

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tesisenxarxa.net) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tesisenred.net) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tesisenxarxa.net) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

**UPC DPE. PROGRAMA DE DOCTORADO DE
INGENIERÍA DE PROYECTOS Y SISTEMAS**



**UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA**

DEPARTAMENT DE PROJECTES D'ENGINYERIA

TESIS DOCTORAL

**CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES
TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA
FERROVIARIO ESPAÑOL**

AUTOR:

D. JOSÉ PERLASIA GIOL
Ingeniero industrial

DIRECTOR DE LA TESIS:

D. JOSE LUIS ARQUES PATON
Doctor Ingeniero Industrial

DIRECTOR PONENTE DE LA TESIS:

Prof. D. LÁZARO V. CREMADES OLIVER
Doctor en Ciencias Químicas y en Ingeniería Química
Director del Programa de Doctorado en Ingeniería de Proyectos y Sistemas

**Tesis presentada para obtener el título de doctor por la
Universidad Politécnica de Catalunya**

Barcelona, septiembre de 2013

RESUMEN

OBJETO Y ALCANCE DE LA TESIS

La movilidad del transporte en España, en el modo ferroviario de ancho ibérico convencional, ha registrado entre los años 1975 y 2009 un aumento de 130 millones de kms-tren en el año 1975 a 180 millones de kms-tren en el año 2009, incluidos el transporte de viajeros y el de mercancías. En el servicio de viajeros, el público exige cada vez mayor rapidez de transporte y comodidad para reducir la duración de los viajes, valorando especialmente el elevado nivel actual de la seguridad ferroviaria y en el servicio de mercancías, además de la seguridad por el valor de las mercancías, el cumplimiento del plazo de transporte, origen - destino, de gran importancia para las empresas.

El aumento de recorridos en millones de kms-tren mencionado ha ido acompañado de un aumento de la velocidad máxima, que ha pasado de 120 km/h en 1975 a 160 km/h en 2009, sucesivamente. Por lo tanto ha aumentado también el riesgo, elevando así el reto para conseguir una disminución de los accidentes.

La experiencia en la historia del ferrocarril y muy especialmente en el periodo que se analiza en este estudio 1975-2009, constata que la seguridad en esta modalidad de transporte esta muy relacionada con factores tan importantes como la infraestructura de la vía, la superestructura, los sistemas de gestión, el material y el factor humano, lo que induce al autor a establecer la hipótesis de una correlación entre estos elementos y el nivel de seguridad.

El autor de este trabajo, profesional ferroviario que ha desempeñado responsabilidades ejecutivas y directivas, siempre en línea, en la Red Ferroviaria de Interés General Española, y entre ellas la gestión del mantenimiento del material, explotación, investigación de causas de accidentes y su prevención, estima poseer la formación y experiencia suficiente, para estudiar y analizar si los avances tecnológicos y operativos están detrás (o son la causa) de la evolución

positiva registrada, como consta en las aportaciones realizadas a lo largo de la vida profesional, recogidas en la bibliografía de la tesis.

El objeto del estudio es establecer la correlación que pueda existir entre la notable reducción de accidentes registrados en la Red Ferroviaria de Interés General, en el período, 1975-2009 y las aplicaciones tecnológicas realizadas al objeto de identificar cuáles han tenido un impacto mayor, en la mejora de la seguridad.

El interés de este conocimiento de nivel elevado basado en la experiencia de RENFE y en un periodo de 35 años, no solo es académico ya que la seguridad requiere un esfuerzo continuado y porque el nivel elevado de seguridad alcanzado por RENFE y la mayoría de Operadores Ferroviarios Europeos, no se ha alcanzado por otros Operadores.

Los accidentes recientes en la estación de Once, próxima a Buenos Aires y la de Chalupki en Polonia, indican que todavía queda mucho por hacer y entendemos, que las conclusiones objetivas de este trabajo serán de extraordinaria utilidad para aquellos otros Operadores que a diferencia de RENFE, tienen todavía mucho que realizar en el campo de la seguridad.

ABSTRACT

OBJECT AND SCOPE OF THE THERS

The transport mobility in Spain, in the Iberian gauge rail so conventional, recorded between 1975 and 2009 an increase of 130 million kms-train in 1975 to 180 million train kms-2009, including passenger transport and freight. In passenger service, the public demands rapidly growing transport and comfort to reduce travel time, especially valuing the present high level of railway safety and freight service, and security for the value of goods, transport term compliance, origin - destination of great importance for companies.

The increase of route million train- kms mentioned has been accompanied by an increase in speed, which has grown from 120 km / h in 1975 to 160 km / h in 2009, on. Thus the risk has also increased, raising the challenge to achieve a decrease in accidents.

Experience in railroad history and especially in the period analyzed in this study 1975-2009, notes that security in this mode of transport is closely related to important factors such as road infrastructure, the superstructure, the management systems, the material and the human factor, which induces the author to establish the hypothesis of a correlation between these elements and the security level.

The author of this work, has played professional railway executive and managerial responsibilities, always online, in General Interest Railway Network Spanish and management including maintenance of equipment, operation, investigation of accident causes and prevention estimates have sufficient training and experience, to study and analyze whether technological and operational advances are behind (or are the cause) of the positive developments, as reflected in the contributions made throughout professional life, as reflected in the literature of the thesis.

The purpose of the study is to establish the correlation that may exist between the significant reduction in accidents in the General Interest Railway Network in the period 1975-2009 and

technological applications performed in order to identify which have had a major impact on improved security.

The interest of this high level knowledge based on the experience of RENFE and over a period of 35 years, not only is academic since security requires sustained effort and because the high level of safety attained by RENFE and most Railway Operators Europe has not been achieved by other operators.

Recent Accidents Eleven station near Buenos Aires and the Chalupki in Poland, indicate that there is still much to do and understand, that the factual findings of this study will be extremely useful for those other operators RENFE unlike, still have much to do in the field of security.

PRÓLOGO

La evolución del ferrocarril desde su invención y aplicación al transporte de viajeros y mercancías ha estado sujeta en su desarrollo a un proceso de mejoras tecnológicas que han permitido mejorar la calidad del servicio en sus diversos aspectos de velocidad, confort y especialmente de seguridad, retos, difíciles de superar por pertenecer las distintas compañías de ferrocarril, (Norte, MZA, Oeste, Andaluces...) a concesiones privadas más preocupadas por obtener beneficios que demandaban los accionistas respecto de las primeras inversiones en la instalación del ferrocarril, que de los procesos de innovación y mejoras técnicas necesarias. En otros periodos las carencias de inversión emanaban del Estado limitado en sus presupuestos de modernización e innovación por causas derivadas de una guerra civil en el caso particular de los ferrocarriles españoles.

Han sido necesarios muchos años para obtener una mejora satisfactoria que situara los ferrocarriles españoles a niveles de calidad similares de los otros FFCC de la Comunidad Económica Europea y este período singular se ha dado en España en los años comprendidos entre 1975 y 2009.

Los primeros cien años 1840-1940 en que los ferrocarriles de la red de ancho ibérico estuvieron gestionados por las Compañías particulares, antes mencionadas, llevaron consigo escasas innovaciones, si acaso un aumento de potencia de las locomotoras pero con escasa innovación en señalización y enclavamientos aplicándose procedimientos rudimentarios de bloqueo de trenes, así como en el material motor y móvil. Por otra parte, la guerra civil española, destruyó infraestructuras y superestructuras y dejó este sistema de transporte en un estado tan lamentable que terminada dicha guerra civil el gobierno hubo de recurrir de inmediato a la nacionalización del sistema ferroviario, para iniciar su reconstrucción.

Las actuaciones de reconstrucción y modernización fueron lentas y de escasa magnitud por los efectos de la guerra la autarquía y la limitación de los recursos, no siendo hasta 1975, que pudo iniciarse una verdadera modernización acorde con los países occidentales de Europa.

Los resultados de mejora de la seguridad ferroviaria, que es medible con los criterios de la UIC (Unión Internacional de Ferrocarriles) han registrado en dicho periodo esta mejora en que los accidentes están muy próximos a cero y con expectativas de alcanzarlo normalmente en pocos años.

No obstante si bien se conoce esta mejora cuantitativa de la seguridad en el periodo indicado, no se ha encontrado entre las tesis registradas en las Universidades Politécnicas Españolas y otros trabajos, documentación que aporte correlación entre la mejora de resultados de seguridad y las actuaciones que han permitido su logro.

El objeto de este trabajo es buscar y demostrar esa correlación, estableciendo que las innovaciones tecnológicas han sido eficaces observando la evolución de los indicadores de seguridad en cada tipo de accidente y las tecnologías como la señalización, sistemas de control centralizados, la vía en relación con la aplicación progresiva de las mencionadas innovaciones y mejoras y la reducción de accidentes obtenida.

AGRADECIMIENTOS

Mi profundo agradecimiento al Dr. Ingeniero Industrial, Profesor **don José Luis Arques y Patón**, director de la tesis, quien a propuesta del Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Profesor **don Andrés López-Pita**, a quien expreso también mi profundo agradecimiento por su apoyo y valiosas orientaciones, acogió mi solicitud de dirección de la misma con total decisión desde el primer momento y me ha guiado en su diseño y consistencia con verdadera y muy experimentada maestría, tanto en el objetivo de la tesis como en el proceso de investigación y coherente presentación. También mi profundo agradecimiento al Dr. Ingeniero Industrial **don Marcos Serer Figueroa**, director corporativo de Idom Ingeniería y Sistemas S.A. por su acogida de la idea, gestiones de orientación y propuesta de director de tesis y Tutor.

Mi profunda gratitud a mi tutor y director de presentación del Proyecto, Profesor de la ETSEIB, Dr. en Ciencias Químicas y en Ingeniería Química, **don Lázaro Cremades y Oliver**, profesor titular de Proyectos de la ETSEIB, por su apoyo constante en las convalidaciones, de asignaturas adicionales, estructura de la tesis y también en la elaboración del trabajo conjuntamente con el **Dr. Arques**. Ambos me han orientado en su realización a la que solo no hubiera llegado. Mi profundo agradecimiento también al Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos y Economista, **don. José María Ruiz de Ojeda y García Escudero**, estimado amigo, antiguo director de RENFE e impulsor y consultor del trabajo. También mi especial gratitud a mi estimado amigo, **don Pere Paredes Llenas**, competente Delineante Proyectista y compañero de trabajo en Idom Ingeniería y Sistemas S.A., realizador del diseño de gráficos del proyecto, así como a su hija **Sra. Paula Paredes**.

Mi profundo agradecimiento, al Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos **don Antonio Lanchares Asensio**, Director de Seguridad en la Circulación de RENFE y a **don Manuel Conde García**, Jefe de Gabinete de la Dirección de Seguridad en la Circulación de RENFE, estimado amigo y compañero de trabajo en la Inspección General de RENFE y en la Dirección de Seguridad en la Circulación y Protección Civil entre los años 1984 y 1999.

Muchas gracias también a **Don Manuel Carmona**, Director de la Energía de ADIF, a **Don José Parejo Melero**, Director de Pasos a Nivel de ADIF así como a **Don Eduardo Perucha Esteban**, Director de Seguridad y Emergencias de ADIF, amigo y compañero de trabajo en RENFE, todos los cuales han hecho posible con su inestimable ayuda que llegara en mi propósito hasta la fase de presentación de este proyecto de tesis en la **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA**, para su defensa en sesión pública, si lo estima procedente el Tribunal.

Mi agradecimiento también a mi esposa, **D.ª María Botey López**, impulsora de todo trabajo profesional o académico y de este en particular, que ha apoyando con gran interés este objetivo, madurado durante más de 20 años

ÍNDICE

LISTADOS

Listado de gráficos	Pág.17
Listado de figuras	Pág.19
Listado de tablas	Pág.25
Listado de abreviaturas y símbolos	Pág.27
Listado de notas de pie de página.....	Pág.29
Glosario de términos.....	Pág.35

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Desarrollo del objetivo	Pág. 59
1.2 Hipótesis.....	Pág. 59
1.3 Objetivo de la Tesis	Pág. 60
1.4 Metodología de estudio.....	Pág. 60

2. SEGURIDAD Y ACCIDENTES FERROVIARIOS

2.1 Estado del arte	Pág. 63
2.2 Concepto y medida de los accidentes ferroviarios.....	Pág. 65
2.3 El sistema de seguridad ferroviario	Pág. 77
2.4 Las clases de accidentes ferroviarios	Pág. 81
2.5 Índices estadísticos de accidentalidad ferroviaria	Pág. 84

3. MARCO POLÍTICO Y DE GESTIÓN. INNOVACIONES TECNOLÓGICAS REALIZADAS

3.1 Preámbulo	Pág. 91
3.2 Objeto de este punto 3.	Pág. 92
3.3 Decisiones del Estado y RENFE.....	Pág. 93

4. LA PROBLEMÁTICA DE LOS PASOS A NIVEL Y LAS ACTUACIONES PREVENTIVAS REALIZADAS

4.1	Introducción.....	Pág. 107
4.2	Antecedentes.....	Pág. 108
4.3	Momento del paso a nivel.....	Pág. 113
4.4	Disposiciones legales existentes antes de 1975 y entre 1975 y 2009	Pág. 114
4.5	Las clases de pasos a nivel	Pág. 115
4.6	Aplicación de las distintas protecciones de pasos a nivel por clases.....	Pág.119
4.7	Actuaciones sobre los pasos a nivel de las clases A y B. Gráfico GR-5B	Pág. 120
4.8	Actuaciones sobre los pasos a nivel de las clases C, D y E. Gráfico GR-4B	Pág. 129
4.9	Conclusiones	Pág. 142

5. TECNOLOGÍA DE SEÑALIZACIÓN Y BLOQUEOS EN LA PREVENCIÓN DE COLISIONES DE TRENES

5.1	Principios fundamentales de la seguridad en la circulación de trenes.....	Pág. 145
5.2	Los sistemas de bloqueo de trenes entre estaciones.....	Pág. 147
5.3	Separación mínima entre dos trenes consecutivos.....	Pág. 158
5.4	Función del sistema ASFA.....	Pág. 159
5.5	Otros sistemas de señalización.....	Pág. 162
5.6	Sistemas de enclavamientos. Movimiento de trenes.....	Pág. 167
5.7	Otros sistemas de seguridad en la circulación.....	Pág. 170
5.8	Evolución de los accidentes 1975-2009. Actuaciones preventivas.	Pág. 175
5.9	Actuaciones realizadas y la reducción de accidentes por colisiones	Pág. 175
5.10	Conclusiones.....	Pág. 185

6. LOS FACTORES DE INFLUENCIA SOBRE LA SEGURIDAD DE LA VÍA Y LA CONTRIBUCIÓN DE LAS INNOVACIONES EN TECNOLOGÍA DE VÍA EN LA PREVENCIÓN DE DESCARRILAMIENTOS

6.1	El problema técnico de la seguridad en la vía.....	Pág. 191
6.2	Elementos de la vía ferroviaria, riesgos de descarrilamientos	Pág. 192
6.3	Las actuaciones en la vía en planes anteriores a 1975.....	Pág. 218
6.4	Evolución de los descarrilamientos entre 1975 y 2009 en vías de RENFE.	Pág. 222

6.5	Las actuaciones innovadoras en mantenimiento y renovación de vía.	Pág. 225
6.6	Causas de los descarrilamientos en el periodo 1975-2009.	Pág. 228
6.7	Conclusiones	Pág. 229

7. INCENDIOS Y EXPLOSIONES. EL CASO PARTICULAR DE QUE SE PRODUZCAN EN TÚNELES

7.1	Riesgo de incendios y explosiones en el ferrocarril. Definiciones.	Pág. 233
7.2	Algunos ejemplos de accidentes por incendios y explosiones.	Pág. 238
7.3	Gráfica de la evolución del total de accidentes por incendios y explosiones.	Pág. 242
7.4	Examen del problema y acciones preventivas	Pág. 245
7.5	Prevención de incendios en estaciones	Pág. 249
7.6	Prevención de incendios en las proximidades de la vía.	Pág. 251
7.7	Prevención de incendios en túneles urbanos. Norma ISTF.	Pág. 254
7.8	Conclusiones.	Pág. 259

