



Unimos la Industria de México

Gestión de la Fricción en
los Ferrocarriles: Clave
para la Seguridad y
Eficiencia Operativa

Gestión de la Fricción en los Ferrocarriles: Clave para la Seguridad y Eficiencia Operativa

INDICE

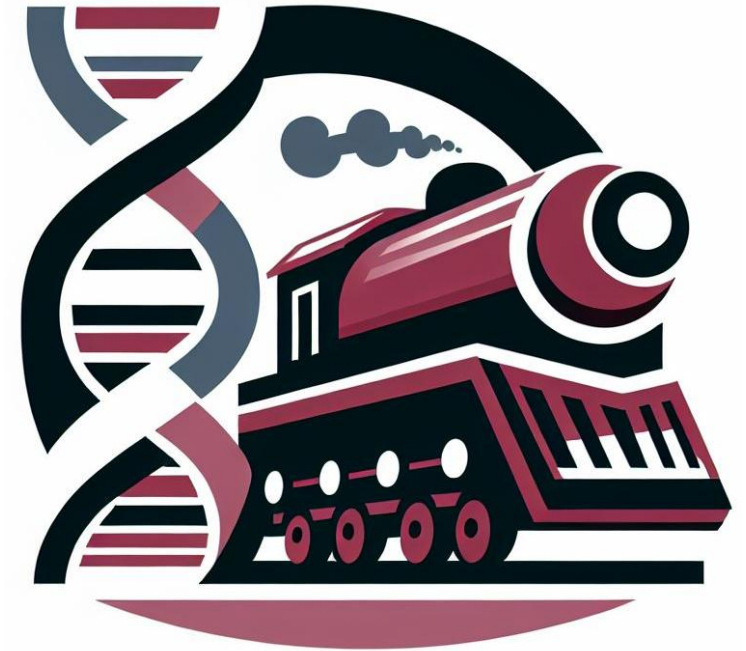
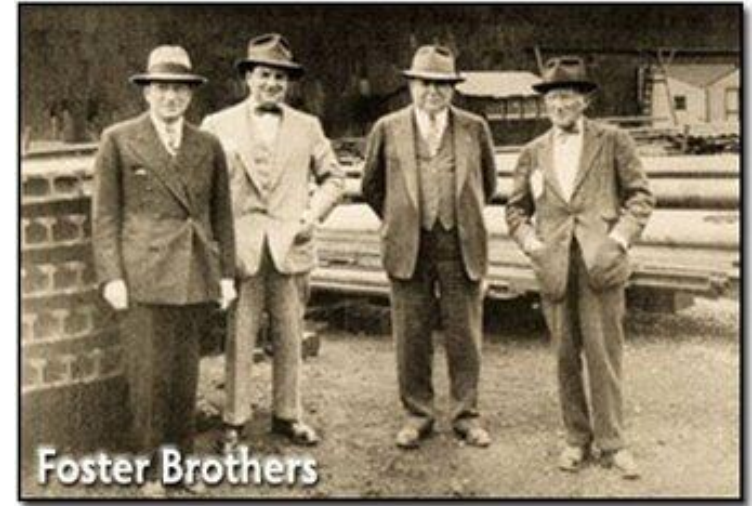
1. Nuestra empresa
2. Bases de la Administración de Fricción
3. Método, Equipos y Consumibles
4. ¿ Que podemos esperar con un programa de Gestión Total de Fricción?
5. Casos de éxito
6. Conclusiones

Nuestra Empresa

01

L.B. Foster Company

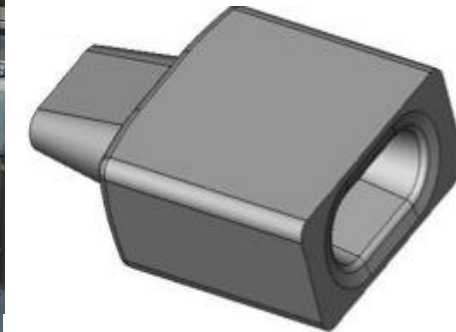
- Fundada en 1902 con ADN Ferroviario
- Más de 30 años cotizando en NASDAQ - "FSTR".
- Con sede en Pittsburgh, PA - USA.
- Enfoque en nuevos productos, innovación y tecnología.
- Fabricante y distribuidor de una amplia gama de productos y servicios para ferrocarriles de carga y pasajeros en todo el mundo.





Desde 1902, LB Foster es líder global en el desarrollo de Soluciones para la industria del transporte ferroviario.

Nuestros materiales de vía, equipos de monitoreo, lubricación y señalización tienen el objetivo de hacer la operación de nuestros socios comerciales más silenciosa, segura, eficiente y más rentable.



CLIENTES DESTACABLES

CLASS #1'S - UPRR, CSX, NS, BNSF, KCS, CP, CN, KCSM, FXE, FSSR

PASAJEROS - Chicago Transit Authority (USA), Bay Area Rapid Transit (USA), Metro Transit Authority (USA), Metro de Honolulu (USA), Tren Urbano (PR), Sky Train (CAN), Beijing Metro (CHN), Honk Kong Metro (HKG), Tokyo Metro (JAP), Metro de Madrid (ESP), Crossrail (UKG), STC Metro Ciudad de Mexico (MEX), SITEUR (MEX), METRORREY (MEX), SUBTE (ARG), SOFSE (ARG), Metro Santiago (CHL)

MINAS - BHP (AUS), Rio Tinto (AUS), CODELCO (CHL), FERRONOR (CHL), CAP (CHL), FCAB (CHL), Souther Peru Cooper (PER), CARBONES DEL CERREJON (COL), DRUMMOND LTD (COL)

LINEAS CORTAS O INDUSTRIALES - FLORIDA COAST (USA), FERROVALLE (MEX), Linea Coahuila Durango (MEX), VLI (BRA), VALE (BRA), MRS (BRA), RUMO (BRA), PERURAIL (PER), FERROCARRIL CENTRAL ANDINO (PER), FENOCO (COL), PANAMA RAIL (PAN)



Nuestro Socio



LUMIETRI DE MÉXICO

Valor Agregado

1. Equipo Técnico Capacitado
2. Expertos en Import-Export
3. Servicios Pre y Post Venta
4. Empresa con mas de 25 años en la industria

