



La entrevista fue realizada por el Director Nacional de Investigación de Sucesos Ferroviarios de la JST, Ing. Diego Di Siervi.

DESARROLLO, INNOVACIÓN Y SEGURIDAD OPERACIONAL

Técnica de acelerometría y pruebas de freno en el ámbito ferroviario

Entrevistamos al Ing. Mariano Fernández Soler, director del Centro Nacional de Desarrollo e Innovación Ferroviaria (CENADIF), con el fin de indagar sobre el proyecto metodológico de medición que desarrolla la institución, y su impacto en el campo de la seguridad operacional ferroviaria.

El Centro Nacional de Desarrollo e Innovación Ferroviaria (CENADIF) fue creado por el Ministerio de Transporte de la Nación mediante Resolución 289 del 3 de diciembre de 2020. Su misión es impulsar el desarrollo tecnológico e industrial del sistema ferroviario, con la colaboración, integración y participación de la industria ferroviaria, jurisdicciones, universidades e instituciones públicas y privadas. Este espacio trabaja de forma directa para el cumplimiento de la política ferroviaria de incorporación de nuevas tecnologías y servicios, consagrada en la Ley 27132¹ de reactivación de los ferrocarriles de cargas y pasajeros de Argentina.

Dentro de su campo de acción, el CENADIF lleva adelante el desarrollo y la homologación de productos, repuestos, componentes y equipos vinculados con la industria ferroviaria de conformidad con las normas técnicas aplicables. También realiza tareas para potenciar y orientar la investigación científica y tecnológica, estableciendo planes y programas prioritarios, y colabora en la elaboración de normativa y documentación técnica, incluyendo metodologías, planos e instructivos técnicos².

Actualmente, el espacio trabaja en más de veinte proyectos, dentro de los cuales se destacan los programas de desarrollo de material rodante, infraestructura de vía y señalamiento, homologación de durmientes sintéticos, prueba de uso de energías alternativas, como el hidrógeno, y desarrollo de metodología de medición.

Dentro del último programa mencionado se encuentra el estudio de la técnica de acelerometría y pruebas de freno. Para conocer más detalles al respecto, entrevistamos al Ing. Mariano Fernández Soler³, responsable del CENADIF, con amplia trayectoria en el ámbito público y privado, con competencias en ingeniería ferroviaria, desarrollo y normas técnicas.

¿Qué aplicaciones tiene la técnica de acelerometría en el sector ferroviario?

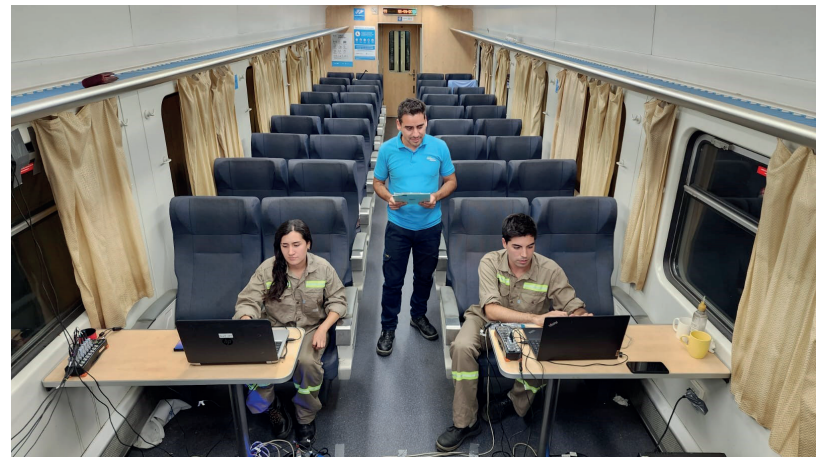
La acelerometría es una técnica de medición que consiste en medir aceleraciones con unos sensores

1. Resolución 289 de 2020 [Ministerio de Transporte de la Nación]. Por la cual se crea el Centro Nacional de Desarrollo e Innovación Ferroviaria. 3 de diciembre de 2020. Disponible en <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-289-2020-344841>

2. Ley 27132 de 2015. Por la cual se declara de interés público nacional y como objetivo prioritario de la República Argentina la política de reactivación de los ferrocarriles de pasajeros y de cargas, la renovación y el mejoramiento de la infraestructura ferroviaria, y la incorporación de tecnologías y servicios. 20 de mayo de 2015. B.O. No 33134. Disponible en <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/verNorma.do?id=247081>