8. LOS ARROLLAMIENTOS DE OBSTÁCULOS EN LA VÍA Y LA APLICACIÓN DE MEDIDAS PARA EVITARLOS

8.1	Definición de este tipo de accidente y de las variantes que engloba	Pág. 263
8.2	Ejemplos y análisis de cada uno de los distintos casos	Pág. 264
8.3	Evolución de los accidentes específicos por arrollamiento de obstáculos.	Pág. 281
8.4	Conclusiones	Pág. 285

9. LA SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS. PREVENCIÓN DE LAS DESCOMPOSICIONES DE CARGAMENTO

9.1	Definición de este tipo de accidente y las variantes que engloba.	Pág. 289
9.2	Normativa sobre seguridad en la inmovilización de cargamentos	Pág. 291
9.3	Normativa sobre el transporte de materias peligrosas.	Pág. 296
9.4	Gráfica de accidentes por descomposición cargamentos	Pág. 296
9.5	Conclusiones	Pág. 299

10. REBASE DE SEÑALES Y TALONAMIENTOS

10.1	Definición de este tipo de accidentes. Introducción.	Pág. 301
10.2	Rebase de una señal que ordene parada.	Pág. 302

10.3	Desvíos talonables o de retorno automático	Pág. 304
10.4	Posición de las señales.....	Pág. 305
10.5	Riesgos de los rebases.....	Pág. 307
10.6	Rebases autorizados en una estación sobre vía ocupada.	Pág. 308
10.7	Sucesos anteriores de características similares	Pág. 312
10.8	Rebase sin autorización de una señal de salida en parada por un tren.....	Pág. 314
10.9	Zona donde se produce el rebase de señal y talonamiento.....	Pág. 314
10.10	Medidas correctoras y actuaciones en el periodo 1975-2009.....	Pág. 316
10.11	El fallo humano en talonamientos y rebase de señal.	Pág. 317
10.12	Gráfica de la evolución de accidentes por talonamiento.....	Pág. 319
10.13	Conclusiones.....	Pág. 320

11. TECNOLOGÍA EN ELECTRIFICACIÓN, INNOVACIONES INCORPORADAS Y SUS EFECTOS EN LA REDUCCIÓN DE ENGANCHES DE PANTÓGRAFO

11.1	Introducción y objetivo. Antecedentes técnicos.....	Pág. 323
11.2	Tecnología del sistema de electrificación ferroviario.....	Pág. 327
11.3	Análisis de los distintos problemas de esta tecnología.....	Pág. 336
11.4	Situación de la accidentalidad por enganches de pantógrafo en 1975	Pág. 340
11.5	Investigación desarrollada por la Dirección de Energía en RENFE	Pág. 343
11.6	Línea de acción desarrollada	Pág. 352
11.7	Rediseño de ingeniería de las piezas objeto de estudio por fallos	Pág. 353
11.8	Conclusiones relativas a la disminución del número de enganches.....	Pág. 359

12. EL FACTOR HUMANO EN LA SEGURIDAD EN LA CIRCULACIÓN

12.1	Entorno social.	Pág. 361
12.2	El Factor humano.	Pág. 361
12.3	Análisis del aspecto humano de la seguridad.....	Pág. 369
12.4	La gestión del riesgo por fallo humano.	Pág. 372

13. CONCLUSIONES GENERALES, APORTACIÓN DE TESIS Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

13.1 Conclusiones generales	Pág. 377
13.2 Evento extraordinario sobrevenido tras concluir esta tesis	Pág. 389
13.3 Aportación de tesis.	Pág. 391
13.4 Líneas futuras de investigación.....	Pág. 394

14. PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS

14.1 Sistema de control de obras ferroviarias	Pág. 409
14.2 Supresión de pasos a nivel y protección automática	Pág. 425
14.3 Las implementaciones de sistemas de gestión del tráfico y la seguridad.....	Pág. 459

15. ÍNDICE TEMÁTICO	Pág. 489
----------------------------------	-----------------

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	Pág. 493
--	-----------------

17. ANEJOS AL PROYECTO DE TESIS.	Pág. 499
--	-----------------

LISTADOS

Listado de gráficos

GR-E2	Evolución del número de accidentes por clase. Gráfico de barras y sectorial.....	Pág.69
GR-14	Evolución del número total de accidentes totales y parciales	Pág 71
GR-15	Evolución del número de accidentes por clases	Pág 73
GR-2	Evolución de los millones de kms–tren recorridos por trenes convencionales	Pág.87
GR-3	Evolución del índice de frecuencia de accidentes	Pág 89
GR-5B	Evolución del número de accidentes por arrollamiento de vehículos en pasos a nivel de las clases A y B	Pág.121
GR-4B	Evolución del número de accidentes por arrollamiento de vehiculos en pasos a nivel (clase C, D y E).....	Pág.131
GR-6A	Evolución del número de accidentes por colisiones	Pág.177
GR-6D	Gráfico de implementación de nuevas tecnologías y evolución de las colisiones.....	Pág.183
GR-7	Evolución del número total de accidentes por descarrilamientos.....	Pág.223
GR-8	Evolución del número de accidentes por incendios y explosiones.....	Pág.243
GR-9	Evolución del número de accidentes por arrollamiento de obstáculos	Pág.283
GR-10	Evolución del número de accidentes por descomposiciones de cargamentos.....	Pág.297
GR-11	Evolución del número total de accidentes por talonamientos y rebase de señales	Pág.321
GR-12A	Evolución del número de accidentes por enganches de pantógrafo	Pág.341
GR-12B	Evolución del número de accidentes de enganches de pantógrafo. Líneas en construcción y en servicio	Pág.345
GR-12C	Líneas electrificadas a las que se ha dotado de sistema de regulación automática de la gestión mecánica.....	Pág.347

GR-16 Resumen conceptual..... Pág. 387

Listado de figuras

2.1	La realimentación del sistema de seguridad en la circulación	Pág.78
2.2	Accidente de circulación. FEVE. Barres 10-1-2012. Internet	Pág.79
2.3	Diversas clases de accidentes ferroviarios.....	Pág.82
2.4A	Situación de la accidentalidad en RENFE en el año 1975 y 2009.....	Pág.85
2.4B	Situación de la accidentalidad en RENFE en el año 1975 y 2009.....	Pág.86
3.1	Pupitre de cabina con el sistema ASFA	Pág.94
3.2	CTC. Montcada –Vic. Estación de Vic.....	Pág.95
3.3	AVE Madrid-Sevilla. Almodóvar del Rio.....	Pág.97
3.4	Paso a nivel clase B. Señales fijas, luminosas y acústicas	Pág.98
3.5	Puesto de Mando de Miranda de Ebro	Pág.105
4.1	Antiguo paso a nivel con guardería a pie de paso y barreras levadizas.....	Pág.108
4.2	Vehículo arrollado en un paso a nivel de una urbanización	Pág.110
4.3	Innovación tecnológica de construcción de un paso a distinto nivel	Pág.112
4.4	Supresión de un paso a nivel y construcción de un paso inferior al lado.....	Pág.113
4.5	Paso a nivel, clase A. Orden del 2-8-1981	Pág.116
4.6	Paso a nivel, clase B. Señales fijas, luminosas y acústicas	Pág.116
4.7	Paso a nivel clase C. Protección con semibarreras enclavadas con las señales de entrada y salida.....	Pág.117
4.8	Paso a nivel clase C. Protección con semibarreras automáticas	Pág.118
4.9	Paso a nivel clase E. Protección con personal a pie de paso	Pág.118
4.10	Gráfico 4. Evolución de las matriculaciones de turismos y del PIB a precios constantes 1980-2002- Fuente: CENTRO DE ESTUDIOS TOMILLO S.L.	Pág. 125
4.11	Paso a nivel protegido clase C. Semibarreras enclavadas con la señal de la estación.....	Pág.133
4.12	Paso elevado en la carretera de La Peña a Jaca para la supresión de un paso a nivel.....	Pág.143

4.13	Paso a nivel protegido por semibarreras enclavadas con las señales y paso de peatones anejo	Pág. 143
5.1	Fórmulas de procedimiento.....	Pág.148
5.2	Fórmulas de procedimiento.....	Pág.149
5.3	Gabinete telefónico de la estación de Lérida.....	Pág.149
5.4	Cuadro de operaciones del bloqueo eléctrico manual.....	Pág.150
5.5	Esquema de trayecto con bloqueo automático en vía única	Pág.150
5.6	Mesa de mando del CTC Brañuelas-Ponferrada inaugurada 27-04-1954	Pág.151
5.7	Esquema de trayecto con Bloqueo automático en doble vía.....	Pág.152
5.8	Esquema de trayecto con bloqueo automático banalizado	Pág. 152
5.9	Vista de un de trayecto con Bloqueo automático banalizado.....	Pág. 153
5.10	Pantallas de CTC que registran posición de trenes y los envíos de órdenes.....	Pág.156
5.11	Sala de CTC (Puesto de Mando de Barcelona).....	Pág.157
5.12	Separación mínima entre dos trenes consecutivos	Pág.159
5.13	El ASFA en el pupitre de conducción	Pág.160
5.14	Baliza en la caja de la vía.....	Pág.160
5.15	Panel de ASFA digital	Pág.161
5.16	Señal dotada de ASFA.....	Pág.162
5.17	Señal indicadora de entrada a vía directa o a vía desviada	Pág.163
5.18	Pantallas de proximidad de una señal avanzada	Pág.163
5.19	Piquete de entrevía	Pág.164
5.20	Cartelón de silbar	Pág.165
5.21	Anuncio de velocidad limitada, velocidad limitada y fin de velocidad limitada.....	Pág.165
5.22	Señal de parada a mano	Pág.166
5.23	Señales por cabeza	Pág.166
5.24	Evolución de los enclavamientos y sus mesas de control	Pág.168
5.25	Esquema de una estación con señalización y enclavamiento.....	Pág.169
5.26	Banda de regulación. Radiotelefonía de trenes	Pág.171
5.27	Pantalla en cabina. Radiotelefonía de trenes.....	Pág.171

5.28	Pantalla de intercomunicación entre el Puesto Móvil de regulación y el Puesto Fijo	Pág.172
5.29	Cabina de conducción de locomotora 252 con sus indicadores y registradores	Pág.174
6.1	Contaminación de la capa de balasto	Pág.194
6.2	Formación de manchas blancas en la capa de balasto	Pág.194
6.3	Elementos de infraestructura y superestructura de la vía	Pág.195
6.4	Las nuevas traviesas monobloc.....	Pág.196
6.5	Sección de carril de 54 kg m.l.	Pág.197
6.6	La sujeción Nabla	Pág.198
6.7	La sujeción SKL. Vossloh	Pág.198
6.8	El nuevo carril de 54 kg m.l.	Pág.199
6.9	Soldadura de vía	Pág.200
6.10	Aparato de dilatación	Pág.200
6.11	Contorno de referencia de gálibo cinemática para líneas convencionales.....	Pág.201
6.12	Partes principales de un desvío	Pág.202
6.13	Cerrojo de uña para asegurar la inmovilización del desvío	Pág.203
6.14	Fuerza centrífuga y peralte	Pág.204
6.15	Alabeo.....	Pág.206
6.16	Condición de descarrilamiento de Nadal.....	Pág.207
6.17	Tipos de desgaste de cabeza de carril	Pág.210
6.18	Vagones a ejes y a boggies. Elaboración propia del Autor.	Pág.211
6.19	Pandeo de vía	Pág.212
6.20	Carril roto bajo carga	Pág.213
6.21	Dresina auscultadora de vía	Pág.214
6.22	Renovación de vía 1964-1975. Plan de modernización	Pág.220
6.23	Mapa de renovación de vía en el periodo de 1964-1975.....	Pág.221
6.24	Tren de renovación rápida de la casa Matisa.....	Pág.228

7.1	Arco eléctrico pantógrafo-hilo de contacto	Pág.236
7.2	Pantógrafo y equipo eléctrico de toma de corriente	Pág.236
7.3	Interior de tren Civia RENFE	Pág.237
7.4	Apeadero de Sabadell-Centro	Pág.239
7.5	Esquema de la zona donde se produjeron las explosiones	Pág.241
7.6	Estación de Madrid-Atocha sector Cercanías	Pág.242
7.7	Efectos de un incendio en el interior de un coche de viajeros	Pág.246
7.8	Caja de grasa de vagón.....	Pág.248
7.9	Mapa de ubicación de detectores de caldeo en la Red.....	Pág.249
7.10	Vía tratada con productos herbicidas	Pág.252
7.11	Prevención de incendios por desherbado.....	Pág.252
7.12	Tren herbicida y sistemas de control y registro.....	Pág.254
7.13	Conjunto de disposiciones vigentes relativas a Protección Civil Ferroviaria	Pág.255
7.14	Pasarelas y salidas de emergencia. Galería comunicación túneles gemelos	Pág.256
7.15	Salida de emergencia, exterior a la calle e interior	Pág.257
7.16	Página de la Norma Básica de Autoprotección	Pág.258
7.17	Página de la Norma Básica de Autoprotección de RENFE	Pág.259
8.1	Posición en el tren del vagón con la caja de grasa averiada y tipo de vagón	Pág.264
8.2	Caída a la vía de un vehículo desde una carretera.....	Pág.266
8.3	Guardarrail para protección de salidas de carretera.....	Pág.267
8.4	Esquema del tramo de vía donde se produjo el hecho.....	Pág.268
8.5	Costas de Garraf. Zona del accidente y túnel artificial.....	Pág.270
8.6	Dyploris equipados de vía.....	Pág.272
8.7	Clavadora de tirafondos de vía.....	Pág.272
8.8	Esquema de la estación de Granollers-Centre. Arrollamiento de calce	Pág.273
8.9	Zona de ubicación de señal S2/7-9. Granollers	Pág.274
8.10	Cerramiento de vía. Zona urbana.....	Pág.276
8.11	Cerramiento de vía. Zona marítima y urbana	Pág.276
8.12	Calafell instalará vallas de protección con detectores de rotura	Pág.277
8.13	Zona de vía del arrollamiento de ovejas.....	Pág.278

8.14	Arrollamiento de una topera por dos unidades de tren maniobrando.....	Pág.279
8.15	Especialistas controlando una fuga de gas.....	Pág.280
9.1	P.K. de la línea donde se produjo la caída.....	Pág.290
9.2	Descomposición del cargamento de un tren de mercancías y afectación a uno de viajero	Pág.291
9.3	Tipo de amarre que se rompió dando origen al accidente.....	Pág.292
9.4	Amarre.....	Pág.293
9.5	Tren de contenedores cola	Pág.293
9.6	Sistema de cierre de puertas de un contenedor de 20 pies.....	Pág.294
9.7	Localización de la fábrica ERTISA en Huelva.	Pág.295
10.1	Vista de un desvío ordinario	Pág.301
10.2	Distintos aspectos de una señal de parada.....	Pág.303
10.3	Partes de un desvío, puntas, agujas, cruzamiento, talón, etc.....	Pág.304
10.4	Desvío talonable de retorno automático con cerrojo de uña	Pág.305
10.5	Señal de para permisiva	Pág.307
10.6	Nudo ferroviario subterráneo de Glories en Barcelona.....	Pág.309
10.7	Esquema del accidente. Informe del Ministerio de Fomento	Pág.310
10.8	Cabina frontal del tren 25562 después de investir al TALGO por cola	Pág.311
10.9	Referencia en El Periódico de Catalunya 15-07-2012(texto).....	Pág.313
10.10	Referencia en El Periódico de Catalunya 15-07-2012 (foto de cabina).....	Pág.313
10.11	Señales de rebase autorizado de una señal en parada.....	Pág.314
10.12	Zona de rebase de señal y talonamiento.....	Pág.315
10.13	La atención permanente a las órdenes de las señales	Pág.317
10.14	Las condiciones atmosféricas aumentan las dificultades de conducción	Pág. 319
11.1	Vista de la zanja de la calle Aragón de Barcelona	Pág.324
11.2	Locomotora Westinghouse y Baldwin. Estados Unidos 1924	Pág.325
11.3	Locomotora 7622 en cabeza del tren expreso Barcelona-Sevilla	Pág.326
11.4	Línea de A.T., en corriente alterna que alimenta un subestación convertidora.....	Pág.327