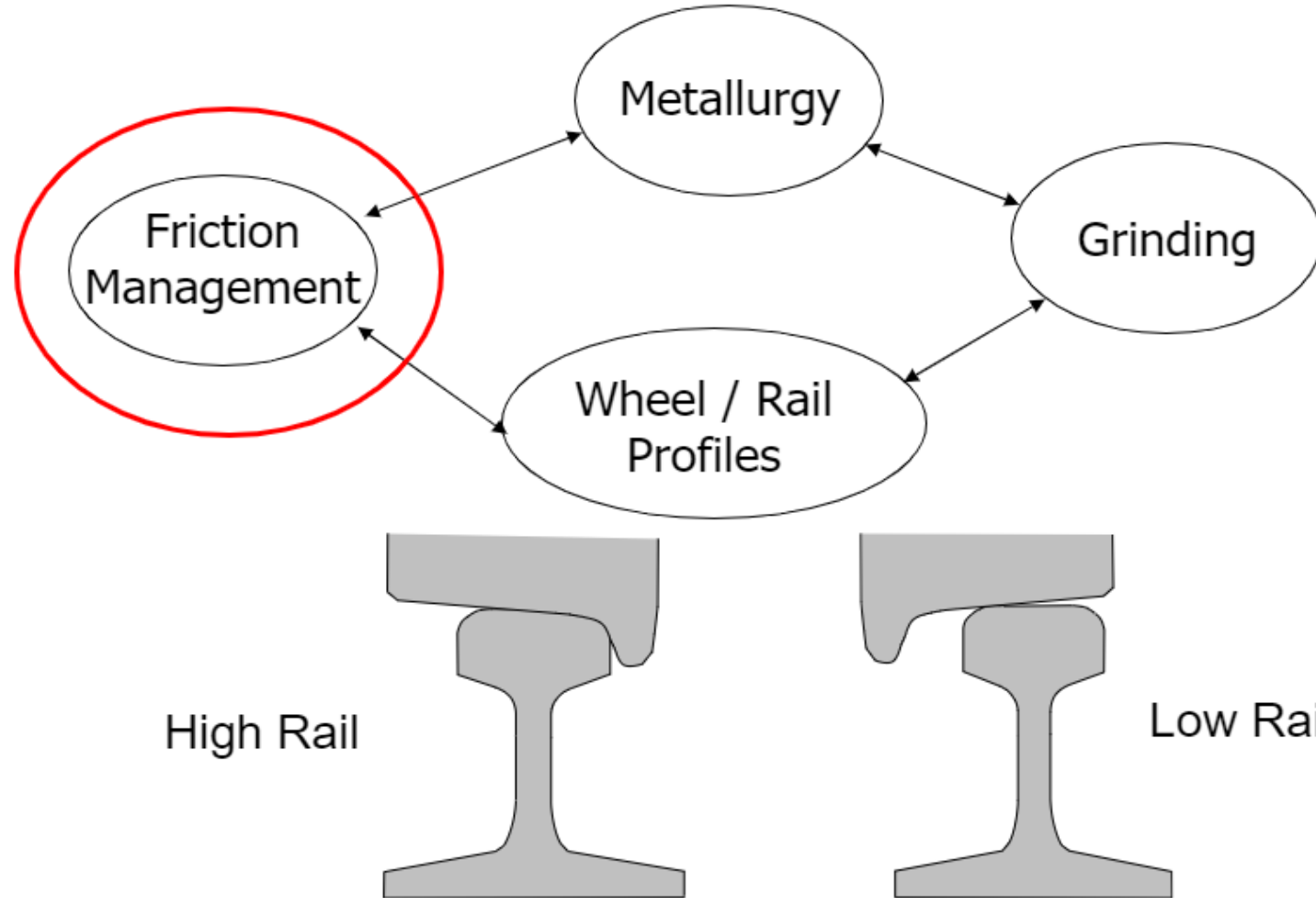
Bases de la Administración de Fricción

02

Fricción en curvas



Manejo de la Interface Rueda / Riel



Recomendaciones para lubricación en curvas

Sin fricción no hay movimiento, pero necesitamos controlarla....



El radio de curvatura recomendado para utilizar **lubricación en vía férrea** varía según el tipo de operación ferroviaria, la carga por eje y la normativa específica de cada país o compañía ferroviaria. Sin embargo, en términos generales:

- **Carga pesada y ferrocarriles de carga:** Se recomienda la aplicación de lubricación en **radios menores a 1000 m**, siendo más crítica en curvas con radios menores a **700 m** debido al mayor desgaste lateral del riel y las ruedas.
- **Ferrocarriles de pasajeros:** La lubricación es útil en radios menores a **1200 m**, especialmente en líneas de alta velocidad, donde la fricción controlada reduce el desgaste sin comprometer la adherencia.
- **Normas generales en la industria:**
 - Se recomienda aplicar **lubricación en curvas menores a 800-1000 m** para optimizar el desgaste y la eficiencia.
 - En radios menores a **400-500 m**, la lubricación es **altamente recomendable** debido a las altas fuerzas laterales que generan mayor desgaste.

¿Por qué controlar la fricción en curvas?

La fricción no controlada en la interfaz rueda/riel contribuye a:

- Problemas de seguridad: descarrilamiento por ascenso de rueda, fuerzas laterales elevadas (L/V)
- Desgaste excesivo de ruedas y rieles
- Mayor consumo de combustible
- Ruido
- Corrugación
- Fatiga por contacto (RCF)



Via con corrugación



Riel con desgaste lateral excesivo



Pestaña con desgaste excesivo

Hoy en día, el Control de fricción (FM) es una Mejor Practica aplicada globalmente por operadores ferroviarios.

Estrategias de aplicación y Beneficios del programa de Control de Fricción en curva Sin afectar la tracción y el frenado



Parte superior del riel / banda de rodadura rueda

Control de fricción según AREMA

Objetivo:

$$\mu = 0.3 - 0.4$$

Escantillón de vía / pestaña de la rueda

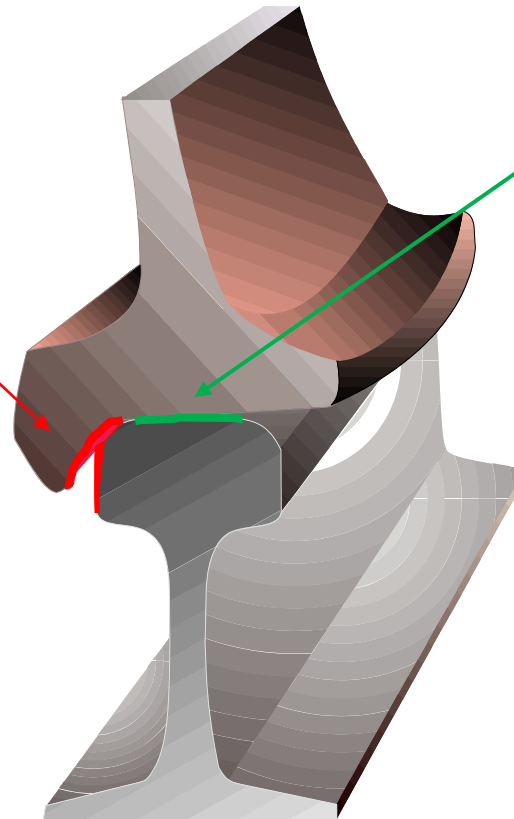
Lubricación según AREMA

Objetivo:

$$\mu = 0.1 - 0.2$$

Beneficios:

- Reducción en desgaste de riel / rueda (escantillón y pestana)
- Reducción del potencial de descarrilamiento (trepado de rueda)
- Disminución del desarrollo RCF
- Mayor eficiencia de combustible
- Menor ruido de las pestañas



Beneficios:

- Menores fuerzas laterales L/V
- Mayor eficiencia de combustible
- Menor potencial de descarrilamiento
- Menor desarrollo RCF
- Menor desgaste de riel / rueda (TOR, banda de rodadura)
- Menos ruido chirriante
- Menor ruido de las pestañas (indirecto)
- Reducción de desgaste ondulatorio

Reducir los gastos operativos; Extender la vida útil de los activos; Reducir el riesgo

Método, Equipos y consumibles

03

Método

Preliminar

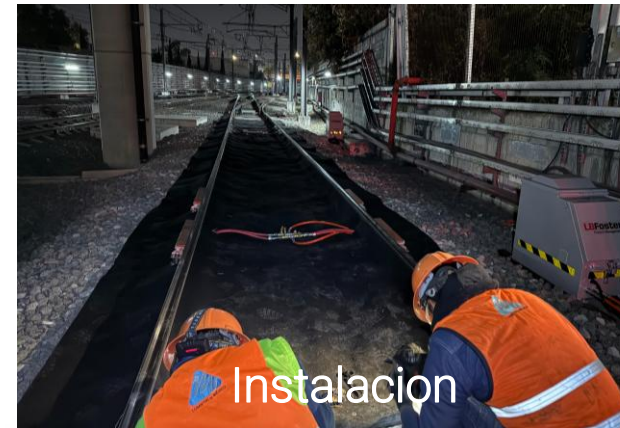
- Análisis de la situación actual de la vía
 - Análisis de cartas de vía para buscar curvas con radios cerrados.
 - Medición de tasas de desgaste
 - Medición de μ coeficiente de fricción
- Selección de equipos y consumibles (grasa y modificador de fricción)
- Selección de ubicaciones

Durante

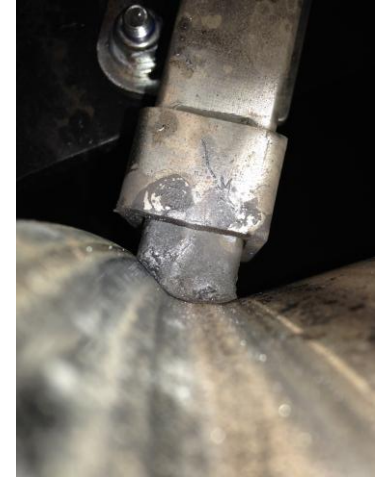
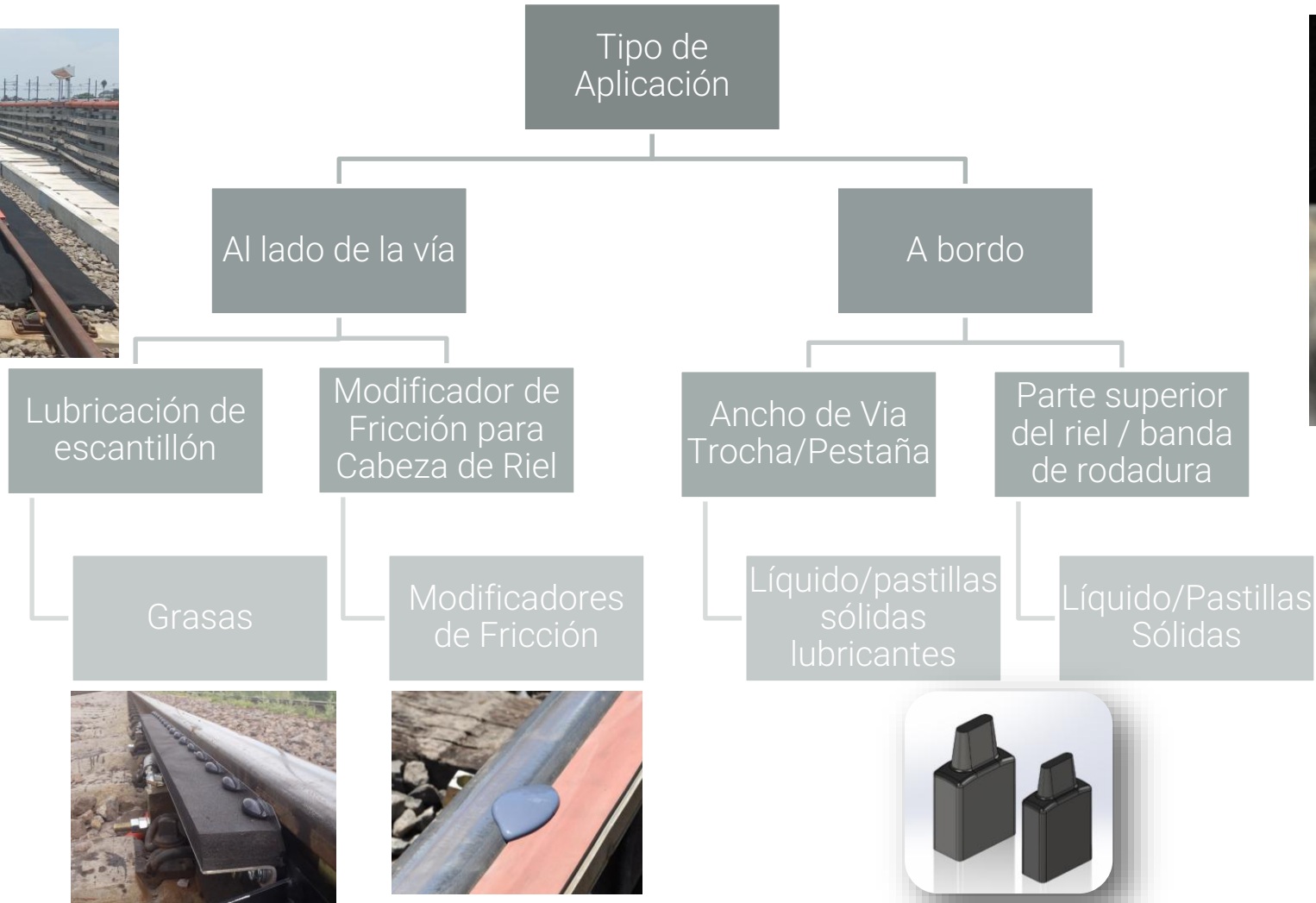
- Instalación y puesta en marcha
- Capacitación

Post

- Monitoreo de performance
 - Acarreo de grasa,
 - Coeficiente de fricción actualizado
- Monitoreo de resultados (tasas de desgaste actualizadas)
- Mantenimiento de equipos
- Rellenado de consumibles



Equipos y Consumibles



¿ Que podemos esperar con un programa de Gestión Total de Fricción?

04

¿ Que podemos esperar con un programa de Gestión Total de Fricción?