3. Ingeniero industrial especializado en ingeniería ferroviaria (UTN-UBA). Docente titular interino de Dinámica Ferroviaria, dictada en la carrera de Ingeniería Ferroviaria de la Universidad Tecnológica Nacional -Facultad Regional Haedo (UTN-FRH). Gerente de Gestión de la Innovación de Ferrocarriles Argentinos Sociedad del Estado (FASE) y responsable del Centro Nacional de Desarrollo e Innovación Ferroviaria (CENADIF).

especializados. Esto tiene varias aplicaciones, por ejemplo, la medición de parámetros dinámicos del comportamiento del material rodante con respecto a un sistema de referencia a bordo. Cuando evaluamos el comportamiento vertical y lateral es porque nos interesa la interacción vía-tren, y aquí observamos tanto los golpes de vía como la geometría del trazado. Cuando evaluamos el comportamiento longitudinal, uno de los análisis más importantes que realizamos son las pruebas de freno.



“En primer lugar, la ventaja de efectuar las pruebas de freno con instrumentos y equipos adecuados es que los resultados obtenidos no están sujetos a sesgos y opiniones, sino que reflejan la performance física de los vehículos.”



¿Cuál es la motivación para realizar pruebas de freno? ¿Por qué hay que medir?

Existen distintas causas que motivan la realización de una prueba de freno. Entre ellas se destaca la verificación de una reparación programada o una intervención correctiva. También la necesidad de evaluar si el tren posee la misma capacidad de desarrollar su *performance* de freno antes de reponerlo a servicio.

¿Cómo se pueden obtener valores comparativos en una flota determinada?

Esto se puede obtener a través de un protocolo que defina detalladamente la forma en la que se realizan los ensayos, los pasos a seguir para la instrumentación, los sensores a utilizar, la forma en la que se procesan los datos, las variables estudiadas, las condiciones que debe cumplir la zona de prueba en vía, entre otras cuestiones.

¿Cómo se puede evaluar el comportamiento de un tren en relación con una flota?

Se puede evaluar por medio de ensayos comparativos entre los distintos vehículos de una flota, ejecutados en base a un protocolo. Con un procedimiento claro, se asegura que los ensayos se realicen de forma idéntica para el mismo tipo de vehículo y que los resultados sean comparables.

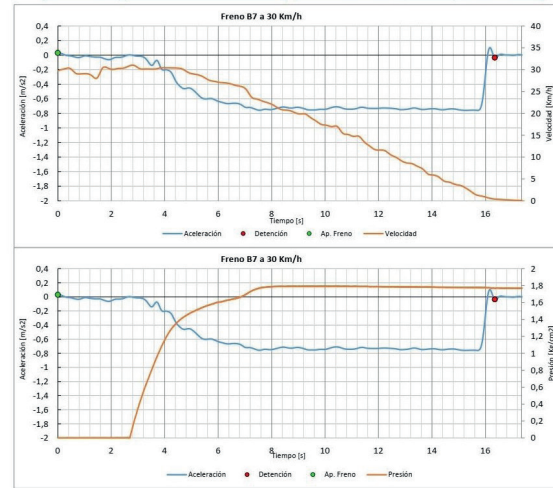
¿Qué parámetros de la performance de freno se pueden medir?

Se pueden medir todas las magnitudes relacionadas con la dinámica durante el proceso de frenado, como aceleraciones, distancias de detención, velocidad instantánea, presiones de cilindro y tubería, mecanismos de accionamiento y temperatura de las guarniciones y de los discos.

¿Qué análisis se puede obtener a partir de los datos medidos?

Se pueden analizar las distancias de detención de las formaciones, el funcionamiento del sistema electrodinámico, si la depresión en tubería o las presiones de aplicación en el cilindro se encuentran en los valores correctos, etc. A su vez, se puede evaluar si los coeficientes de fricción de zapatas o pastillas de freno de un determinado fabricante son comparables con las originales, y así dar fundamento para una homologación o certificación.