11.5	Vista de una subestación de línea de montaña.....	Pág.328
11.6	Esquema de alimentación de una estación en vía única con subestación.....	Pág.328
11.7	Doble vía electrificada sin compensar. Tipo RENFE años 1950-60.....	Pág.331
11.8	Facsimil de algunos elementos de catenaria que recoge el Memorando	Pág.333
11.9	Partes del pantógrafo.....	Pág.333
11.10	Esquema de principio de la regulación automática de tensión.....	Pág.335
11.11	Pantógrafo elevado	Pág.338
11.12	Elementos de mayor riesgo de la catenaria en contacto permanente con el pantógrafo a efectos de enganches	Pág.340
11.13	Maquinaria de mantenimiento de vía electrificada	Pág.354
11.14	Catenaria rígida en transporte subterráneo urbano.....	Pág.356
11.15	Perfil de soporte del hilo de contacto.....	Pág.357
12.1	Nevada en Cataluña 7-3-2010.....	Pág.367
12.2	Cerramiento a lo largo de la vía.....	Pág.368
12.3	Importancia del control periódico de las condiciones del personal	Pág.369
12.4	Simulador de conducción	Pág.374
12.5	Imágenes que aparecen en el simulador.....	Pág.375
12.6	Imágenes que aparecen en el simulador.....	Pág.375
13.1	Tren Alvia tomando la curva de A Grandeira en las proximidades de Santiago de Compostela.....	Pág. 389
13.2	Túneles de El Perthus con bitubo cruzando los Pirineos	Pág.394
13.3	Sistema ERTMS	Pág.397
13.4	Eurobalizas.....	Pág.398
13.5	Conservación de vía	Pág.399
13.6	Sección de túnel en vía única.....	Pág.402
13.7	Detector de obstáculo	Pág.403
13.8	Estudios de interacción pantógrafo catenaria.....	Pág.406

Listado de tablas

1.1	Denominación de las clases de accidentes ferroviarios	Pág.83
4.1	Aplicación de las distintas protecciones de pasos a nivel por clases.....	Pág.120
4.2	Existencia de pasos a nivel de las distintas clases en 1975 y en 2009.....	Pág.126
4.3	Ratios: $(n^{\circ}$ total de accidentes en pasos a nivel A+B / n° pasos a nivel A+B) * 100.....	Pág.128
4.4	Existencia de pasos a nivel de las distintas clases en 1975 y en 2009.....	Pág.135
4.5	Evolución de la existencia de los pasos a nivel en servicio	Pág.136
4.6	Ratios: $(n^{\circ}$ total de accidentes C, D, y E / n° total de pasos a nivel en servicio C, D y E) *100	Pág. 137
5.1	Evolución de la tecnología de seguridad e innovación tecnológica	Pág.179
5.2	Evolución de los enclavamientos en estaciones.....	Pág.182
6.1	Valores Y/Q	Pág.209
6.2	Renovación de vía 1964-1975.....	Pág.220
6.3	Resumen de las causas de los descarrilamientos en la tabla anterior.....	Pág.229
7.1	Medios de extinción.....	Pág.251
7.2	Prevención de incendios y explosiones.....	Pág.260
11.1	Resumen de la exposición. Evaluación de la eficacia de las sucesivas actuaciones realizadas para la reducción de enganches de pantógrafo	Pág.358
12.1	Conceptos que caracterizan un vehículo respecto a la seguridad.....	Pág.370
12.2	Comparación entre características humanas y las máquinas	Pág.371
13.1	Indicadores de accidentalidad 1975-2009	Pág.377

Listado de abreviaturas y símbolos

RENFE	Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles
UPC	Universidad Politécnica de Cataluña
KMS-TREN	Kilómetros recorridos por un tren desde su origen hasta su destino
CIVIA	Marca de un tren de composición variable 2, 3, 4, 5 coches
ETSEIB	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona
ASFA	Aviso de señales y frenado automático. Sistema de seguridad de ayuda a la conducción de tren
P	Cartelón ubicado bajo los focos de una señal de bloqueo que indica que permite ser rebasada si la vía está libre hasta 10 metros de la cola del tren precedente que estará detenido en la señal siguiente o en un punto kilométrico anterior
UIC	Unión Internacional de Ferrocarriles
ADIF	Administrador de Infraestructuras Ferroviarias en España
CEE	Comunidad Económica Europea
FEVE	Ferrocarriles de vía estrecha
If	Índice de frecuencia de accidentalidad ferroviaria
AxT	Momento de un paso a nivel; producto del promedio de automóviles diario que lo cruzan por el promedio diario de los trenes que también circulan por él.
R.D.	Real Decreto (código numérico y fecha publicación)
TRANSPONDERS	Elementos del ASFA
Bourè	Uno de los primeros sistemas de enclavamiento aguja-cerradura central de origen francés
PCR	Puesto central de radiotelefonía de trenes
1.435 mm	Ancho de vía UIC entre caras internas de cabeza de carril
$Y=V^2/R$	Aceleración en el plano vertical
ml.	Metro lineal (54 Kgs ml) Característica fundamental de un carril
UNE	Conjunto de Normas tecnológicas españolas
EN	Norma Europea

C.A.F	Compañía Auxiliar de Ferrocarriles
FIRST	Acrónimo de criterios para la selección de materiales ignífugos
BIE's	Bocas de incendio equipadas
ISTF	Instrucción de seguridad para túneles ferroviarios
Cs	Factor de seguridad en taludes
TALGO	Tren articulado ligero Goicoechea – Oriol
A.T.	Alta tensión
CIAF	Comisión de Investigación de Accidentes Ferroviarios. Ministerio de Fomento

Referencias de notas de pie de página

Pág.	Nº nota	Referencia
64	1	Nota del autor del trabajo. El concepto estudiado es el de la seguridad en la circulación ferroviaria pues evidentemente existen otros aspectos como la seguridad corporativa de protección al viajero, en el trabajo, etc.
66	2	Plan anual de seguridad en la circulación, de la DIRECCIÓN DE INSPECCIÓN Y SEGURIDAD. DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS DE RENFE
67	3	Directiva 91/1440 sobre Política Ferroviaria Comunitaria.
67	4	Documentos de la Dirección de Inspección y Seguridad de RENFE para la regulación del tratamiento de la información sobre accidentes de circulación ferroviaria 1992.
67	5	Centros de Tratamiento Integral de Trenes, para el mantenimiento global.
77	6	Las visitas de seguridad a la línea incluidas todas sus dependencias y a los trenes en circulación y talleres ejecutando el mantenimiento son fundamentales para la seguridad y su constante mejora pues suponen una verificación rigurosa por técnicos muy especializados en cada uno de los aspectos inspeccionados y también la ejecución de las correcciones oportunas.
78	7	REGLAMENTO GENERAL DE CIRCULACIÓN. Base normativa para regular la circulación de los trenes comprendiendo las disposiciones básicas, como Generalidades, Señales, Circulación, Bloqueos, Trenes y Maniobras tal como se expone en el capítulo 5.
83	8	Elaboración propia del autor con datos de la documentación y definiciones de la Dirección de Inspección y Seguridad 1997
91	9	Ley de bases de ordenación ferroviaria y de transportes por carretera de 24 de enero de 1941
91	10	Redactado como consecuencia del estudio e informe del Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo (BIRD)

Pág.	Nº nota	Referencia
93	11	LIBRO BLANCO DE TRANSPORTES, publicado por el Ministerio de Transportes en 1987, recogiendo las necesidades de planificación de transportes en España con un horizonte del año 2000.
95	12	El primer Reglamento General de Circulación se publicó en 1982 para reunir toda la documentación de circulación muy dispersa. Por razones de innovación tecnológica fue actualizado en enero de 1993 y al producirse la separación de RENFE y ADIF fue revisado nuevamente en 2006, siempre para la RENFE o después la Red Ferroviaria de Interés General.
97	13	El Consejo de Ministros acuerda la implantación del ancho de vía europeo, de 1,435 metros, en las líneas de alta velocidad, entendiendo por ahora como tales el eje comprendido entre las ciudades de Sevilla, Madrid y Barcelona. PLAN NAFA. Nuevos accesos ferroviarios a Andalucía.
97	14	1990. Real Decreto 1211/1990 de 28 de septiembre.
99	15	El Plan de Seguridad en la Circulación elaborado por la Dirección de Inspección y Seguridad de RENFE creada en 1992 y perteneciente a la DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA
109	16	Real Decreto 2422/1978 de 28-8-1978, sobre pasos a nivel que fue un importante revulsivo e inició de una acción continuada de supresión y protección de los pasos a nivel con resultados muy favorables de inmediato.
139	17	Resumen del Real Decreto 780/2001 de 1 de agosto en sus disposiciones más directamente relacionadas con el aumento de seguridad en cruces de pasos a nivel
146	18	En el periodo de estudio 1975-2009, han estado vigentes los Reglamentos Generales de Circulación de 1982, 1993 y 2006, cada vez más reducidos en cuanto a Normas, al automatizar progresivamente las funciones correspondientes a ellas

Pág.	Nº nota	Referencia
148	19	En 1985 el Gobierno decretó el cierre de 914 kms de líneas con objeto de reducir costes teniendo en cuenta que se trataba de líneas y estaciones con un tráfico muy reducido o casi nulo.
150	20	Fuente Análisis de Mecánica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI. Los trenes circulan aun por la izquierda.
152	21	Fuente Análisis de Mecánica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI
153	22	Fuente Análisis de Mecánica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI
160	23	Fuente: del Fascículo de ASFA, que forma parte del Manual de Circulación de ADIF
162	25	Línea de Moncada Bifurcación a Ripoll. Archivos de servicio del Autor.
168	26	Manual de circulación RENFE.
171	27	Manual de circulación. ADIF. Radiotelefonía de trenes.
193	28	Prof. Dr. ICCP D. Andrés Lopez Pita. Infraestructuras Ferroviarias
200	29	Fuente Internet. Soldadura de vía Internet- RAILTECH..
204	30	Prof. Dr. ICCP D. Andrés Lopez Pita. Infraestructuras Ferroviarias
204	31	Prof. Dr. ICCP D. Andrés Lopez Pita. Infra estructuras Ferroviarias
205	32	Prof. Dr. ICCP D. Andrés Lopez Pita. Infraestructuras Ferroviarias
209	33	Prof. Dr. ICCP D. Andrés Lopez Pita. Infraestructuras Ferroviarias
214	34	Bélen Molina Sánchez. Tesis doctoral
215	35	Arques J.L. Abril 2007. Ejemplo de adaptación de un vehículo tractor para la auscultación de vía y catenaria. Madrid. Seminario de Tecnología de vía. Foro del ferrocarril y del Transporte
216	36	Molina Sánchez Belen. Tesis doctoral. Internet. Universidad Politécnica de Madrid
219	37	150 años de Historia de los Ferrocarriles Españoles
220	38	150 años de Historia de los Ferrocarriles Españoles
228	39	Dr. ICCP, Prof Andrés López Pita

Pág.	Nº nota	Referencia
235	40	Notas del autor, que participó en la investigación de accidentes.
236	41	Alvarez Mantaras, Daniel. Dr. ICCP. Ferrocarriles. Ingeniería e infraestructura de los transportes.
236	42	Norma UNE 23727. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción.
264	43	El Autor incluye este caso, a pesar de que tuvo lugar el 11-11-2010 por dificultades de obtención de documentación relativa al periodo 1975-2009, aunque le consta que fueron numerosos
272	44	PROFERR Producciones Ferroviarias S.L. Catálogo de Internet.
275	45	21908. REAL DECRETO 2387/2004, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento del Sector Ferroviario, cerramiento de líneas con velocidades superiores a 160 km./h, suelo urbano y nuevas líneas
289	46	Documentación propia de los archivos del autor que el momento que ocurrió tenía responsabilidades relacionadas con la circulación de los trenes en la zona que se menciona.
290	47	Referencias del periódico ABC del 4-7-1990 y notas del autor que perteneciendo a la Inspección General, colaboró en la investigación de las causas con el Grupo de Trabajo designado para realizar la investigación de causas.
303	48	Reglamento General de Circulación ADIF
304	49	Norma técnica de accidentes. Dirección de Inspección y Seguridad. RENFE 1997.
305	50	Información de ADIF sobre evolución de los desvíos.
311	51	CIAF. COMISIÓN INVESTIGADORA DE ACCIDENTES FERROVIARIOS, DEPENDIENTE DEL MINISTERIO DE FOMENTO.
317	52	Manual de buenas prácticas de conducción RENFE. Dirección de Seguridad en la Circulación.
331	53	Memorando de RENFE de la línea catenaria del Dr. Ingeniero. Industrial D. Gonzalo Pérez Morales

Pág.	Nº nota	Referencia
336	54	Tecnología de catenaria. Jesús Montesinos y Manuel Carmona. Dirección de la Energía. RENFE
337	55	Dr. Roberto Faure Benito, La Tracción eléctrica en el A.V. ferroviaria
362	56	La Vie du Rail. Agosto 1978.
362	57	LA VUE DU RAIL. La Sécurité dans la circulation des trains. AGOSTO 1978.
369	58	Dr.ICCP .D.F.Oliveros Planificación de ferrocarriles
371	59	Dr.ICCP .D.F.Oliveros Planificación de ferrocarriles
411	59	IDOM suele crear para todos sus encargos, sean proyectos u obras, una página web de acceso restringido y exclusiva para el Cliente, que le permite a éste, a través de una conexión por Internet, conocer en todo instante el estado del encargo. En esta web, el Director del encargo de IDOM inserta los archivos y documentación digital actualizada (planos, actas, informes, etc.), que permite el seguimiento de dichos trabajos casi a tiempo real.
453	60	En el periodo de estudio 1975-2009, han estado vigentes los Reglamentos Generales de Circulación de 1982, 1993 y 2006, cada vez más reducidos en cuanto a Normas, al automatizar progresivamente las funciones correspondientes a ellas.
459	61	En el periodo de estudio 1975-2009, han estado vigentes los Reglamentos Generales de Circulación de 1982, 1993 y 2006, cada vez más reducidos en cuanto a Normas, al automatizar progresivamente las funciones correspondientes a ellas.
463	62	Fuente Análisis de Mecánica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI. Los trenes circulan aun por la izquierda.
463	63	Fuente Análisis de Mecanica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI
464	64	Fuente Análisis de Mecanica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI
471	66	Fuente: del Fascículo de ASFA, que forma parte del Manual de Circulación de ADIF
471	67	Línea de Moncada Bifurcación a Ripoll. Archivos de servicio del Autor.
472	68	Línea de Moncada Bifurcación a Ripoll. Archivos de servicio del Autor.

Pág.	Nº nota	Referencia
474	69	Manual de circulación RENFE.
507	70	Dirección Corporativa de Seguridad en la Circulación RENFE
515	71	Dirección de Protección Civil RENFE
522	72	Manuel Carmona, Director de Energía.ADIF

Glosario de términos

Aceleración ferroviaria

Variación de la velocidad en la unidad de tiempo. La máxima aceleración positiva sin compensar normal es 0,65 m/seg²; la aceleración negativa sin compensar normal es de 0,458 m/seg².

Acolchado de subbalasto

Estera de malla colocada bajo la capa de subbalasto para su mejor agarre.

Adherencia

Cohesión entre las ruedas de un vehículo ferroviario y el carril.

Agente de circulación

El agente que a las órdenes directas del Jefe de circulación o del CTC asegura el servicio de circulación mediante la aplicación de las Normas reglamentarias.

Agente de infraestructura

El agente de cualquier especialidad en materia de instalaciones que garantiza el paso de las circulaciones mediante la aplicación de las Normas reglamentarias que correspondan.

Agente de maniobras

El agente que a las órdenes directas del Jefe de circulación o del CTC o del agente de conducción, está encargado del accionamiento de las agujas, la realización de las maniobras y del cumplimiento de otras Normas reglamentarias que le correspondan.

Aguja

Cada uno de los dos carriles móviles que en los desvíos sirven para que los vehículos por la vía directa o por la vía desviada.

Aislador

Dispositivo que no permite el paso de la corriente eléctrica y sirve de soporte mecánico a los conductores.

Aislador de sección

Conjunto de piezas que se utilizan en la línea aérea de contacto (catenaria) para evitar la continuidad eléctrica del sustentador y del hilo de contacto manteniendo la tensión mecánica y permitiendo el paso de los pantógrafos a su través. Se montan principalmente en vías diagonales o escapes o vías secundarias con el fin de formar “paquetes de catenarias” alimentadas de una vía general o a través de un seccionador.