- **Mayor seguridad operativa:** La correcta lubricación de vía reduce el riesgo de descarrilamientos y mejora el control de las fuerzas en la vía.
- **Extensión de la vida útil de los rieles y ruedas:** Minimiza el desgaste en la infraestructura ferroviaria, reduciendo la necesidad de mantenimiento y reemplazos frecuentes.
- **Optimización del consumo de combustible y por ende Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) :** La gestión de la fricción disminuye la resistencia al avance, lo que se traduce en menor consumo de combustible y costos operativos más bajos alineándose con objetivos de sostenibilidad ambiental.
- **Reducción de ruido:** Disminuye hasta en 10 Decibeles el ruido provocado por el contacto de la rueda-riel.
- **Mejor desempeño en curvas y pendientes:** Permite un desplazamiento más estable y controlado en tramos críticos de la red ferroviaria o patios.
- **ROI:** Por cada \$ invertido el retorno es 3X.

'Whitepapers' sobre desgaste de riel



| GF / TOR | Reducción del desgaste de riel | Ferrocarril | Año | Referencia |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GF | 41% - high rail TOR (vertical) 87% - high rail gauge face | CP | 2001 | AREMA 2001: Sroba. CPR 100% Effective Lubrication Initiative |
| GF + TOR | 57% - low rail TOR (vertical) 50% - high rail TOR (vertical) 'Eliminated' - high rail gauge face | CP | 2005 | IHHA 2005: Sroba. CPR 100% Effective Friction Management Strategy |
| GF + TOR | 57% - low rail TOR (vertical) 25% - high rail TOR (vertical) 61% - high rail GF and gage corner | UPRR | 2005 | TD-07-019: Reiff. Wayside-Based Top of Rail Friction Control: 95 MGT Update |
| GF + TOR | 58% - low rail TOR | UPRR | 2005 | TD-05-018: Reiff. Implementation Demonstration of Wayside Based TOR Friction Control |
| GF + TOR | 17 - 48% - low rail TOR (vertical) 21 - 53% - high rail TOR (vertical) | CN | 2005 | IHHA 2005: Eadie. Tracksides TOR Friction Control at CN |
| GF + TOR | 37 - 39% - low rail TOR (vertical) 16 - 32% - high rail TOR (vertical) 31% - average wear reduction | CP | 2009 | 2009: Roney. Reducing the Stress State on CP's Western Corridor. |
| GF + TOR | 23 - 60% reduction in natural wear rates (premium rail grade track results) | Voestalpine | 2009 | CM2009: Stock. Influencing rolling contact fatigue through top of rail friction modifier application - a full scale wheel-rail test rig study |
| GF + TOR | 31% rail life extension on 2 deg curve | TTCI | 2015 | IHHA 2015: Baillargeon. Implementation of Rail Life Extension Methods in Heavy Haul Railways |
| GF + TOR | 21 - 91% - low rail TOR (vertical) 25 - 83% - high rail TOR and GF | CP | 2017 | WRI2017: Stock. Friction management and rail wear CPs western corridor: 2008 - 2016 |
| GF | Up to 95% reduction on rail lateral wear | Rumo | 2019 | SIRT 2019 - Projetos de implementação, primeiros resultados e obstáculos |

'Whitepapers' sobre resultado en ahorros de combustible y reducciones de emisiones de gases de efecto invernadero



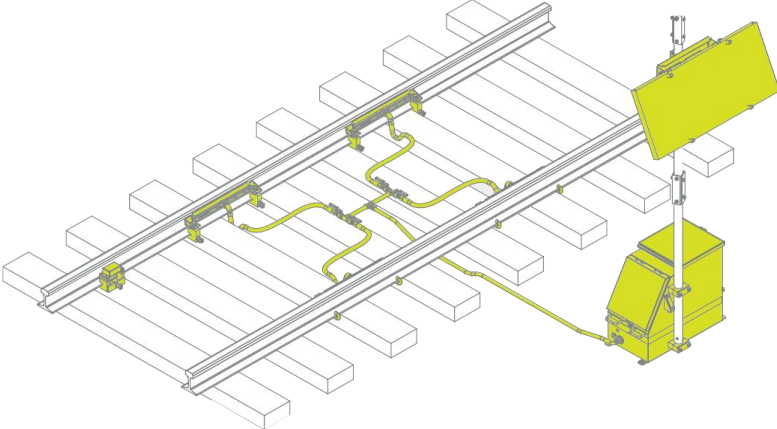
| GF / TOR | % Fuel Savings / GHG Emission Reductions | Railway | Year | Reference |
|----------|------------------------------------------------------|---------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GF | 5.70% | CP | 2001 | AREMA 2001: Sroba. CPR 100% Effective Lubrication Initiative |
| GF + TOR | 2.3 – 10.5% depending on curve density | BC Rail | 2005 | IHHA 2005: Cotter. TOR Friction Control: Reductions in Fuel and Greenhouse Gas Emissions |
| TOR | 3 - 4% (fuel savings) 9.6% reduction (mechanical) | QCM | 2005 | IHHA 2005: Cotter. Freight Car Based Top of Rail FM System |
| TOR | 4.9% all segments | UPRR | 2008 | TD-08-39: Reiff. Mobile-based Car Mounted TOR Friction Control Application Issues – Effectiveness and Deployment |
| GF + TOR | 5 – 8% on average | CP | 2009 | IHHA 2009: Roney. TFM on CP |
| TOR | 2.3 – 4.2% | NS | 2010 | ARM W/R 2010: Conn. For Sale – TOR/ATW FM |
| TOR | 2.3 – 2.6% | UPRR | 2016 | Conference on Railway Tech: Elvidge. The Effect of Freight Train Mounted TOR-FM on Wheel Life Defects |
| TOR | 5.3% (energy savings) | SHR | 2016 | 2016: CARS. Study on the Application of Measures for Friction Control of Shuohuang Heavy Railway |



Casos de éxito

05

Casos de éxito



Carga



Industria



Pasajeros

REDUCTION OF TRAIN DERAILMENTS BASED ON GAGE FACE FRICTION MANAGEMENT

Bárbara Dias Moreira
Leonardo Souza Soares



RUMO Logística – Reducción de Descarrilamientos a través de la Gestión de la Lubricación



‘Whitepaper’ presentado en:

- AREMA 2020 Virtual
- IHHA (International Heavy Haul Association) Rio de Janeiro 2023

REDUCTION OF TRAIN DERAILMENTS BASED ON GAGE FACE FRICTION MANAGEMENT

NUMBER OF WORDS: 2,676

ABSTRACT

The efficiency of gage face friction management at wheel-rail contact is known across all railways. The benefits go beyond the reduction of consumption of rails or wheels, but also in several intangible results promoting the increase of railway safety. In the case of railway safety, specifically derailment events, this analysis can be difficult due to the large number of variables involved.

Analysis scenario

Rumo Logística has a network of approximately 14,000 km extending from south to central Brazil. Its main transport consists of agricultural commodities for export, using a complex metric and wide gauge railway network.

