. La columna central de la tabla describe la cantidad máxima de horas que un empleado puede trabajar en un período de 24 horas, seguida de la cantidad máxima de horas consecutivas permitidas.

La FRA normalmente limita las operaciones a 12 horas, con algunas excepciones específicas que permiten hasta 16 horas. Comparativamente, la FAA (modo aeronáutico) es más estricta en términos de horas consecutivas, ya que limita las horas de servicios de los pilotos individuales a 8 horas consecutivas y 14 horas en total, en un período de 24 horas. La USCG (modo marítimo) establece el tiempo máximo de trabajo en puerto más estricto: 9 horas por período de 24 horas, aunque en situaciones de emergencia, su máximo de horas consecutivas no está definido. La FMCSA (modo automotor) es la más indulgente, con un máximo de 15 horas de trabajo en un período de 24 horas.

Al reconocer que los efectos de la fatiga y la falta de sueño pueden agravarse con el tiempo, también existen limitaciones en cuanto al número máximo de días consecutivos que el empleado puede trabajar. La FRA es la única agencia reguladora de EE. UU. que limita el número de días laborales consecutivos a 6 para los empleados de trenes ferroviarios y a 14 días para los empleados de trenes de pasajeros interurbanos o de cercanías.

Dentro de los esfuerzos para mitigar los riesgos asociados a la fatiga en las operaciones ferroviarias, la FRA también patrocina la “Guía Ferroviaria para un Sueño Saludable”, un recurso online desarrollado por el Centro Nacional de Sistemas de Transporte Volpe<sup>11</sup>, que sirve para informar a la industria ferroviaria sobre la importancia de la salud del sueño. En el sitio web los empleados pue-

den acceder a una herramienta anónima de detección de trastornos del sueño para conocer si presentan síntomas asociados. A su vez, el sitio tiene a disposición diversas entrevistas y vídeos de empleados ferroviarios, de familiares y de expertos en medicina del sueño.

En conclusión, hay mucho por aprender y por hacer en relación a la problemática de la fatiga. El conocimiento de los efectos de su condición, las formas en que la industria ferroviaria puede reconocer sus síntomas, los métodos para determinar causalidades, entre otras cuestiones, resultan fundamentales para mejorar la seguridad en el transporte. Proporcionar horarios de trabajo más predecibles, implementar programas como el FRMP para entrenar y capacitar a los empleados en el reconocimiento de la fatiga e invertir en espacios ergonómicos y en soluciones tecnológicas, como el PTC, ayuda a reducir la aparición de la fatiga y a disminuir los riesgos asociados.

La FRA y otras administraciones modales de EE. UU. vienen desarrollando investigaciones y tecnologías orientadas a un abordaje eficaz de la problemática. Aunque aún no se ha desarrollado la solución perfecta, la industria ciertamente puede beneficiarse de cada uno de los métodos y enfoques discutidos en este artículo.

**Referencias bibliográficas**

Cunradi, C., Greiner, B., Ragland, D. y Fisher, J. (2005). Alcohol, stress related factors, and short term absenteeism among urban transit operators. *Journal of Urban Health*, Vol. 82(1), pp. 43-57. DOI: 10.1093/jurban/jti007

Dunn, N. y Soccolich, S. (2023). *The Impact of Commute Times on the Fatigue and Safety of Locomotive Engineers and Conductors*. Virginia Tech Transportation Institute, U.S. Department of Transportation, Federal Railroad Administration. <https://rosap.nhtbts.gov/view/dot/67645>

Maslach, C., Schaufeli, W. y Leiter, M. (2001). Job Burnout. *Annual Review of Psychology*, Vol. 52, pp. 397-422. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.52.1.397>

May, J. y Baldwin, C. (2009). Driver fatigue: The Importance of Identifying Causal Factors of Fatigue when Considering Detection and Countermeasure Technologies. *Transportation Research Part F*, Vol. 12, pp. 218-224.

May, J.F. y Baldwin, C.L. (2009) Driver fatigue: The importance of identifying causal factors of fatigue when considering detection and countermeasure technologies. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, Vol. 12 (3), pp. 218-224. DOI: 10.1016/j.trf.2008.11.005

Phillips, R. O. (2015). A review of definitions of fatigue—And a step towards a whole definition. *Transport. Res. F: Traffic Psychol. Behaviour*, Vol. 29, pp. 48-56. DOI: 10.1016/j.trf.2015.01.003.

Porkka-Heiskanen T., Zitting K.M., Wiggins, H.K. (2013). Sleep, its regulation and possible mechanisms of sleep disturbances. *Acta Physiol (Oxf)*, 208(4), pp. 311-28. DOI: 10.1111/apha.12134.

Singh, A. y Suni, E. (2023). Circadian Rhythm. What it is, what shapes it, and why it's fundamental to getting quality sleep. <https://www.sleepfoundation.org/circadian-rhythm>

11. <https://www.volpe.dot.gov/>