Alabeo de vía

Deformación de la vía consistente en que al apoyarse los dos ejes de un boggie en ella, de los cuatro puntos de contacto que deberían mantener con el plano de rodadura cada una de las cuatro ruedas, solo toman contacto tres y el cuarto queda en el aire por defectos de nivelación.

Alineación

La alineación teórica de una vía es la proyección horizontal del hilo director definido por el proyecto o por el replanteo y es la correcta figura que deben tener los carriles.

Alma

Parte central y más estrecha del carril que une la cabeza con el patín.

Almohadilla

Pieza metálica que une solidariamente el carril con el contracarril que le acompaña por medio de un tornillo en las encarriladoras, pasos a nivel, etc.

Altura del hilo de la línea aérea de contacto

Se mide sobre el plano de rodadura de la vía y oscila entre 4,60 y 5,30 m.

Amolado

Tratamiento del plano de rodadura y cara activa del carril por medio del tren dotado de muelas de esmeril, en que la diferencia del ángulo de ataque perfilan la cabeza, ejerciendo sobre el una acción regeneradora cuando tiene un desgaste

Aparato de accionamiento de aguja

Dispositivo del motor de aguja que debe convertir el movimiento de rotación del mismo en dos movimientos lineales separados, en ángulo recto entre si para desencerrojar, mover la aguja y volverla a encerrojar, garantizando con ello la seguridad al paso del tren mediante la inmovilización del desvío.

Aparato de dilatación

Junta especial que permite recorridos importantes en los extremos de los carriles que concurren a ella, instalándose al fin de una barra larga o en protección de juntas de dilatación de puentes y tramos metálicos.

Aparato de vía

Conjunto completo de desvío o travesía.

Apartadero

Instalación ferroviaria destinada al cruce o estacionamiento de circulaciones.

Aplastamiento

Defecto de la cabeza del carril, observándose un hundimiento del plano, ensanchamiento de la banda de rodadura, el metal fluye lateralmente, y puede formar un festón con tendencia a separarse del carril.

Arenero.

Depósito de arena en las locomotoras y/o unidades de tren que inyectada con aire comprimido sobre la cabeza de carril tiene por objeto aumentar la adherencia entre rueda y carril.

Asentamiento de la vía

Acción de colocar y montar la superestructura de la vía en su ubicación definitiva.

Aviso de señales y frenado automático (ASFA)

Siglas de Anuncio de Señales y Frenado Automático. Sistema de seguridad de conducción asistida que consiste en la transmisión puntual a la cabina de conducción de los aspectos que presentan las señales provocando el frenado automático de urgencia del tren siempre que el maquinista no actúe de acuerdo con la información recibida que está debidamente reglamentada.

Automatic train protection (ATP)

Siglas inglesas de Sistema de Protección Automática de trenes o bloqueo de control automático (BCA). Envía a cabina las velocidades máximas a las que pueden circular estos en un tramo determinado. El sistema supervisa en todo momento la marcha de cada uno de los trenes, estableciendo límites máximos de velocidad según la situación del tren y los condicionantes de la vía.

Auscultación de la vía

Análisis de los defectos de las principales características de la vía (nivelación, alineación, ancho de vía etc.). Se realiza con un coche de control geométrico de vía y frecuencia normal es de dos veces al año.

Ayudante

El agente que colabora en la conducción de un vehículo motor y secunda al maquinista en el cumplimiento de las normas reglamentarias.

BAB

Bloqueo automático banalizado. Circulación indistinta por cualquiera de las dos vías de una doble vía en cualquiera de los dos sentidos.

Bache

Defecto en la nivelación de la vía.

Balasto

Lecho de material granular pétreo, siliceo o calizo, de fácil drenaje que se tiende sobre la explanación de la vía par asentar y sujetar sobre ella las traviesas y cuya función es evitar que la vía se mueva y contribuir a repartir el peso de los trenes sobre la plataforma.

Baliza de ASFA

Equipo fijo situado en la caja de la vía que transmite indicaciones de indicaciones de las señales fijas al paso del tren que las recibe en un captador que lleva suspendido debajo de la cabina del Maquinista.

Banda de Puesto de Mando

Línea o tramo de línea a cargo de un Jefe de Control de Tráfico Centralizado o Regulador del mismo.

Banqueta de balasto

Capa de balasto de sección trapecial extendida bajo las traviesas y sobre la capa de subbalasto.

Barra corta

En vía sin soldar trozos de carril o cupones que miden 12,18 ,33 y 36 m.

Barra larga

El carril de la vía soldada

Barra de shuntado

Dispositivo manual de ocupación artificial del circuito de vía apoyado y pinzado sobre los dos carriles que producen el mismo efecto en las señales que si hubiera un tren sobre la vía.

Bate

Herramienta en forma de zapapico que sirve para introducir el balasto debajo de las traviesas y puede ser manual o fijo.

Cable de tierra

También denominado cable de guarda. Es un cable de acero o aluminio-acero tendido directamente sobre la masa metálica de los postes conectándolos eléctricamente entre sí con el fin de proteger de las descargas atmosféricas o derivaciones de la catenaria mediante la bajada del mismo cada cierta distancia a pozos de toma de tierra.

Cabina de enclavamiento

Lugar en el que se concentran las palancas de enclavamiento mecánico que maniobran los aparatos y señales de una estación. Suele estar en un plano más elevado que el andén y tener las paredes acristaladas para facilitar la visibilidad del operador

Caja caliente

Caja de grasa en la que se ha producido un calentamiento como consecuencia de falta de lubricación de la mangueta del eje

Caja de grasa

Carcasa destinada al almacenamiento de grasa para lubricar piezas metálicas en movimiento

Cajón

Se entiende como cajón el espacio comprendido entre dos traviesas.

Calicata en el balasto

Hueco que se realiza en la banqueta de balasto entre dos traviesas desde el paseo hasta el carril, alcanzando la capa de forma.

Calidad de la vía

Parámetro que permite asegurar la función esencial de la vía para permitir el paso de los trenes a la velocidad prevista con las condiciones de seguridad y comodidad necesarias.

Cambio - calce

Dispositivo que provoca el funcionamiento simultáneo de un cambio y de un calce para proteger el acceso de vagones a vías principales desde vías muertas, vías secundarias a vías transversales. Se accionan los dos con una sola palanca que es la que interviene en la relación de enclavamiento

Cambio talonable

Aquel que al ser tomado de talón sin tener el servicio hecho, se posiciona al paso de la circulación, permitiendo su paso sin descarrilamiento y con seguridad.

Cambio talonado

Se dice del cambio en el que no habiendo sido acoplada la aguja que proporciona continuidad a la vía de procedencia del tren, fue forzado por éste al tomarlo por su talón.

Cara activa de la cabeza del carril

Superficie lateral de la cabeza del carril que sirve de guía a las pestañas de las ruedas de los vehículos.

Catenaria compensada

Aquella que tiene en sus cables una tensión mecánica constante, con lo que se asegura la horizontalidad del hilo de contacto a cualquier temperatura. Se consigue uniendo el sustentador e hilo de contacto a unos contrapesos con posibilidad de movimiento vertical.

Centro operativo

Puesto de mando centralizado especializado en el control de las circulaciones.

Centros de tratamiento técnico

Estaciones auxiliares de las cabeceras de líneas y de las grandes terminales de viajeros en las que se realizan todas las operaciones de preparación y mantenimiento de las composiciones de transportes de viajeros.

Cercanías

Zona de transporte de corta distancia, que varía en las distintas administraciones ferroviarias y localidades; se caracteriza por utilizar automotores y unidades tractoras ligeras, equipos de vía para bajas velocidades (inferiores a 160 km/h) y, en ocasiones, catenarias simplificadas, además de por un horario con densa secuencia de trenes.

Cerrojo de aguja

Dispositivo que inmoviliza la aguja cerrada contra la contraaguja correspondiente, mientras que la aguja abierta a la que es solidaria, queda libre.

Cerrojo de uña.

Pieza especial formada por barra impulsora, biela, caja del cerrojo, que permiten el acoplamiento o desacoplamiento de las agujas.

Circuito de retorno.

Es el conjunto de elementos que permiten cerrar o dar negativo al circuito eléctrico que constituye una instalación de electrificación ferroviaria. Lo componen los propios carriles de la vía, conexiones longitudinales y transversales de carriles, juntas inductivas, feeder de retorno donde se necesite y conexión de alimentación al negativo de la subestación rectificadora.

Clotoide

Tipo de curva de transición en la vía, cuya característica es que en todos sus puntos el producto de radio por longitud es constante.

Contraaguja

Pieza del cambio o del aparato de dilatación a la que se acopla la aguja.

Control de Tráfico Centralizado (CTC)

Sistema de control de la circulación ferroviaria desde un enclavamiento central por medio de intercambio continuo de información entre los aparatos de vía, los trenes y el enclavamiento.

Corazón móvil.

Se dice del corazón concertado con el movimiento de las agujas del cambio, su punta se acopla a uno u otro hilo, no necesita contracarriles.

Cruz de San Andrés

Señal que anula a otras, formada por dos tablones cruzados en aspa sin ninguna marcación.

Deformación plástica

Forma de desgaste de carril que consiste en la formación de un reborde de unos 5 mm de grosor que sobresale por la parte exterior de la cabeza del carril

Depuración

Acción de limpiar o retirar el balasto no bateable, eliminando detritus y volviendo a emplear el aprovechable. Puede realizarse manual o mecánicamente.

Derivación particular

Tramo de vía de propiedad particular que, mediante contrato, empalma a la red pública del ferrocarril.

Descalzada (traviesa)

La que le falta apoyo de balasto.

Desvío tipo A

Desvío que permite velocidades máximas de paso por vía directa de 140 km/h y de 30 Km/h por vía desviada. Su corazón no admite la soldadura a la barra larga, por lo que es necesario intercalar aparatos de dilatación. Se asienta sobre traviesas de madera.

Desvío tipo B

Desvío que permite el paso por vía directa a una velocidad máxima de 160 y 140 Km/h. y por desviada a 30, 45 y 60 km/h según modelos. No necesita aparatos de dilatación y se instala sobre traviesas de madera.

Desvío tipo C

Desvío que permite el paso por vía directa a una velocidad máxima de 200 Km/h y por vía desviada a 45, 50 y 60 Km/h según modelo. Se asienta sobre traviesa de madera.

Detector de cajas (ejes) calientes

Aparato destinado a detectar la temperatura de todos los ejes de los vehículos ferroviarios.

Detector de ejes calientes

Sistema de apoyo a la seguridad en la circulación destinado a detectar la temperatura de todos los ejes de los vehículos ferroviarios, indicando los aumentos peligrosos que pueden ocasionar descarrilamientos o roturas de las ruedas. El sistema funciona mediante unos equipos - detectores de ejes calientes- instalados en las vías. Cuando el tren pasa, los rayos infrarrojos emitidos miden la temperatura de las ruedas y en el caso de superar un valor crítico

Elastómero

Placa elástica continua que se introduce entre el patín del carril y su asiento sobre la losa para mitigar la rigidez excesiva de la placa de hormigón por comparación con la flexibilidad proporcionada por el balasto. También goma elástica en las juntas de hormigón.

Encargado de tajo

Es el agente caracterizado, designado por la Dirección, que en cada momento tenga bajo su responsabilidad el mantenimiento de las instalaciones fijas para organizar y ejecutar las tareas que le encomienda el encargado de los trabajos. Tendrá autoridad sobre el personal ferroviario que intervenga en su tajo y funcional sobre el ajeno que desempeñe funciones de pilotaje de seguridad en dicho tajo.

Encargado de los trabajos

El agente caracterizado designado por la Dirección que, en cada momento, tenga bajo su responsabilidad el mantenimiento de las instalaciones fijas, para dirigir trabajos a realizar en las instalaciones fijas y vigilar el cumplimiento de las normas en vigor. Tendrá autoridad jerárquica sobre todo el personal ferroviario que intervenga en los trabajos y funcional sobre el ajeno que desempeñe funciones de pilotaje de seguridad en los tajos que tenga asignados.

Entablonado

Conjunto de traviesas para el paso de una vía peatonal o por vehículo.

Entre ejes

Distancia entre los ejes en una vía doble.

ERTMS

Siglas de European Rail Traffic Management System (Sistema Europeo de Gestión del Tráfico Ferroviario).

Escape doble o bretelle

Aparato de vía compuesto por dos escapes superpuestos, simétricos con relación a un eje perpendicular a los carriles de las dos vías que relaciona y por una travesía sin unión instalada en el cruce de las vías desviadas de estos escapes.

Escape sencillo

Aparato de vía que pone en comunicación las circulaciones de dos vías, generalmente paralelas, mediante dos desvíos con la misma tangente y con sus desviadas en prolongación una de otra.

Espadín

Aguja. Extremo afilado de una aguja que se desplaza hasta entrar en contacto con el carril adyacente o contraaguja en un cambio de vía. En circulación se entiende por el conjunto del desvío.

Estación de clasificación

Estación destinada a la organización del tráfico de mercancías para la utilización del vagón completo y para la formación, descomposición y clasificación de los trenes de mercancías

Exceso de peralte

Diferencia entre el peralte real y el teórico, se aplica para los trenes lentos y mercancías, se limita en RENFE al valor de 110 mm con el fin de evitar los desgastes excesivos de carril y del confort.

Extrarrápido (disyuntor)

Dispositivo interruptor de alto poder de ruptura y extinción de arco usado en las líneas e instalaciones eléctricas de alta tensión.

Feeder de alimentación

Cable procedente de la subestación rectificadora que suministra la energía eléctrica a la línea aérea de contacto.

Feeder de refuerzo

Cable utilizado para incrementar la sección conductora de una catenaria en líneas férreas con gran densidad de circulaciones que usan tracción eléctrica, o en un perfil sinuoso con muchas rampas y pendientes.

Feeder de retorno

Cable, colocado generalmente en cabeza de poste, que se usa para disminuir la resistencia del circuito de retorno en líneas electrificadas donde éste tiene un valor óhmico alto, sobre todo por el uso de barras cortas de carril no soldadas y quedar a una gran distancia la subestación más próxima.

Filtro anticontaminante

Lienzo o tejido formado por fibras de poliéster, polipropileno o poliamidas que permiten el paso del agua a través de ellas, pero no el de los elementos finos del suelo.

Fisura del carril

Defecto del carril, caracterizado por una grieta originada por las tracciones transversales que se producen en la flexión de los carriles o por degeneración de manchas de corrosión sobre el patín.

Freno

Sistema o dispositivo para detener el tren mediante presión sobre las ruedas. Los más extendidos son:

- Freno de aire. Freno neumático que funciona manteniendo presión de aire en la tubería del circuito.
- Freno eléctrico. El que utiliza los equipos eléctricos de tracción

Gálbo

1. Dimensiones máximas de los vehículos ferroviarios para que puedan circular por una red determinada.
2. Contorno poligonal que debe quedar libre por encima de las vías para el paso de material rodante con carga. Sección transversal de referencia que permite determinar el contorno máximo del material motor y remolcado, vacío o en carga, y la posición relativa de las obras de fábrica y los obstáculos respecto a la vía.

Los tipos de gálibo ferroviario son: gálibo para puentes con o sin balasto, gálibo de túnel para vía sencilla en recta, en curva, en vía doble o en vía doble en curva, gálibo de andenes, gálibo de muelles, gálibo bajo, gálibo para pasos superiores y gálibo para casos no especificados.

Gálibo de cargamento

Sección poligonal de las máximas dimensiones admisibles de una carga, contando siempre del plano de rodadura. Algunas de sus medidas son: máxima altura 4.300 mm, máxima anchura 3.300 mm a partir de 430 mm del plano de rodadura hasta una altura de 3.290 mm.

Gálibo de implantación de obstáculos

Es la zona interior definida en la Instrucción Técnica Gálivos de la Red.

Garrote

Torcedura brusca del carril con pérdida de su alineación, defecto de vía

Grifa

Elementos fabricados en cobre o bronce que se utilizan en una electrificación para la conexión eléctrica y/o mecánica de los distintos cables y conductores.