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DEL PROCESAMIENTO	
Fecha	7/12/2022	Velocidad en la aplicación	30,00 (km/h)
Registro	0023	Tiempo de detención (t_d)	16,85 (s)
Línea	Roca	Tiempo de respuesta equivalente (t_{re})	N/A
Ramal	Const. - A. Korn	Distancia de detención (S_d)	89,41 (m)
Material Rodante	EMU Toshiba	Tiempo de alzado de aceleración (t_a)	N/A
Zona de pruebas	KORN - ADRROGUE	Desaceleración eficaz (a_e)	0,59 (m/s ²)
Condición de freno	B7	Desaceleración media (a_m)	0,51 (m/s ²)
Velocidad Objetivo	30 (km/h)	Tiempo de alzado de presión en cilindro (t_{ap})	6,84 (s)
Configuración de freno	EDB OFF	Presión media en cilindro (P_m)	1,35 (kg/cm ²)
Observaciones		Presión estabilizada en cilindro (P_e)	1,77 (kg/cm ²)



“El análisis del comportamiento integral del sistema de frenado tiene una relevancia notoria en la seguridad operacional de los ferrocarriles, ya que los datos obtenidos pueden ser aplicados en tareas de mantenimiento preventivo.”



frenado o aceleraciones estabilizadas, y contar con un gran número de ensayos registrados, de forma tal que se pueda esbozar un análisis estadístico de las flotas.

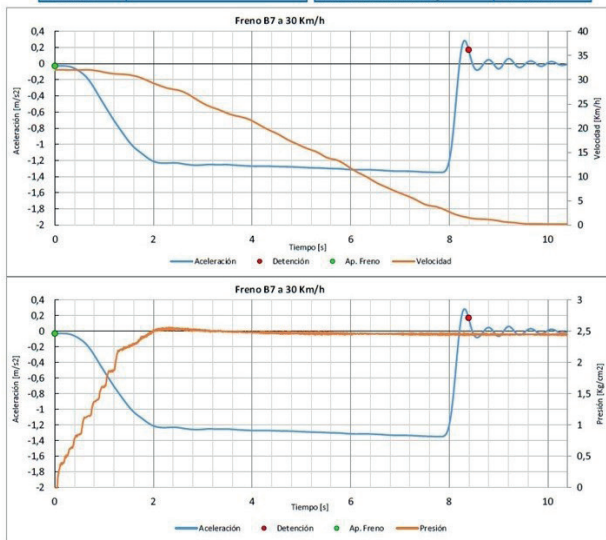
¿Cómo puede impactar dicha información en el ámbito de la seguridad operacional ferroviaria?

En primer lugar, la ventaja de efectuar las pruebas de freno con instrumentos y equipos adecuados es que los resultados obtenidos no están sujetos a sesgos y opiniones, sino que reflejan la performance física de los vehículos. Estos datos pueden ser utilizados en la elaboración de los planes de mantenimiento preventivo del material rodante, en especial en lo que refiere a la efectividad de los frenos y su desgaste.

Otra cuestión a remarcar es que los ensayos y pruebas de freno pueden derivar en un proceso efectivo para la certificación y homologación de sistemas modernos de freno, pastillas y zapatas.

En términos generales, el análisis del comportamiento integral del sistema de frenado tiene una relevancia notoria en la seguridad operacional de los ferrocarriles, ya que los datos obtenidos pueden ser aplicados en tareas de mantenimiento preventivo, tanto del material rodante como de la superestructura de vía. Este último punto se encuentra aún en proceso de análisis.

DATOS DEL ENSAYO		DATOS DEL PROCESAMIENTO	
Fecha	5/10/2021	Velocidad en la aplicación	32,04 (km/h)
Registro	0007	Tiempo de detención (t_d)	8,30 (s)
Línea	Roca	Tiempo de respuesta equivalente (t_{re})	N/A
Ramal	Const. - La Plata	Distancia de detención (S_d)	44,62 (m)
Material Rodante	EMU CSR Zhaohou	Tiempo de alzado de aceleración (t_a)	N/A
Zona de pruebas	Villa Elisa - La Plata	Desaceleración eficaz (a_e)	1,15 (m/s ²)
Condición de freno	B7	Desaceleración media (a_m)	1,06 (m/s ²)
Velocidad Objetivo	30 (km/h)	Tiempo de alzado de presión en cilindro (t_{ap})	1,56 (s)
Configuración de freno	EDB OFF	Presión media en cilindro (P_m)	2,25 (kg/cm ²)
Observaciones		Presión estabilizada en cilindro (P_e)	2,44 (kg/cm ²)



¿Qué se puede hacer con la información obtenida?

Se pueden establecer parámetros esperables de funcionamiento para realizar a futuro comparaciones de cada una de las unidades consigo misma y en relación con la flota a lo largo de su vida útil. Para esto, es fundamental utilizar descriptores de la dinámica, como distancias de