The section under study is in the southern Brazilian region, metric gauge, with an annual volume of 25 MGT. Typical train composition is two ES43 BBi locomotives and 80 hopper wagons of 100 gross capacity (25 tons per axle). The analysis was developed in 333 kilometers of track (km 248 + 920 to km 582 + 800) in the period between January 2015 to June 2019 (54 months). The distribution of the gage face lubrication equipment is shown in diagram 1.

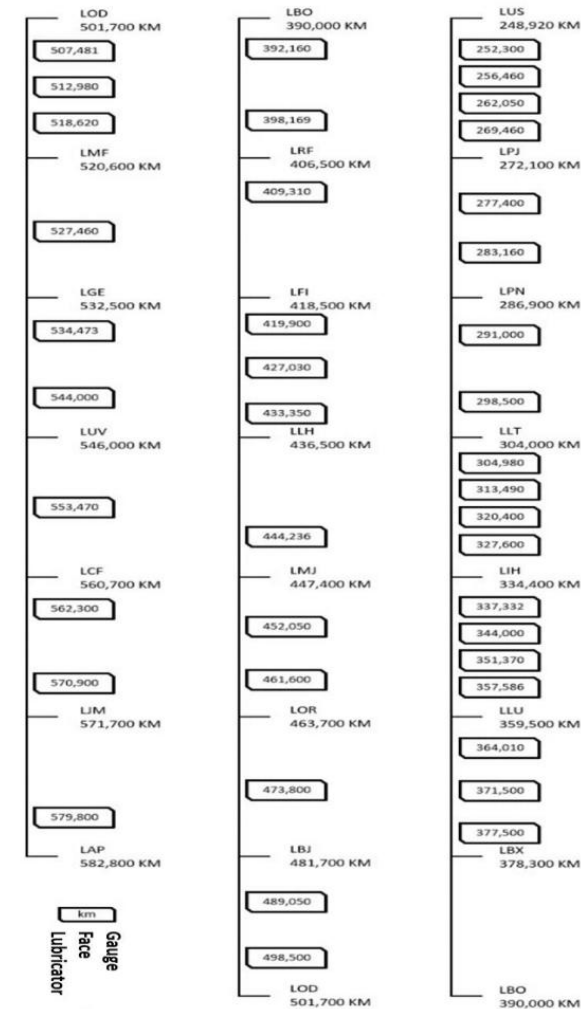
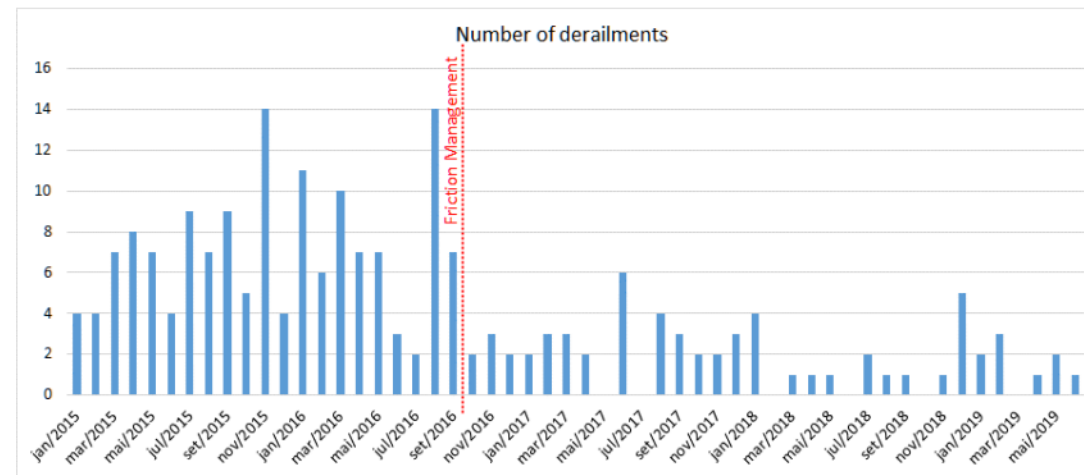


Diagram 1: Gauge face lubricators in the Southern Brazilian region

RUMO Logística – Reducción de Descarrilamientos a través de la Gestión de la Lubricación

Derailment statistics

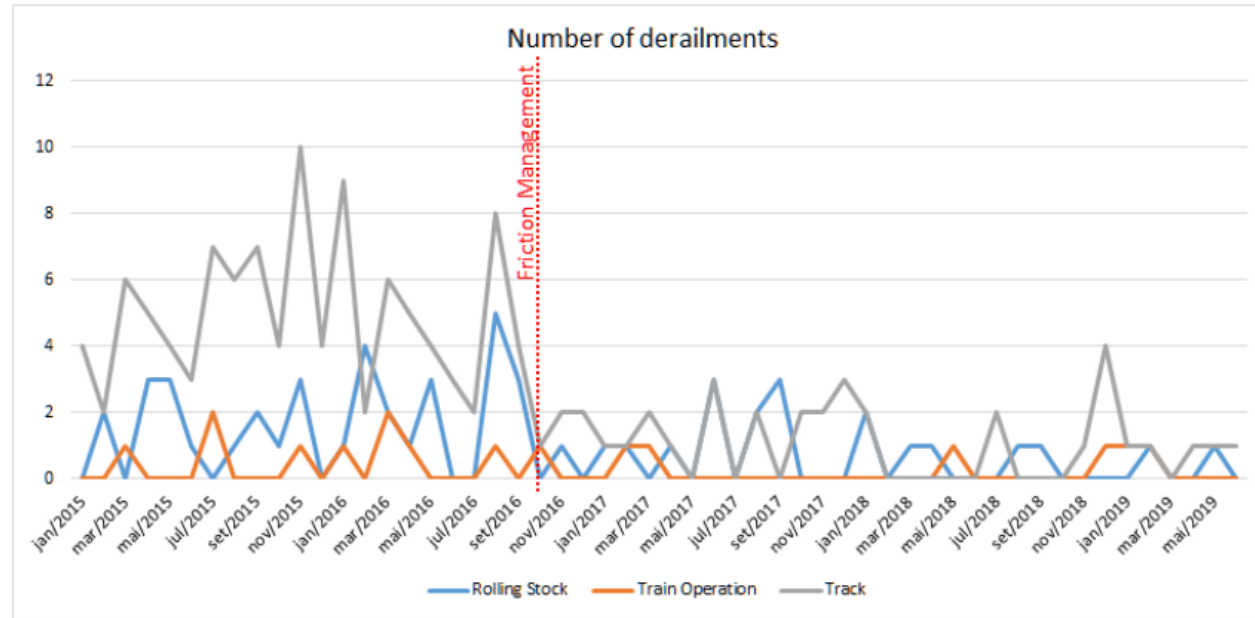
The study of the gage face friction management efficiency in terms of safety came from the monitoring of occurrences of derailments in the section analyzed according to graph 1:



Graph 1: Number of derailements in the section analyzed

The dashed line in October 2016 indicates the start of operation of gage face friction management, in this case, specifically electric gauge face lubricators. It is observed that from that date the number of overall derailments has reduced significantly (64% when compared to the 22 months prior to the installation of equipment. However, to confirm that the results were obtained by the gage face friction management, an analysis is necessary to verify the transported volume, the conditions of the railway track and the conditions of the rolling stock. A significant change in any of these variables can alter the likelihood of railway accidents and does not indicate that the reduction comes from the gage face friction management.