Grifa de empalme

Elementos fabricados en cobre electrolítico que se usan en electrificación para la conexión eléctrica y mecánica del cable sustentador (manguitos) o los hilos de contacto (grifas) en puntos donde se ha producido una rotura o donde, durante el tendido, finalizaba la bobina de cable o hilo.

Haz de vías

Conjunto de vías paralelas unidas a una o dos agrupaciones de desvíos que las relacionan con las vías principales o secundarias y que constituyen las llamadas cabezas del haz, es decir, grupo de vías paralelas cuyo origen es común.

En una estación de clasificación las hay de varios tipos: de llegadas, de clasificación, de formación, de salidas. Otros tipos son: haz de viajeros, de mercancías, etc.

Herbicidas

Productos químicos destinados a eliminar la vegetación del entorno de la vía

Hilo de contacto

Cable conductor -de cobre electrolítico puro o con una pequeña aleación de plata o cadmio- suspendido de la catenaria, paralelo al plano de rodadura media de la vía, que sirve para establecer la conexión eléctrica entre la línea aérea de contacto y el pantógrafo de las locomotoras.

En el proceso de trefilado se le hace pasar por una serie de matrices que le originan las dos acanaladuras laterales características por donde se engrifa a las péndolas. En vía recta se coloca formando zigzag para que el frotador del pantógrafo se desgaste por igual y, en curva, de manera secante a ella con objeto de que siga la curva y no se pierda el debido contacto del hilo con el pantógrafo.

Hilo derecho de una vía

Es el carril de la vía situado a la derecha del observador colocado en el eje de ésta, de espaldas al origen de la línea.

Hombre muerto

Dispositivo de seguridad que se instala en el material motor ferroviario que el maquinista debe controlar mientras la máquina esté en marcha. En caso de ignorar las indicaciones del sistema, provoca el frenado completo de la composición.

Inclinación 1/20

Inclinación que se da a los carriles con el fin de permitir el correcto apoyo de las ruedas de los vehículos ferroviarios.

Infraestructura

Conjunto de obras de tierra y de fábrica necesarias para construir la plataforma sobre la que se apoya la superestructura de vía. Entre las obras de tierra se encuentran los terraplenes, las

trincheras y los túneles y, entre las obras de fábrica, los puentes, viaductos, drenajes y pasos a nivel.

Instalaciones ferroviarias

Los dispositivos, los aparatos y los sistemas que permiten el servicio ferroviario y las edificaciones que los albergan. Son instalaciones ferroviarias las de electrificación, las de señalización y seguridad y las de comunicaciones. Entre las instalaciones de electrificación se encuentran la línea aérea de contacto y las subestaciones y las líneas de acometida energética, entre las de señalización y seguridad, los sistemas que garantizan la seguridad en la circulación de trenes, y, entre las de comunicaciones, las de telecomunicaciones fijas y móviles.

Insuficiencia de peralte

Diferencia entre el peralte teórico y el real. En RENFE se limita a 115 mm para trenes normales, 140 mm para tipos A y 174 mm para los trenes tipo B o pendulares.

Itinerario

Recorrido que se prepara para una maniobra o un tren para que entre, pase o salga de una estación, colocando las agujas necesarias en la posición correcta; documento en el que se recogen todas las instrucciones de horarios, paradas, velocidad, limitaciones, etc., que informan al personal de conducción de la marcha que han de hacer los trenes y las estaciones por donde deben circular.

Jefe de circulación o del CTC

Agente que dirige la circulación en una estación o un centro de control de tráfico, y que ejerce el mando del personal de movimiento y del personal de los trenes que se encuentran en la estación o en la sección asignada al centro de control de tráfico, en todo lo relativo a circulación.

Junta inductiva

Junta que se instala en líneas electrificadas y que permite el paso de la corriente continua (corriente de tracción) de un circuito de vía a otro, impidiendo el paso de la corriente alterna (corriente utilizada en los circuitos de vía), además, la junta inductiva equilibra la corriente de tracción que pasa por cada carril. La conexión al carril se hace con conexiones de cobre o aluminio aisladas. Está compuesta por un par de bobinas que se conectan entre dos circuitos de vía continuos, que no ofrecen resistencia al paso de la corriente de tracción y sí una alta impedancia a la corriente alterna del circuito de vía.

Liberación de tensiones en barra larga

Operación mediante la cual se fija la barra a las traviesas después de darle la longitud correspondiente a la temperatura de liberación. Conviene hacerla simultáneamente en ambos hilos de la vía.

Línea

1. Comunicación ferroviaria entre dos puntos determinados. Las líneas pueden tener una, dos o más vías (líneas de vía única, vía doble, vía doble banalizada, vía múltiple).
2. Parte de la infraestructura ferroviaria que une dos puntos determinados y que está integrada por los siguientes elementos: plataformas de la vía, superestructuras, como carriles y contracarriles, traviesas y material de sujeción, obras civiles, como puentes, pasos superiores y túneles, e instalaciones de seguridad, de electrificación, de señalización y de telecomunicación de la vía y elementos que permiten el alumbrado. No se consideran incluidos en el concepto de línea, las estaciones y terminales u otros edificios o instalaciones de atención al viajero.

Línea banalizada

Línea preparada para que los trenes circulen en ambos sentidos de marcha por las dos vías.

Lomo de asno

Vía elevada convexa por donde se dejan deslizar los vagones por gravedad para su clasificación.

Longitud de vía útil

La comprendida entre dos piquetes de vía libre, longitud para el estacionamiento de trenes.

Longrinas

Travesía de madera de longitud mayor de 2.60 empleadas en puentes y, en los desvíos, las destinadas a soportar el aparato de maniobra de las agujas.

Sistema alemán de conducción automática. LZB

Del alemán *Linienzugbeeinflussung*. Sistema alemán de conducción automática de trenes adoptado en España por primera vez en 1992 en la línea AVE Madrid - Sevilla con la sigla CAT (Conducción Automática del Tren).

Maquinaria de vía

Conjunto de maquinas destinadas a la construcción, conservación, renovación y auscultación de la vía.

Maquinista

Conductor de unidad tractora. Agente autorizado para la conducción de un vehículo motor de cualquier clase (o máquina de vía) que tiene a su cargo el cumplimiento de las normas reglamentarias que le correspondan, en especial las órdenes de las señales y demás normas del R.G.C. (Reglamento General de Circulación) que le afecten. En plena vía, ejerce el mando de todo el personal del tren, excepto en los trenes de pruebas.

Marcha a la vista

Impone al maquinista la obligación de avanzar con prudencia, regulando la velocidad de acuerdo con la parte de vía que aparece por delante, de forma que sea posible detener el tren ante cualquier obstáculo visible desde la cabina de conducción o ante una señal de parada. Cuando se prescriba, se indicará al Maquinista el motivo y, si se conoce, la naturaleza del obstáculo. Si, por las condiciones técnicas del vehículo motor, o por las características del tren, considera el maquinista que no puede cumplimentar la marcha a la vista, informará de las

causas al jefe de circulación o del CTC, para que dispongan lo que proceda según las circunstancias.

Marcha de maniobras

Impone al Maquinista la obligación de avanzar con prudencia, sin exceder de 30 km/h si va tirando, o de 20 km/h si va empujando, dispuesto a parar ante cualquier obstáculo visible desde la cabina de conducción o ante una señal de parada.

Marmita

Mando individual mediante palanca destinado a efectuar el movimiento de las agujas de un cambio.

Mazarota

Material aportado que sobresale de la cabeza de los carriles soldados al terminar la colada y que se corta posteriormente.

Mensajes codificados

En comunicación tren-tierra, mensajes intercambiados entre el Puesto Central y los Móviles y Equipos Portátiles que se transmiten automáticamente oprimiendo un pulsador que contienen información convenida.

Ordenes A

Se publican con objeto de crear o anular las marchas de los trenes no incluidos en el horario de trenes.

Ordenes B

Se publican para dar a conocer al personal que interviene en la circulación las fechas en que han de circular o han de ser suprimidas las marchas de los trenes en un horario de los trenes o en las Ordenes A.

Parada

Acto de detenerse un vehículo o composición para permitir la carga y descarga o la subida y bajada de viajeros, clasificándose por el lugar donde se efectúan en paradas en plena vía y paradas en estación, por su función en comerciales, técnicas, facultativas o accidentales, y por su duración o periodicidad en momentáneas o eventuales; orden de una señal fija fundamental que obliga al maquinista a parar ante dicha señal sin rebasarla.

Parada técnica

La que se efectúa por cruce, adelantamiento de trenes u otra causa de índole estrictamente técnica.

Paso a nivel automático.

Paso a nivel en el que las barreras que obstaculizan el paso de la circulación por carretera son accionadas automáticamente por un sistema de anuncio mediante accionamiento de los automatismos por el propio tren cuando se aproxima al mismo.

Paso a nivel guardado.

Paso a nivel que cuenta con protecciones físicas que impiden el paso de los vehículos de carretera cuando se acerca un tren. Según la protección puede ser barreras o semibarreras de accionamiento manual o automático.

Paso a nivel protegido

Paso servido por un Guardabarreras o provisto de semibarreras o barreras enclavadas con las señales de una estación o de semibarreras automáticas accionadas por los trenes.

Piquete de entrevías

Prisma de hormigón, listado de blanco y negro, que se coloca entre las dos vías a continuación del desvío. Indica el punto a partir del cual es incompatible la circulación por ambas vías simultáneamente.

Puesto de mando (PM)

Puesto de control del servicio. Dependencia encargada de organizar y coordinar la circulación en las líneas de su jurisdicción que se denominan reguladas. Con independencia de esta función, la circulación de ciertas líneas puede, además, estar dirigida por el jefe del CTC. Las líneas controladas indirectamente por el PM se denominan vigiladas. Puede ser central (para toda la línea) o local (para una sección de línea); en el servicio de cercanías es la central de control de tráfico.

Quita piedras

Dispositivo en el frontal de la máquina para despejar la vía de piedras.

Rehabilitación de vía

Sustitución parcial de los elementos que constituyen la superestructura de una vía con el fin de acondicionarla y cumplir las prestaciones técnicas.

Rehabilitación progresiva de vía

Sustitución parcial de elementos que constituyen la superestructura de una vía en varias etapas. Se consigue la misma meta que en la renovación, pero en varias fases o periodos.

SACIM

Sistema de información sobre el tráfico de mercancía.

Subestación rectificadora

Elemento de una electrificación que alimenta a la línea aérea de contacto. Recibe una corriente alterna de alta tensión (45 o 66 kv), a través de una línea de alta que, una vez bajada de potencial y rectificadora (convertida en corriente continua), se suministra a la catenaria a través de los feeders de alimentación.

Superestructura de vía

Materiales que se encuentran situados encima de la capa de forma, integrados por los carriles, contracarriles, las traviesas o, en su caso, la placa, las sujeciones, los aparatos de vía y, en su caso, el lecho elástico formado por el balasto, así como las demás capas de asiento, sobre el que estos elementos apoyan.

Tirafondo o tornillo de sujeción

Elemento de acero con el cuerpo formado por un espárrago troncocónico, provisto de un filete helicoidal y terminado en una cabeza redonda de diámetro superior al del espárrago por un prisma rectangular que se utiliza para fijar la placa metálica de asiento del carril a la traviesa de madera.

Travesía de unión doble

Travesía dotada de cuatro cambios mediante los cuales pueden desviarse las circulaciones a sus cuatro ramales.

Travesía de unión sencilla

Travesía dotada de dos cambios mediante los cuales pueden desviarse las circulaciones a sus dos ramales.

Travesía sencilla.

Ordinaria, es la transversal cuyas vías poseen igual ancho y sus alineaciones son rectas. Se denomina también travesía sin unión.

Travesía sin unión

Travesía ordinaria, que carece de cambio.

UIC

Siglas francesas de Unión Internationale des Chemins de Fer (Unión Internacional de Ferrocarriles). Organismo internacional fundado en 1922 que tiene como objetivo la

normalización de las instalaciones y del material ferroviario, así como de los aspectos técnicos y organizativos del ferrocarril.

Velocidad crítica

Es la velocidad de circulación para la que entre en resonancia la catenaria. Depende de la tensión mecánica de la línea aérea de contacto y de la masa de los conductores y los demás elementos que la componen.

Velocidad de itinerario

En un tren, el resultado de dividir la distancia entre dos estaciones por el tiempo que se concede en el itinerario para recorrer esa distancia.

Velocidad limitada

La que constituye una reducción de la velocidad máxima por cualquier causa. Puede ser permanente o temporal.

Velocidad máxima

La que el maquinista no debe exceder en ningún momento durante la marcha del tren.

Viajero-kilómetro

Unidad de medida de tráfico de viajeros correspondiente al transporte de un viajero sobre una distancia de 1 kilómetro.

Vías principales

En una estación son las vías que tienen andén.

Vías secundarias

En una estación las que no son principales, ni generales.

Zona de dominio público

Es la franja de terreno que se extiende desde el carril exterior hasta la arista de la explanación más de 8 metros; en suelo urbano 5 metros.

Zona de peligro

En las líneas de transporte eléctrico, es la zona que engloba en su interior los conductores de dichas líneas y definida por el cumplimiento de las distancias de seguridad indicadas en las normas en vigor.

Zona de policía

A ambos lados de la vía, los terrenos están sometidos a una servidumbre con respecto al ferrocarril.

Zona de seguridad

Se entiende como tal, la zona comprendida entre los límites fijados por dos líneas paralelas a la vía, una a cada costado, trazada a una distancia de 3,00 metros desde la cabeza de los carriles exteriores.

Zona de servidumbre

Es la franja de terreno que se extiende a 20 m de la arista exterior de la explanación. En zona urbana queda reducida a 8 m.

Ley (del Sector Ferroviario)

Marco básico legislativo que traspone varias Directivas europeas, por la que se establece la separación de las actividades de administración de la infraestructura y de explotación de los servicios y la progresiva apertura del transporte ferroviario a la competencia. Supone el final de la administración pública unitaria del ferrocarril en régimen de monopolio, al crearse dos nuevas Entidades Públicas Empresariales que se reparten los cometidos de la extinta Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles (RENFE); el Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF) y RENFE-Operadora.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Desarrollo del objetivo

Durante los primeros cien años de ferrocarril en España, 1848-1940 en que los ferrocarriles de la red de ancho ibérico estuvieron gestionados por compañías particulares y desarrollaron escasas innovaciones salvo un bloqueo automático de trenes, primitivo y en muy escasos tramos, llegando con ello a 1936 inicio de la guerra civil que finalizó en 1939, con la importante destrucción de infraestructuras, superestructuras y material motor y móvil.

Las actuaciones de reconstrucción y modernización fueron lentas y de escasa magnitud, por los efectos de la guerra, la autarquía y la limitación de los recursos que dilataron este periodo, no siendo hasta 1975 que pudo iniciarse una verdadera modernización acorde con los países del centro de Europa.

Los Índices de la seguridad ferroviaria medibles según los criterios de la UIC (Unión Internacional de Ferrocarriles) registrados en dicho periodo muestran que estos índices de seguridad, están muy próximos a cero y con expectativas de aproximarse mas aun en pocos años

1.2 Hipótesis

La base para establecer la hipótesis de trabajo, a demostrar mediante la investigación más adecuada, la constituye la vocacional dedicación profesional y continuada del autor del proyecto a su trabajo en RENFE, de forma que en todos los puestos desempeñados, siempre ha incluido el planeamiento de acciones a favor de la seguridad ferroviaria, su participación en la ejecución de las mismas con continuidad y disponer de los resultados de dichas acciones, periódicamente, con datos ordenados y homogéneos, editados por los Servicios de Sistemas de Información o de Seguridad de RENFE, como ya se ha indicado antes, como son el número de accidentes de cada clase, en cada periodo, el riesgo al que han estado sujetos los trenes en

su circulación, medidos en kms - tren, y los cocientes entre ellos, que proporcionan los índices correspondientes de accidentalidad, entre ellos el **índice de frecuencia**.

El interés en dar una expectativa de solución al problema planteado radica básicamente en que conocidos los resultados finales de las acciones se valide un procedimiento de actuación, unos criterios, una selección de innovaciones tecnológicas que puedan ser introducidos en otra administración ferroviaria que lo precise teniendo la convicción de que se ha estudiado globalmente un largo periodo por una Administración, como RENFE, que ha implementado unas soluciones tecnológicas para prevenir cada clase de accidente, conociendo que el camino a seguir es el correcto como lo corroboran los resultados de RENFE.