RUMO Logística – Reducción de Descarrilamientos a través de la Gestión de la Lubricación

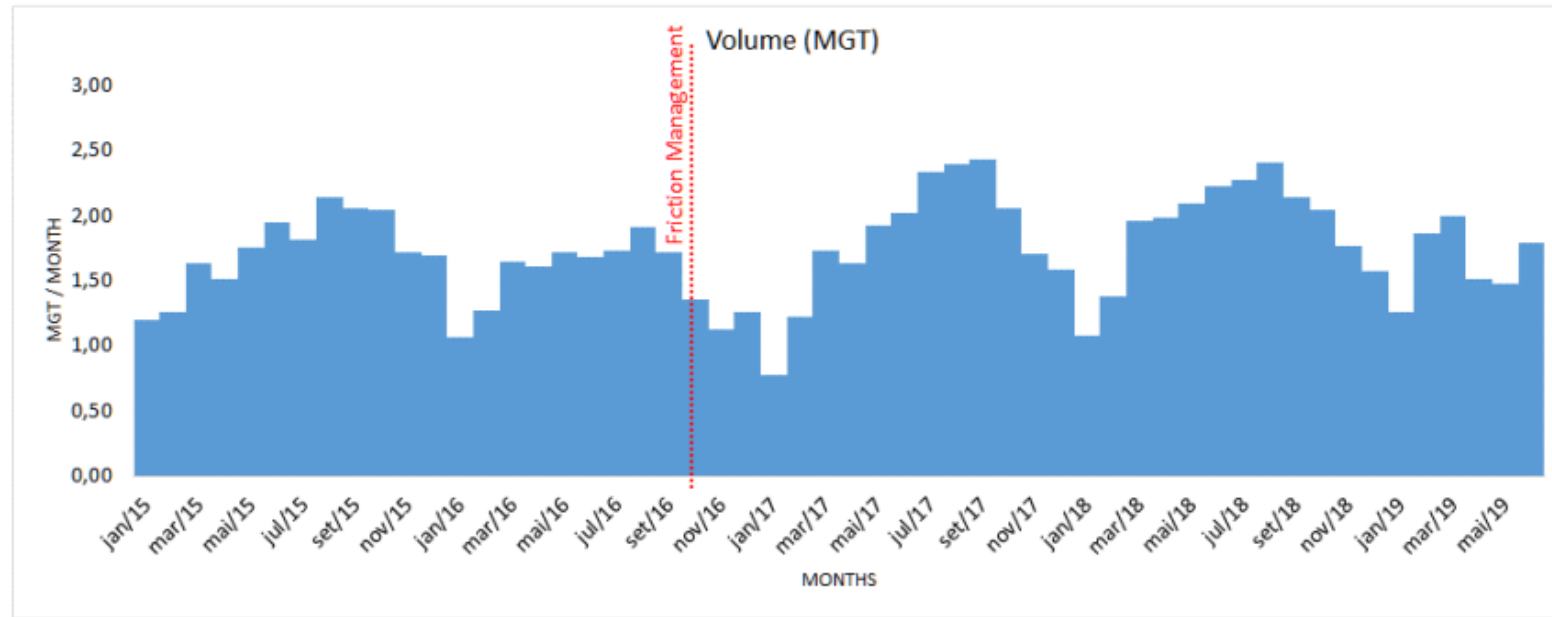


Graph 2: Number of derailments by root cause

The analysis of graph 2 shows that a common factor to all causes of accidents was altered with the installation of the gauge face lubrication equipment. As shown by Nadal in equation 1, the change in the friction coefficient in the rail wheel contact is critical for the occurrence of railway accidents, which already demonstrates a gain in safety against accidents.

However, as previously described, the change of variables correlated with accident conditions could also contribute to the reduction and therefore need to be verified.

RUMO Logística – Reducción de Descarrilamientos a través de la Gestión de la Lubricación



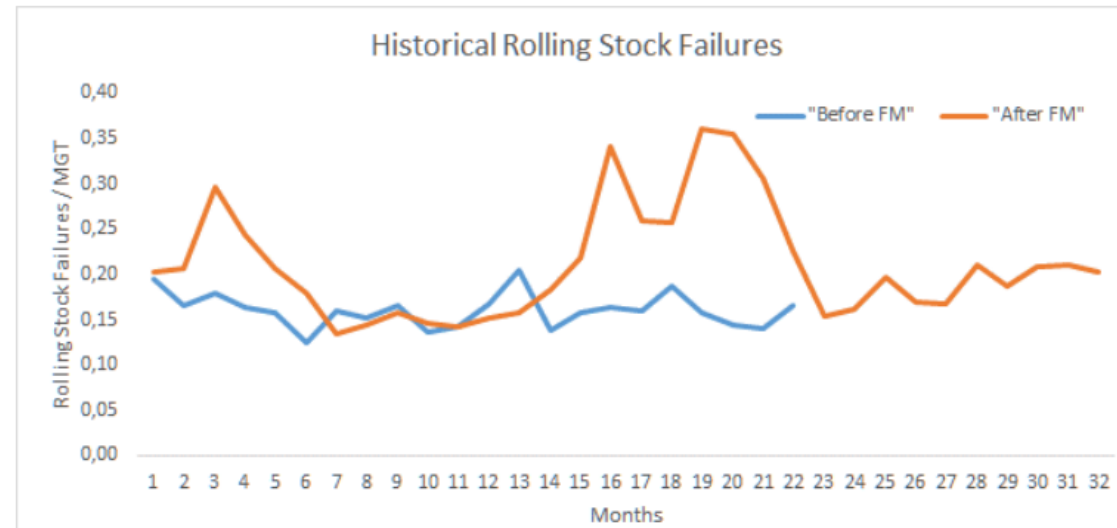
Graph 3: Transported volume in the evaluation period



RUMO Logística – Reducción de Descarrilamientos a través de la Gestión de la Lubricación

Rolling stock conditions

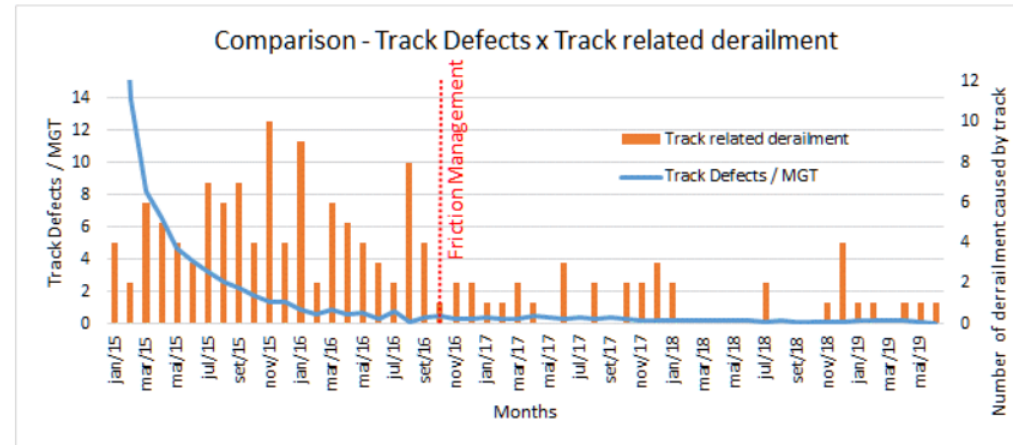
Since the conditions of rolling stock maintenance may have changed during the study period, the history of wagon failures in the period of derailment analysis was evaluated. It is worth mentioning that in the analyzed period, no new wagons or locomotives were purchased, which could in some way alter the behavior of maintenance statistics, impacting the study result.



Graph 4: Historical rolling stock failures

RUMO Logística – Reducción de Descarrilamientos a través de la Gestión de la Lubricación

It was found that in 2015, 10 months before the implementation of gage face friction management, the maintenance of the railway track was intensified, significantly reducing the number of geometry defects by MGT. This condition can be verified in graph 5, through the blue line graph.



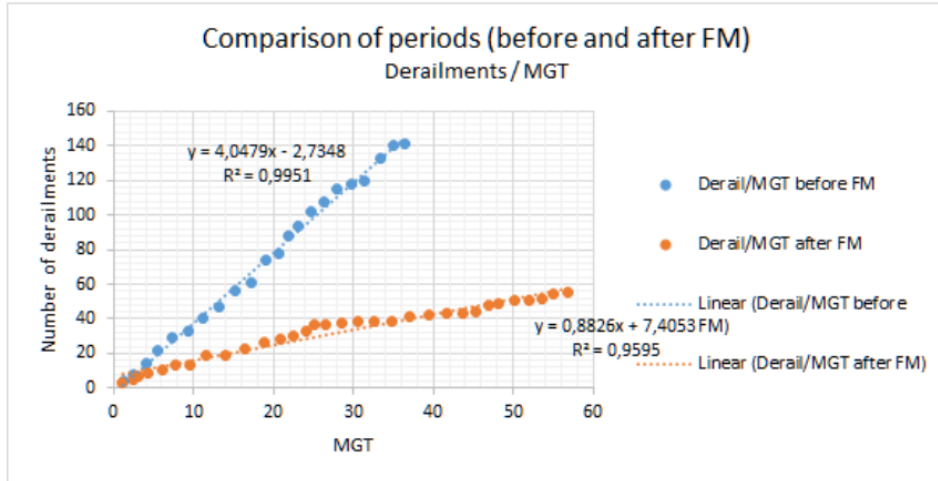
Graph 5: Comparison between track defects and track related derailment

However, in the following year (2016) it is verified that the derailments caused by geometry defects in the railway track are still high. Comparing the first 10 months of 2015, during the maintenance of the railway track, there were 48 accidents caused by defects in track geometry. In 2016, with the reduction of defects in geometry, from January until the installation of the gage face friction management equipment (October 2016), 44 derailments were recorded with root cause related to the railway track. In the 10 months of comparison between 2015 and 2016 there was a reduction of 8% in derailments.

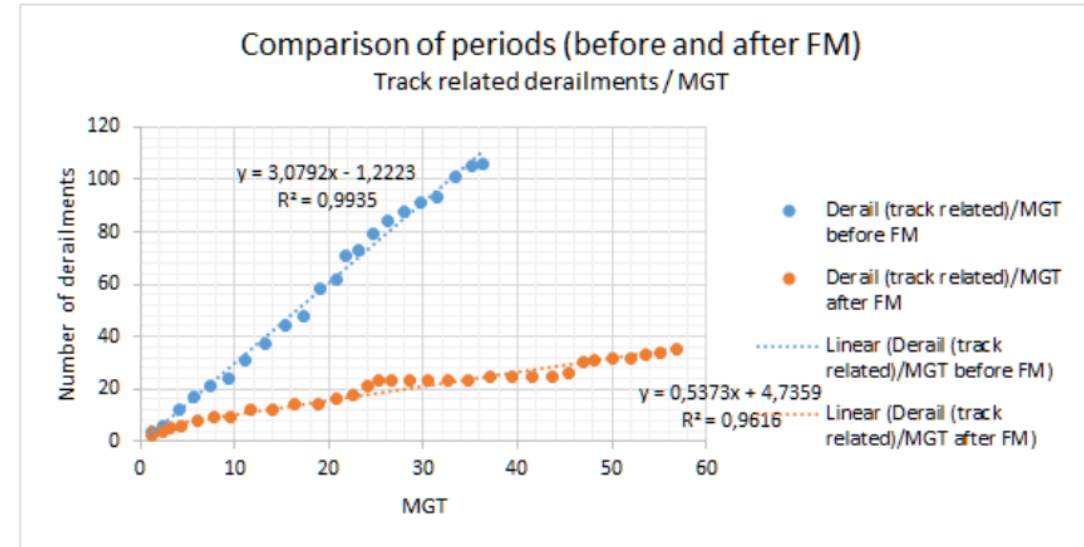
However, when the period after installation of gage face friction management equipment is analyzed, we have a significant reduction. From January to October 2017, derailments related to defects in track geometry totaled 12 events. A reduction of 72% when compared to the same period in 2016. In the period from January to October 2018 the reduction persists with the same condition of railway track and with a greater volume of transport; there were 4 derailments related to defects in track geometry, a reduction of 90% when compared to the same period in 2016.

RUMO Logística – Reducción de Descarrilamientos a través de la Gestión de la Lubricación

Translating this increased safety into numbers, derailment curves were drawn by MGT before and after the installation of the gage face friction management equipment.



Graph 7: Comparison of derailments/MGT before and after friction management



Graph 8: Comparison of track related derailments/mgt before and after friction management



RUMO Logística – Reducción de Descarrilamientos a través de la Gestión de la Lubricación

Conclusión: Impacto de la Gestión de la Fricción en la Prevención de Descarrilamientos

- En descarrilamientos causados por la vía:
 - Reducción del **82.5%** en la tasa de descarrilamientos
- Reducción de descarrilamientos por fallos en el material rodante:
 - Disminución del **64.3%** en la tasa de incidentes
- Menos descarrilamientos por fallos operacionales:
 - Reducción del **69.4%** en la tasa de fallos operativos

Reducciones superiores al 60% en la tasa de descarrilamientos, sin importar la causa raíz.