1.3 Objetivo de la Tesis

Constituye objeto de este trabajo desarrollar y exponer ordenadamente los distintos tipos de innovaciones que se han ido realizando en el ferrocarril y su probable correlación con los niveles de seguridad alcanzados progresivamente a lo largo de 35 años.

1.4 Metodología de estudio

La metodología de estudio aplicada a esta tesis está desglosada en las fases que se describen a continuación:

a) Recopilación de la información

La metodología de estudio contempla varios aspectos, dado que el periodo de estudio va desde el 1-1-1975 hasta 31-12-2009, se inicia por parte del autor recopilando toda la información de que dispone personalmente, por haber ido reuniéndola en su trabajo en RENFE, a lo largo del periodo como documentación de trabajo y personal para estudiar la evolución de los accidentes en relación con el desarrollo de la modernización del ferrocarril, y cual era la evolución de esta, ya que en el inicio del periodo los accidentes eran más preocupantes, por su elevado número anual y bastantes de ellos por su gravedad.

b) Ordenación de los datos disponibles

La fase siguiente del estudio ha sido necesariamente, la ordenación de los datos disponibles a cuyo efecto ha tenido como criterios fundamentales la cronología natural de los hechos durante el periodo y la clasificación de accidentes vigente en RENFE, así como la normativa de registro y estudio de los mismos, prestando especial interés al propio tiempo, a la aplicación de las innovaciones tecnológicas de modernización de la Red y a sus distintos aspectos como la correspondiente a pasos a nivel, a la señalización, a los sistemas de seguridad para evitar accidentes y mejora de la infraestructura y de la vía así como los distintos aspectos que aparecen en cada capítulo, para su estudio y que están relacionados con cada una de las clases de accidente previstas en la normativa.

c) Consultas a los Directores Técnicos ejecutivos de RENFE y ADIF

Una vez ordenados los datos de número de accidentes a lo largo del periodo de estudio tanto en su total anual como en sus componentes, el autor ha preparado un gráfico para cada una de las clases de accidentes con la evolución del número total en el periodo y de cada una de las clases específicamente incorporando referencias a aquellos sistemas e innovaciones que supuestamente podrían ser con algún grado de eficacia soluciones para la mejora.

El autor ha realizado unas hipótesis sobre su contribución a la reducción de accidentes y ha solicitado entrevistas con los Directores Técnicos que en dicho periodo, aunque parcialmente por existir una sucesión en los gestores, son excelentes conocedores de la correlación entre las actuaciones y los resultados obtenidos como el Director de Pasos a nivel, Director de Circulación, Director de Energía, subestaciones y líneas de contacto y Director de Seguridad en la circulación, Director de Protección Civil y otros cargos.

El profundo conocimiento de cada uno de ellos sobre la gestión correspondiente ha permitido conocer al autor que soluciones han sido más eficaces, cuales menos y las que no han dado resultado en la reducción de accidentes, recibiendo documentación y datos importantes para la redacción de cada capítulo especializado.

El autor que al terminar, por edad, su etapa de trabajo en RENFE le fue concedida por el Presidente de RENFE la consideración de Jefe de Departamento Honorario, agradece profundamente a los Directores mencionados las atenciones y valiosa información facilitada para el desarrollo del proyecto como ya ha hecho constar en el capítulo oportuno del proyecto de tesis presente.

d) Redacción del proyecto de tesis

Con todos los datos anteriormente citados el autor ha tratado de cuantificar con ratios y series de datos y sus variaciones significativas, aplicados a gráficas, en el periodo tratando de correlacionar acciones e inversiones técnicas con reducción de accidentes al menos en los capítulos que se prestan a ello como pasos a nivel, colisiones, descarrilamientos, enganches de pantógrafo, y cualitativamente en otros capítulos donde es más difícil cuantificar la eficacia como incendios, arrollamientos de obstáculos, etc., llegando finalmente a las conclusiones que se exponen en el capítulo 13 y las razones fundamentales en que se apoyan las mismas.

e) Ámbito del proyecto de tesis

El dilatado periodo de tiempo que son 35 años de gestión en RENFE, los cinco últimos de RENFE y ADIF, las distintas Organizaciones que se han sucedido en los periodos políticos sucesivos, la variación de criterios de planificación económica e imputación de inversiones técnicas hacen muy difícil incluir también el estudio económico del coste de las mejoras que podría ser objeto de otra tesis de carácter económico-técnico a realizar por otra persona en su caso, habiéndose limitado el autor exclusivamente, como ya se ha indicado, a establecer la correlación que pueda existir entre la notable reducción de accidentes habida en la Red Ferroviaria de Interés General, en el período 1975-2009, y las aplicaciones tecnológicas realizadas al objeto de identificar cuáles han tenido un impacto mayor, en la mejora de la seguridad.

2. SEGURIDAD Y ACCIDENTES FERROVIARIOS

2.1 Estado del arte

Desde los inicios del ferrocarril, el Estado ha tenido una preocupación por la seguridad en la circulación ferroviaria, tanto por su propia función e importancia como por la del entorno civil que la envolvía, dictando una serie de disposiciones para garantizarla, las cuales han constituido un ordenamiento jurídico en cada país.

Esta Legislación, de visión amplia, se extiende al peatón que debe cruzar la vía, al conductor del vehículo que también trata de cruzarla, al uso del dispositivo de alarma del vehículo ferroviario, a las condiciones de visibilidad desde la carretera y desde el tren, a determinados tipos de mercancías que se transporten, es decir a la utilización de todos aquellos métodos que reducen, controlan o previenen un accidente en el que resulte implicado el ferrocarril en nuestro caso.

No obstante a pesar de todas las medidas de planificación, diseño, construcción, explotación ferroviaria y control de los factores de riesgo, en ocasiones se producen fallos o accidentes que son sucesos ocurridos con ocasión o como consecuencia de la circulación de los trenes, en las vías entre estaciones o en alguna de ellas que pueden originar víctimas o pérdidas en los bienes materiales de la Red o ajenos a la misma.

La existencia de un accidente ferroviario tiene una mayor proyección en la opinión pública que otros modos de transporte que representa una excepción, ofrece un carácter singular y en algún caso proporciones de catástrofe, pudiendo decir que se produce contra la norma cotidiana en comparación con los de carretera por ejemplo, que se dan regularmente y hasta cierto punto son tolerados por la sociedad ya que en alguna medida ante uno de ellos, puede surgir alguna duda de si ha habido o no, alguna imprudencia personal del conductor toda vez que los conductores de vehículos tienen una importante intervención. Por otra parte en un

vehículo de turismo particular el posible número de víctimas es mucho más limitado que en el transporte público ferroviario.

En los últimos años se ha observado en los registros de la Administración Ferroviaria Española, una reducción notable en el número anual de accidentes. Esta observación ha sido recogida también en la prensa pero con poco detalle.

Examinadas las publicaciones de las Universidades Politécnicas Españolas, sus tesis doctorales incorporadas y demás publicaciones técnicas sobre este tema, no se ha encontrado ninguna tesis, obra o estudio que analizara el hecho y menos que además establezca una correspondencia clara y medible sobre que ha aportado cada una de las actuaciones e innovaciones, con importantes inversiones, a la mejora general registrada en seguridad ferroviaria, por cuyo motivo el autor propone un estudio metódico y detallado que trate de establecer una correlación clara de causa – efecto, para ver si se demuestra que existe, y esa correspondencia citada que ha conducido al logro de la mencionada mejora en el nivel alcanzado por la seguridad ferroviaria.¹

Por otra parte es de notar que las medidas tecnológicas pueden evitar el accidente y ello tiene un carácter preventivo, o también como mínimo reducir sus consecuencias que corresponde al carácter mitigador. En ambos casos el autor considera de interés profundizar en su estudio y en la comparación de los efectos de un accidente antes de implantar una medida tecnológica innovadora y los efectos del mismo tipo de accidente después de aplicada en la misma medida en la zona protegida.

El autor del estudio como ya se ha indicado, propone la detección de necesidades de estas innovaciones tecnológicas y también en su aplicación, siendo además conocedor de las causas más frecuentes de los accidentes, por haber sido su función, inspectora en determinados periodos y corresponsable de la investigación minuciosa de las causas de los mismos, que han dado lugar a la necesidad de generación y aplicación de dichas innovaciones motivo por el cual puede aportar en las conclusiones la capacidad de investigación ejercitada y su

¹ Nota del autor del trabajo. El concepto estudiado es el de la seguridad en la circulación ferroviaria pues evidentemente existen otros aspectos como la seguridad corporativa de protección al viajero, en el trabajo, etc.

experiencia personal, conjuntamente con la información de la Administración Ferroviaria, para que pueda ser aprovechable en la intensificación y desarrollo de todo cuanto favorezca la reducción de accidentes ferroviarios.

En la gráfica GR-E2, GR-14 y GR-15 (Evolución del número de accidentes por clase. Gráfico de barras y sectorial, evolución del total de accidentes y por clases) que se insertan a continuación, se ha dispuesto un gráfico de barras con la evolución del total de accidentes, su desglose por clases de ellos y en la parte inferior y un gráfico sectorial para los resultados de 1975 y los de 2009 con los valores parciales y porcentuales para una primera visión de los datos registrados.

2.2 Concepto y medida de los accidentes ferroviarios

El periodo de estudio seleccionado, como ya se ha indicado, abarca desde el 1 de enero de 1975 hasta el 31 de diciembre de 2009, es decir 35 años, que el autor considera tiempo suficientemente significativo para que cualquier serie de registros históricos, marquen ya una tendencia clara y consolidada de la evolución los indicadores de seguridad ferroviaria en España.

Un conjunto de razones que se exponen brevemente a continuación, justifican también la selección de este periodo de estudio para llegar a conclusiones fiables.

En primer lugar está la absoluta necesidad de la fiabilidad de los datos de accidentalidad para su estudio. En enero de 1973, el Plan RENFE aplicó la dirección por objetivos a la gestión y creó una serie de direcciones centrales que habían de ser responsables de cada una de las funciones ferroviarias de RENFE, en el ámbito de toda España.

Entre ellas y para responder de la función de transporte de viajeros y mercancías, se creó la Dirección de Transportes, con sus Jefaturas Geográficas en Madrid, Sevilla, Valencia, Barcelona, Bilbao y León, residencias en las que estaban ubicadas también las Direcciones de Zona de RENFE cuya función era representar a la Dirección General en el Territorio y

coordinar a las Jefaturas Geográficas, de las distintas Direcciones Funcionales (transportes, material, obras e instalaciones, comercial, etc.) para obtener el cumplimiento de los objetivos fijados en cada periodo por la Dirección General.

Dependientes de estas Direcciones de Zona, se crearon las Jefaturas técnicas de Seguridad en la Circulación, órganos de trabajo interior, cuya función era la prevención de accidentes y analítica de los que se produjeran, pilotando además la secretaria de la gestión de Seguridad para el cumplimiento del Plan anual de Seguridad² y generando una información estructurada que era base de resultados y documentos de trabajo de acción inmediata, continuando esta garantía durante todo el periodo 1975-2009.

Con ello se consiguió pues la fiabilidad de los datos de los que parte este estudio, a los que el autor ha tenido permanente acceso en función de sus responsabilidades ejecutivas y directivas en la mayor parte del periodo (1975-2000) y el resto, de 2000 a 2009 los ha solicitado y obtenido de las Direcciones, aparte de que desde 2004 en que se produjo la aplicación de la Directiva Europea³ y la separación de RENFE y ADIF, la mayoría de los datos son de publico acceso desde Internet, incluidos los informes de accidentes ocurridos, que edita el Ministerio de Fomento, elaborados por la Comisión de Investigación de Accidentes de Circulación (CIAC) perteneciente al mismo.

Se produjeron también otros hechos que van a favor de dicha selección de periodo como fueron el cambio del sistema de gestión de RENFE en 1976, la aparición de un cambio de tendencia en la accidentalidad, probablemente relacionada con la realización del Plan de Modernización de 1964 - 1972 y el Plan RENFE de 1972 a 1975 y una rigurosa preocupación en la Dirección General, por la seguridad en la circulación.

En opinión del autor, las características de los años que acotan el periodo de estudio, permiten también que cualquier serie de registros o referencias históricas incluidas en el periodo, pertenezcan a una etapa histórica relativamente reciente y que una parte de la población

² Plan anual de seguridad en la circulación, de la DIRECCIÓN DE INSPECCIÓN Y SEGURIDAD. DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS DE RENFE.

pueda recordarlos y probablemente los hayan vivido íntegros y les sean familiares como la implantación de nuevos trenes rápidos diurnos (como TALGO, Ter, Electrotrenes, la renovación de los servicios de Cercanías, la decisión de implantar en España progresivamente los trenes de alta velocidad iniciada en Andalucía en 1992 y continuada a Barcelona en 2008, que no es objeto de este trabajo y otras actuaciones).

El análisis en profundidad de los accidentes registrados en el Sistema Ferroviario Español durante el periodo 1975-2009 y su evolución requiere definir el concepto de accidente de circulación, y para ello se parte de la norma de la Administración ferroviaria vigente que era la Norma Técnica de Accidentes e Incidencias en la Circulación [RENFE 1997]⁴, que constituye el marco normativo en que se mueve la circulación de trenes y en el conjunto de riesgos que amenazan la seguridad en el ferrocarril.

La mencionada Norma define como **accidente de circulación** a todo suceso ocurrido con ocasión o como consecuencia de la circulación de los trenes o maniobras, en vías de una administración ferroviaria, con intervención de empleados vinculados a la circulación que originen víctimas o daños materiales a los bienes de la Administración o a terceros.

Por otra parte se define como **incidencia en la circulación** un suceso directamente relacionado con la seguridad de los trenes o maniobras que perturba el proceso ordenado y del que no resultan víctimas o suponen daños inferiores a un estándar anual fijado por la Dirección de Seguridad de RENFE.

En el caso de las vías que pertenecen a Centros de Tratamiento Técnico⁵, que son talleres propios o con empresas concesionarias del mantenimiento, dedicados al mantenimiento de los trenes, almacenes, canteras, derivaciones particulares de tráfico de mercancías y otros casos particulares los accidentes se analizan y contabilizan independientemente.

⁴ Directiva 91/1440 sobre Política Ferroviaria Comunitaria.

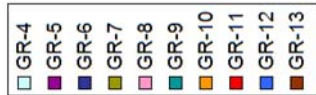
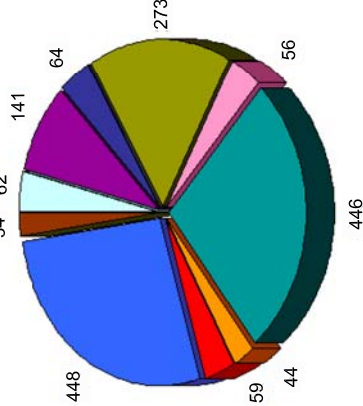
⁴ Documentos de la Dirección de Inspección y Seguridad de RENFE para la regulación del tratamiento de la información sobre accidentes de circulación ferroviaria.1992.

⁵ Centros de Tratamiento Integral de Trenes, para el mantenimiento global.