- **Factor clave en la prevención de descarrilamientos:**

- El **coeficiente de fricción en la cara del escantillón** es determinante para evitar incidentes.
- Tiene mayor impacto en la seguridad que otras variables relacionadas con el vehículo y la vía.

- **Alternativa eficiente a medidas de mantenimiento convencionales:**

- Los programas de mantenimiento requieren tiempo y recursos financieros elevados.
- La gestión de la fricción en la cara del escantillón ofrece una solución más rápida y accesible.

- **Resultados comprobados:**

- Reducción del **78.2% en los accidentes ferroviarios** en solo 22 meses tras su implementación.
- Beneficio inmediato sin afectar velocidades operativas ni capacidad de transporte.

- **Alta rentabilidad en términos de seguridad:**

- Pocas iniciativas han logrado mejoras tan significativas en la seguridad ferroviaria.
- A diferencia de la reducción de velocidad, no impacta la eficiencia del transporte.

- **Validación de la teoría de Nadal:**

- El control del coeficiente de fricción optimiza la relación **L/V**.
- Disminuye el riesgo de descarrilamiento, sin importar su causa específica.

Y del ruido que...



Con Modificadores de Fricción



Con Modificadores de Fricción



Conclusiones

06

Lecciones Clave

Implementar un programa eficaz de administración de fricción mejora significativamente la seguridad de la operación ferroviaria, optimiza costos y contribuye a la sustentabilidad del sistema.

- Factor clave en la prevención de descarrilamientos
- Alternativa eficiente a medidas de mantenimiento convencionales
- Resultados comprobados
- Alta rentabilidad en términos de seguridad



Q&A

Fuentes de Referencia

1. AREMA (American Railway Engineering and Maintenance-of-Way Association)

1. *Manual for Railway Engineering (MRE)*, Volumen 1-4, Sección 4 – "Track"
2. Publicación anual sobre mejores prácticas en mantenimiento y operación ferroviaria en Norteamérica.
3. Disponible en: www.arema.org

2. Normas Europeas (EN - European Standards)

1. *EN 16028: Railway applications – Wheel/Rail friction management*
2. Define los requisitos para la gestión de la fricción en interfaces rueda-riel en sistemas ferroviarios europeos.
3. Acceso a través de organismos de normalización como CEN (*Comité Europeo de Normalización*).

3. Manual de Vía de Ferrocarriles Mexicanos

1. Documento técnico que regula la construcción y mantenimiento de la infraestructura ferroviaria en México.
2. Publicado por la Agencia Reguladora del Transporte Ferroviario (ARTF), México.
3. Disponible en: www.gob.mx/artf

4. UIC (Union Internationale des Chemins de fer)

1. *UIC Code 519 – Wheel/Rail Contact*
2. Publicación sobre la interacción entre rueda y riel, incluyendo gestión de fricción y lubricación.
3. Disponible en: www.uic.org

5. Investigaciones y Publicaciones Científicas

1. Kalousek, J., & Magel, E. (2001). "Lubrication and Friction Control in Rail Operations". *Wear*, 251(1-12), 204-213.
2. Arias-Cuevas, O. (2010). *Low Adhesion in the Wheel-Rail Contact and Its Influence on Railway Operation*. TU Delft.
3. Publicaciones disponibles en bases de datos como *ScienceDirect* y *Google Scholar*.

Fuentes de Referencia

6. Rumo Logistica - Brasil

1. Reduction of Derailments
2. SIRT 2019 – 95% on rail lateral wear

7. Canada Pacific

1. CP 100% Effective Lubrication Initiative – Presenting rail wear reduction with gage face lubrication only
2. CP 100% Effective Friction Management – Presenting the second phase of their project with the addition of TOR lubrication with friction modifier.

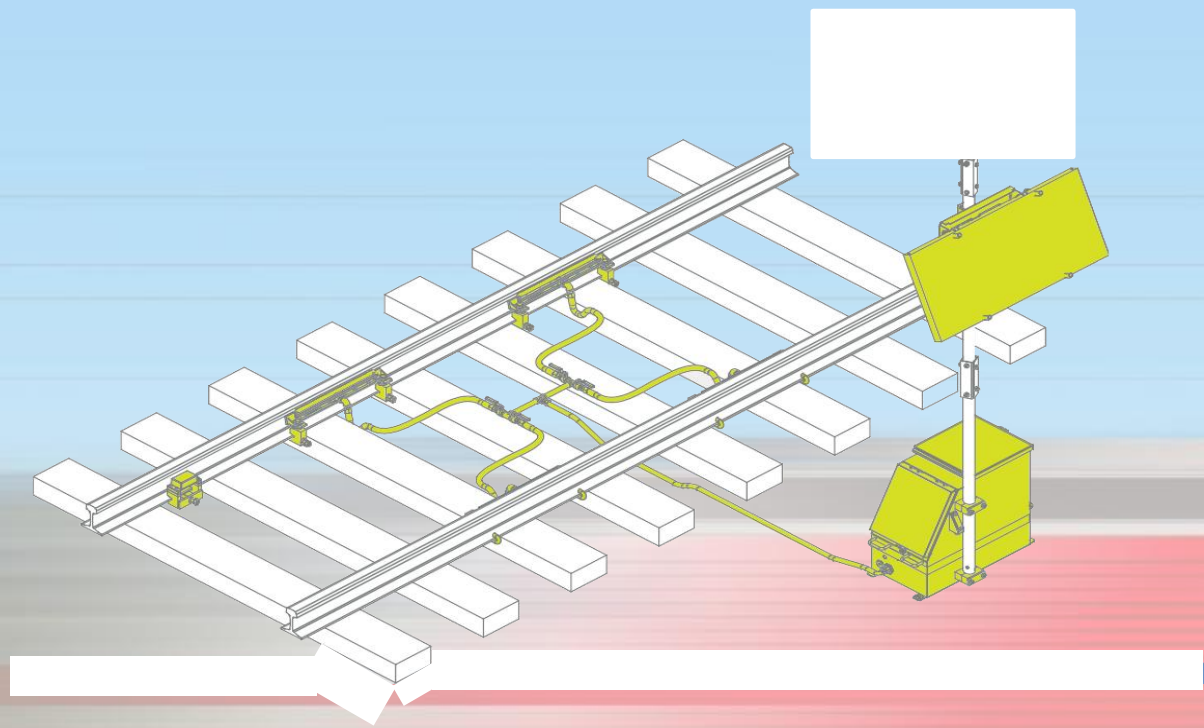
8. IHHA 2011

1. GF Lubrication IHHA2011 – Gauge Face Lubrication: How Much Do We Really Understand?

9. On board lubrication

1. DTE-RH Wheel LCF – presenting Wheel Life Extension With On-Board Solid Stick Flange Lubrication

10. J.DeKoker., "Development of a Formulae to Place Rail Lubricators", Fifth International Tribology Conference, 27-29 September, 1994



Gracias por su atención