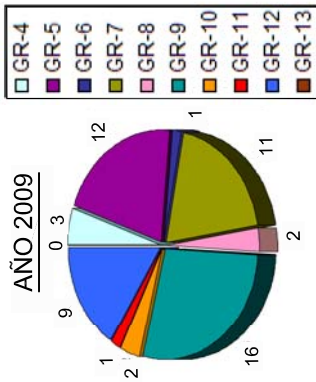
CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES Y POR CLASES

AÑO 1975

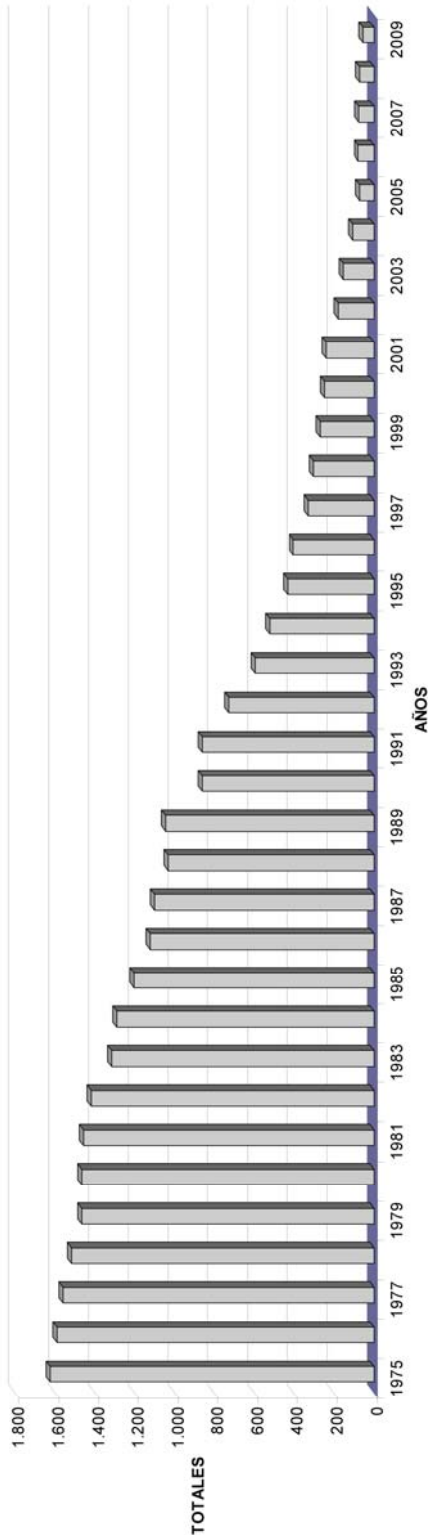


AÑO 2009



CODIGO	CONCEPTO	AÑO 1975		AÑO 2009		DIFERENCIA
		PARCIALES	PERCENTAJES	PARCIALES	PERCENTAJES	
GR-4	ARROLAMIENTO PASOS A NIVEL SB/ASB	62	3,811%	3	5,260%	-59
GR-5	ARROLAMIENTO PASOS A NIVEL SF/AL	141	8,666%	12	21,053%	-129
GR-6	COLISIONES	64	3,934%	1	1,754%	-63
GR-7	DESCARRILAMIENTOS	273	16,779%	11	19,298%	-262
GR-8	INCENDIOS/EXPLOSIONES	56	3,442%	2	3,509%	-54
GR-9	ARROLAMIENTO OBSTACULOS	446	27,044%	0	0,000%	446
GR-10	DESCOMPOSICION DE CARGAMENTOS	44	2,704%	2	3,509%	-42
GR-11	TALONAMIENTO	59	3,626%	1	1,754%	-58
GR-12	ENGANCHES PANTOGRAFO	44	2,753%	9	15,789%	-439
GR-13	VARIOS	34	2,006%	0	0,000%	-34
TOTAL		1.627	100%	57	100,00%	

EVOLUCIÓN DEL Nº TOTAL DE ACCIDENTES



AÑO TOTAL

AÑO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1993	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009			
GR-4	62	64	67	69	55	53	49	46	42	31	32	33	25	23	23	30	31	20	20	17	13	14	9	14	13	7	5	3	3	4	9	4	3	3		
GR-5	141	139	134	131	129	125	121	112	95	82	66	53	62	73	71	60	54	43	58	59	47	49	39	40	39	44	24	19	17	18	15	16	14	15	12	
GR-6	64	62	57	51	46	42	39	39	35	22	13	14	20	14	16	5	13	11	7	9	10	3	4	9	1	8	5	3	2	1	2	1	2	1	2	1
GR-7	273	270	269	267	259	267	231	217	269	229	209	223	235	217	194	208	176	104	121	106	91	85	91	84	61	73	65	47	65	5	9	12	15	11	11	
GR-8	56	51	49	37	45	40	43	30	37	36	21	19	38	34	40	35	28	21	30	28	19	13	13	11	7	7	5	6	4	4	3	2	2	2	2	
GR-9	446	439	465	401	411	427	464	497	466	414	427	462	364	319	306	291	236	229	180	175	81	67	62	36	32	28	45	29	30	27	22	19	21	18	16	
GR-10	44	41	37	34	32	29	27	21	25	22	21	19	30	23	13	26	12	9	5	3	6	7	4	1	6	3	4	2	3	1	2	2	3	2	1	
GR-11	59	55	52	46	41	37	30	35	34	45	45	34	24	22	30	25	19	27	29	21	11	11	4	3	3	4	3	1	2	2	1	1	1	1	1	
GR-12	44	44	44	41	43	43	42	41	42	39	36	33	29	27	23	20	16	16	16	15	15	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	
GR-13	34	30	28	25	24	22	20	19	16	16	15	14	7	9	12	3	5	5	3	2	1	1	2	2	2	2	1	2	1	0	1	0	1	0		

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES Y POR CLASES

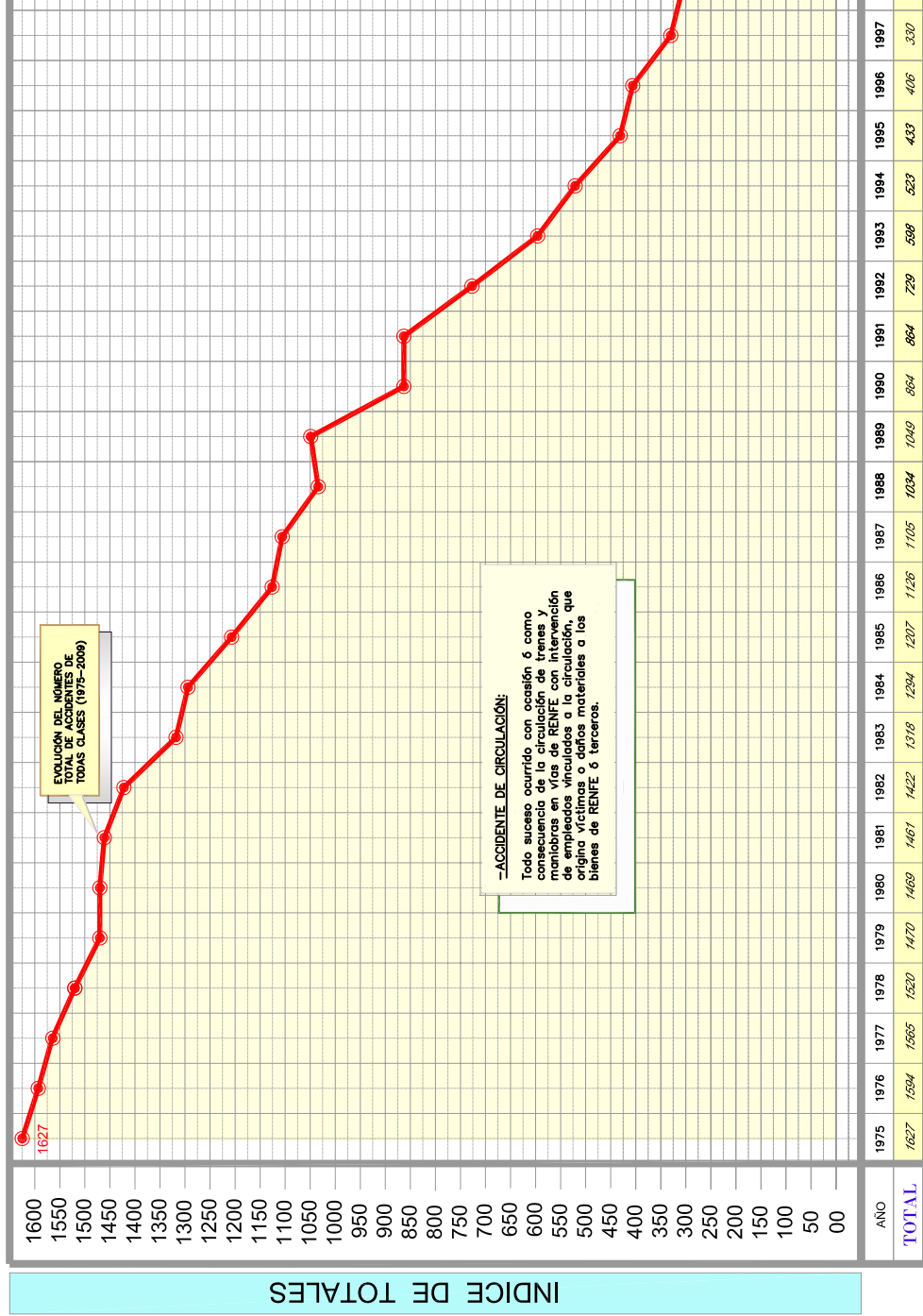
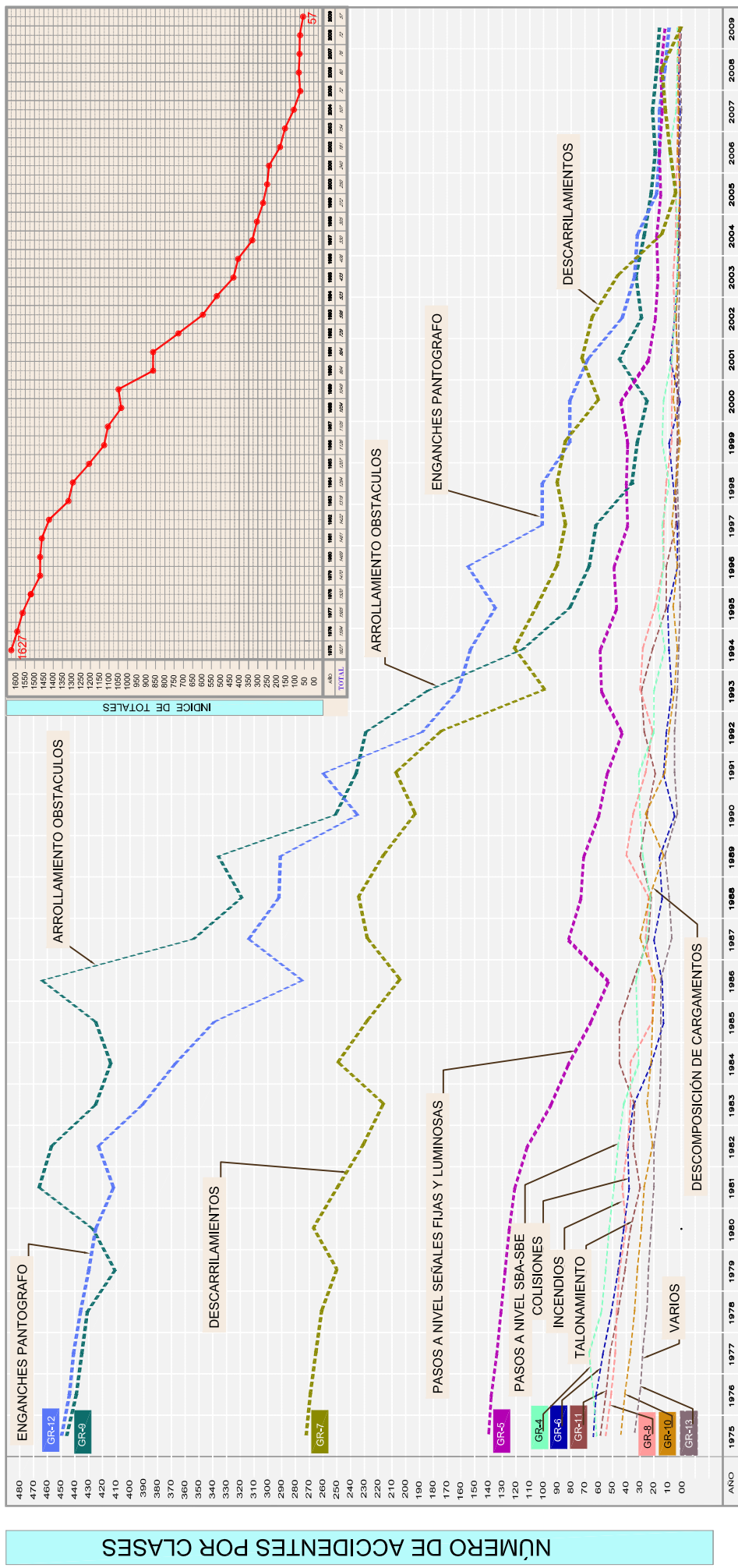


GRÁFICO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
GR-4	62	64	67	59	55	53	49	46	42	31	32	33	25	23	23	30	31	20	20	12	17	13	14	9	14	13	7	5	3	3	4	9	4	3	3
GR-5	141	138	134	131	128	125	121	112	95	82	66	53	82	73	71	60	54	43	58	59	47	49	39	40	39	44	24	19	17	18	15	16	14	15	12
GR-6	64	62	57	51	46	42	38	39	35	22	13	14	20	14	16	5	13	11	7	9	10	3	3	4	9	1	8	5	3	2	1	2	1	2	1
GR-7	273	270	266	261	258	267	257	231	217	259	228	205	223	235	217	194	208	176	104	121	106	91	85	91	84	61	73	65	47	15	5	9	12	15	11
GR-8	56	51	48	47	45	40	43	39	37	36	21	19	26	24	40	35	26	21	30	28	19	13	11	7	7	7	7	5	6	4	4	3	3	2	2
GR-9	446	439	435	431	411	427	464	457	426	414	427	462	354	336	291	336	229	160	115	81	67	62	36	32	28	45	29	33	27	22	19	21	18	16	16
GR-10	44	41	37	34	32	29	27	21	25	22	21	19	30	23	13	26	12	9	5	3	6	9	7	4	4	3	4	4	3	4	3	2	3	2	3
GR-11	59	55	52	46	41	37	30	35	34	45	45	34	24	22	30	25	19	27	20	21	11	11	4	4	3	3	3	4	3	1	1	2	2	1	1
GR-12	449	444	441	436	430	427	412	423	391	367	339	273	314	292	291	235	260	168	162	153	155	155	101	103	81	85	68	43	39	32	18	16	17	12	9
GR-13	34	30	28	25	24	22	20	19	16	16	15	14	7	9	12	3	5	5	3	2	1	1	2	3	2	2	2	2	1	2	1	1	0	1	0

Denominación	Concepto	Particularidades
1. Accidentes en pasos a nivel de todos los tipos	Son colisiones entre los vehículos de ferrocarril y los de carretera y los accidentes de otros tipos que ellos pudiera originar.	Comprende pasos a nivel con protección de señales fijas, semáforos, particulares, semáforos, particulares.
2. Colisión	Se refiere a los ocurridos entre vehículos de material rodante ya sean de frente, por alcance o de costado.	Comprende los accidentes múltiples derivados de la colisión de material rodante ya sean de frente, por alcance o de costado.
3. Descarrilamiento	Se refiere a los ocurridos a vehículos de material rodante ya sean de frente, por alcance o de costado, que se encarrilara posteriormente en la marcha.	Comprende los accidentes múltiples derivados de la colisión de material rodante ya sean de frente, por alcance o de costado, que se encarrilara posteriormente en la marcha.
4. Incendio/explosión	Comprende el originado o propagado a un elemento de material rodante durante su servicio de circulación, pero no se considera si el material está sin prestar servicio de circulación.	Se excluyen aquellos incendios o explosiones subsiguientes de otro origen que se originen por causas desajustadas al paso de los trenes.
5. Arrollamiento de Obstáculos	Se refiere a colisiones contra obstáculos o el arrollamiento de los mismos, que pueden ser elementos caídos a la vía, vehículos o maquinaria caídos a la vía, matorrales, cables, carretillos, motobombas, etc.	También los animales excepto los que están en pasos a nivel. Los parachoques y la no existencia de parachoques.
6. Descomposición de cargamento	Incluye el arrollamiento, el roce con la catenaria o la caída a la vía del cargamento, bollos contenedores, derrames, escapes de mercancías peligrosas siempre que no produzcan incendio/explosión.	También incluye puertas abiertas de vagones y contenedores.
7. Talonamiento	Son aquellos que se originan por el rozamiento de las ruedas que no producen cambio de sentido o colisión.	Si se produce talonamiento o colisión el accidente es múltiple.
8. Enganche de pantógrafo	Son accidentes originados por interacción de la catenaria con el pantógrafo durante la marcha de las circulaciones. Incluye los accidentes múltiples originados por el enganche.	No se incluyen las averías de electrificación en las que no estén implicados trenes o maniobras.
9. Varios	Se refiere a los accidentes no incluidos en las denominaciones anteriores y que se originan en el material rodante, las cuales no se consideran accidentes de circulación.	Se incluyen los trenes o maniobras provistos de material rodante que en una vía no electrificada, o este autorizado, contengan un accidente de tensión.

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE ACCIDENTES POR CLASES



GRUPO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
GR-5	62	64	67	58	55	53	49	46	42	31	32	33	25	23	23	30	31	20	20	12	17	17	13	14	9	14	13	7	5	3	3	4	9	4	3	3
GR-4	141	139	134	131	128	125	121	112	85	82	60	53	82	73	71	60	54	43	58	59	47	49	39	40	39	44	24	19	18	15	16	14	15	15	12	
GR-3	64	62	57	51	46	42	38	39	35	22	13	14	20	14	16	5	13	11	7	9	10	3	3	4	9	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1
GR-7	273	270	266	261	259	267	297	231	217	259	228	205	223	235	217	194	208	178	104	121	108	91	85	91	64	61	73	65	47	15	5	9	12	15	11	
GR-8	56	51	48	47	45	40	43	39	37	36	21	19	26	24	40	35	26	21	30	28	19	13	13	11	7	7	7	5	6	4	4	3	3	2	2	
GR-9	446	439	435	431	411	427	464	457	426	414	427	462	354	319	336	251	236	229	180	115	81	67	62	36	32	28	45	29	33	27	22	19	21	18	16	
GR-10	44	41	37	34	32	29	27	21	25	22	21	19	30	23	13	26	12	9	5	3	6	3	7	4	1	6	3	4	2	3	1	3	2	3	2	
GR-11	59	55	52	46	41	37	30	35	34	45	45	45	34	24	22	30	25	19	27	29	21	11	11	4	4	3	3	4	3	1	1	2	2	1	1	
GR-12	446	444	441	436	430	427	412	423	391	367	339	339	314	292	291	235	260	188	162	153	135	155	101	103	81	65	68	43	39	32	18	16	17	12	9	
GR-13	34	30	28	25	24	22	20	19	16	16	15	15	14	7	9	12	3	5	5	2	2	1	2	3	2	2	2	1	2	1	1	1	0	1	0	

Para que este suceso definido tenga la consideración de accidente de circulación, la cuantía mínima de los daños producidos debe alcanzar un valor mínimo que determina anualmente la Dirección en función de la valoración de daños en los accidentes del año anterior, sus mínimos y sus máximos. No obstante, cualquiera que sea el valor de los daños producidos en sucesos ocurridos en pasos a nivel, colisiones y descarrilamientos siempre tiene la calificación de **accidentes**.

Cuando uno de estos accidentes ocasiona víctimas mortales o graves o daños superiores a una cuantía de 12.000 euros o bien una interceptación total en estaciones durante más de 6 horas o también interceptación total en plena vía durante más de 6 horas, el accidente tiene la calificación de **accidente importante**.

En algunos casos pueden producirse dos accidentes simples y consecutivos "A" y "B" que tendrán la consideración de un único accidente múltiple si "B" es consecuencia de "A". Si se produce un accidente al colisionar un tren con una maniobra se considerará como accidente de trenes teniendo en cuenta que en este caso pueden producirse más daños al tren de viajeros o mercancías y a las personas que viajan o la mercancía que contienen.

La procedencia de los índices estadísticos utilizados por RENFE en el periodo 1975 -2004 se ha constatado que tiene su base en el Instituto Nacional de Estadística Español, hasta la aparición de la Normativa de la CEE en 2004.

Para el análisis en profundidad de los accidentes y su prevención, cuando se produce uno de ellos es de gran importancia obtener de inmediato todos aquellos datos relacionados con el mismo que debidamente estudiados y constatados, siguiendo el principio de inmediatez en investigación, los datos extraídos que ayuden a establecer hechos constatados, faciliten la determinación de la causa exacta o más probable según los casos.

Los datos fundamentales que corresponden al accidente ocurrido, son registrados por la Administración ferroviaria que los procesa en una ficha con el fin de facilitar su análisis y todos los detalles fundamentales del mismo con varios objetivos, unos preventivos, otros de

responsabilidades, después de los correspondientes expedientes informativos y otros de planeamiento de nuevos sistemas o bien de modificación de la Normativa vigente si procede por existir varios repetitivos o por ser muy significativo el ocurrido. De esta forma se modifican y mejoran periódicamente los reglamentos de circulación de las administraciones ferroviarias y el resto de la normativa contribuyendo a un mejor marco de seguridad de carácter preventivo.

Esta información se suele clasificar en básica e información complementaria. La información complementaria se refiere a aspectos administrativos y de gestión no relacionados con las causas técnicas del accidente.

Los índices utilizados en la gestión son los siguientes:

- a) **El índice de frecuencia** que es el más usado relaciona el total anual de accidentes dividido por los millones de kms recorridos por los trenes

$$I_f = \frac{\text{Número total de accidentes}}{\text{Número de millones de kms recorridos por los trenes}}$$

Fórmula [1.1]

- b) **El índice de gravedad** pretende evaluar la gravedad de los accidentes y es el resultado de dividir el total de accidentes mortales y graves por los millones de kms recorridos por los trenes.

$$I_g = \frac{\text{Número total de accidentes mortales y graves}}{\text{Número de millones de kms recorridos por los trenes}}$$

Fórmula [1.2]

- c) **El índice de mortalidad** pretende evaluar el número de accidentes mortales y es el resultado de dividir el total de accidentes mortales por los millones de kms recorridos por los trenes

$$I_m = \frac{\text{Número total de víctimas mortales}}{\text{Número de millones de kms recorridos por los trenes}}$$

Fórmula [1.3]

2.3 El sistema de seguridad ferroviario

Los datos completos de un accidente son muy útiles para analizarlo siendo posible establecer un sencillo esquema que exprese en que forma un accidente, que a menudo genera daños, se ha producido, además de la aportación de su análisis objetivo, que contribuya a la orientación las correcciones necesarias en el sistema básico.

El esquema de realimentación, de la figura 2.1, que se inserta a continuación parte de un modelo de “sistema ferroviario” representado por un rectángulo que contiene los medios: la infraestructura, la superestructura de vía, los trenes, los sistemas de señalización y bloqueo, la normativa y el factor humano con todos sus condicionantes, todo lo cual normalmente es la base de la seguridad ferroviaria.

Al producirse eventualmente un fallo en el “sistema”, si este es de poca importancia se denomina incidencia y si es más importante accidente, todo ello en función de los daños producidos que genere, como antes se ha expuesto.

Con los datos del accidente, registros de velocidad, verificación del cumplimiento de las órdenes de las señales, registros de conversaciones entre agentes que intervinieron ubicado en los Centros de Control de Tráfico, marcas en la vía declaraciones de los agentes y todos los hechos constatados posibles, se efectúa la reconstrucción del accidente y se deduce la causa más probable del mismo.

Las visitas de seguridad en la línea.⁶

Entre las actuaciones de prevención del fallo humano está, el mantenimiento del nivel de seguridad en la circulación y su aumento progresivo en los distintos ejercicios que se suceden tiene una de sus bases fundamentales en el Sistema de Gestión de la Seguridad en la Circulación que en el inicio del periodo de estudio (1975) ya estaba establecida y posteriormente ha cambiado algo su estructura pero no el espíritu del objetivo que es

⁶ Las visitas de seguridad a la línea incluidas todas sus dependencias y a los trenes en circulación y talleres ejecutando el mantenimiento son fundamentales para la seguridad y su constante mejora pues suponen una verificación rigurosa por técnicos muy especializados en cada uno de los aspectos inspeccionados y también la ejecución de las correcciones oportunas.

invariable y que consiste en que los mandos intermedios y superiores de cada área o territorio de gestión, realicen unas visitas periódicas conjuntas de todas las especialidades que existen en la línea examinando con pautas y tests adecuados el funcionamiento de cada una de las partes o sistemas que intervienen en la circulación gestionando las anomalías que puedan encontrar con la mayor eficacia y rapidez posibles e incluso dando de baja instalaciones inmediatamente si el nivel de riesgo evaluado así lo justificara.

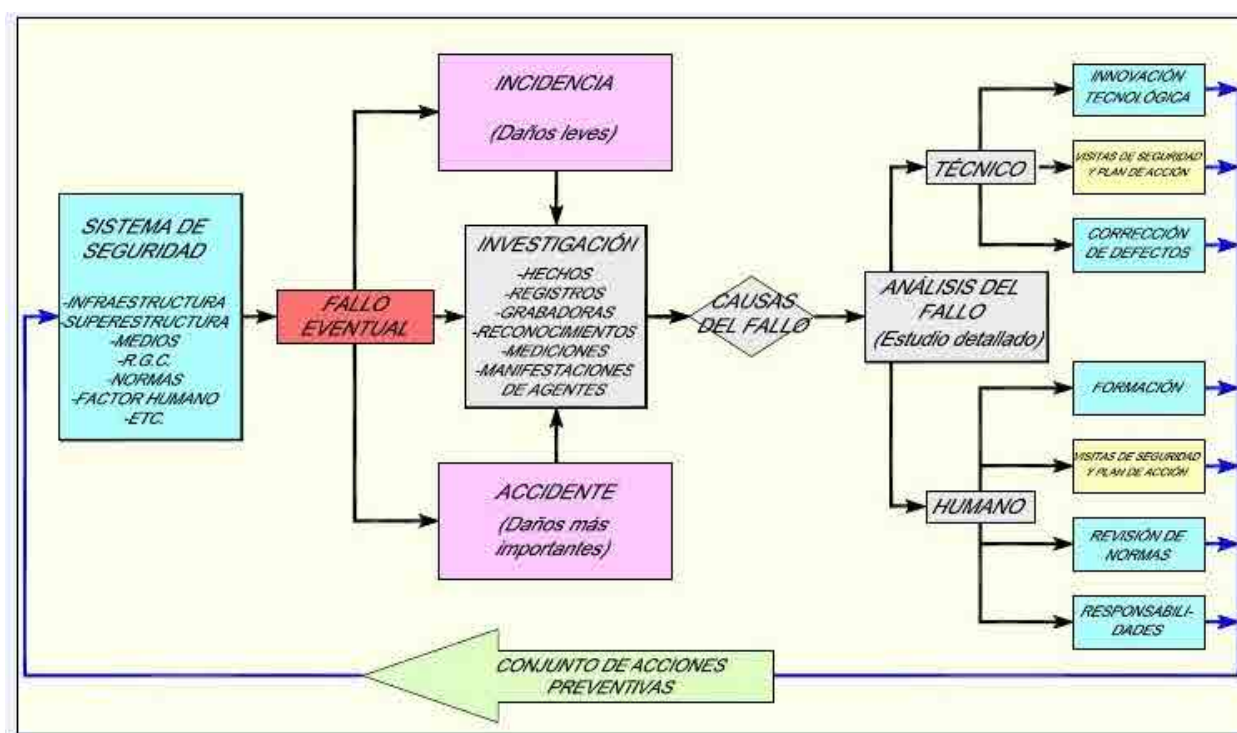


Fig. 2.1. La realimentación del sistema de seguridad en la circulación

Fuente: Elaboración propia del autor para el desarrollo de su labor de formación en Seguridad en RENFE

Clasificado el fallo inicialmente en técnico o humano siguiendo las definiciones de la Norma que reproducimos a continuación.

- **El fallo técnico** es debido a defectos del equipo de la Red aun en el supuesto de que fueran responsables agentes de la Red o pertenecientes a empresas contratistas.
- **El fallo humano** implica infracciones al Reglamento General de Circulación⁷ y otras Normas de la Red, por parte de los agentes de la Red o pertenecientes a empresas contratistas.

⁷ REGLAMENTO GENERAL DE CIRCULACIÓN. Base normativa para regular la circulación de los trenes comprendiendo las disposiciones básicas, como Generalidades, Señales, Circulación, Bloqueos, Trenes y Maniobras tal como se expone en el capítulo 5.

Se sigue profundizando para saber si el origen está en la tecnología, defectos, o fallos de formación, cumplimiento de normas etc. Definida la causa debe iniciarse el proceso de realimentación del sistema implementando las innovaciones técnicas, automatizando procesos o revisando Normas, lo cual debe contribuir a elevar el nivel de seguridad tratando de eliminar la causa del accidente analizado. El accidente puede ser originado por terceros cuando se trata de personas extrañas a la Red, o causas varias no incluidas en los epígrafes anteriores, pero en esos casos no se precisa investigación si la causa es evidente aunque esté establecido por la Ley denunciarlo a las autoridades judiciales.

En la figura 2.2 insertada a continuación, vemos un accidente de circulación ferroviario junto a una carretera con unos vagones descarrilados y unas bobinas que es el cargamento de los mismos los cuales han sufrido descomposición de su sistema de sujeción e inmovilización cayendo alguna a la vía.

En ese momento es cuando los Técnicos de Seguridad deben iniciar el análisis de la causa tomando todos los datos mencionados para su análisis y la determinación de la causa más probable del accidente y de sus consecuencias, valorando también los daños de cada parte, pues de una parte podría tratarse de un descarrilamiento como causa inicial a consecuencia del cual se hubieran descompuesto las bobinas de acero de su sujeción o también desequilibrarse la carga por estiba incorrecta y provocar el descarrilamiento u otras causas a investigar inmediatamente.



Fig. 2.2. Accidente de circulación.

Fuente: Internet. FEVE. Barres 10-1-2012

Posteriormente ya se examinarán en gabinete, todas las Normas vigentes y el grado de cumplimiento de las mismas, tratando de reconstruir el proceso que ha conducido al accidente, si es necesario desde la formación del tren en la estación de origen, datos del cargue de la mercancía, aseguramiento de la misma en los vagones examen de los sistemas de sujeción etc., no excluyendo otras posibilidades de clase de accidente como podría ser que hubiera descarrilado primero por un defecto en la infraestructura o superestructura de vía o en el material, descomponiéndose el cargamento como consecuencia del descarrilamiento. En ello radica la responsabilidad de los servicios de inspección e investigación para evitar su repetición.

En cuanto a las características del accidente, la seguridad ferroviaria en su concepto más amplio se fundamenta en tres pilares básicos importantísimos que son:

- **La adecuada infraestructura y superestructura**
- **El factor humano**
- **El conjunto de procedimientos que regulan la circulación y su seguridad**

De forma que los procedimientos están concebidos y redactados para que en la mayoría de los casos ante el incumplimiento de uno de ellos haya otro redundante que lo compense y evite el accidente, es decir que generalmente se produce un hecho con algún incumplimiento que no llega a causar daño personal ni material pero representa una alteración de riesgo del sistema de seguridad y lo llamamos incidente pero si a renglón seguido se produce un segundo incumplimiento en la seguridad del sistema el **(primer hecho + el daño ocasionado)** lo denominamos **accidente**.

Otra parte de la información necesaria denominada complementaria, más administrativa, tiene por objeto la imputación a una Área de gestión determinada el accidente y está referida especialmente a daños y consecuencias, retrasos, transbordos, desvíos, aplicaciones del tren de mediana o gran intervención tipos de mercancías afectadas o viajeros y muy especialmente si transportaba materias peligrosas o no.

La consideración del accidente lleva consigo también la recopilación de datos técnicos, como la clase de vehículo, sus datos de identificación, la carga, la velocidad las características de la vía y la catenaria, así como las circunstancias especiales en que se ha producido si existen. El objetivo de ello es comprobar si la normativa en vigor debidamente cumplida es suficiente para evitar el tipo de accidente ocurrido o no.

Por dicho motivo es importante detectar en el análisis de los accidentes a efectos de prevenir su repetición la llamada **causa raíz (o básica)** sin la cual no se hubiera producido el accidente denominada en inglés, "*root cause*".

2.4 Las clases de accidentes ferroviarios

Los accidentes de circulación están clasificados según denominaciones toda vez que existen características bien diferenciadas en cada uno de ellos que permiten agruparlos para estudiar sus causas y las medidas preventivas para evitar su repetición y demás estudios que se estime oportuno realizar para su análisis.

En la siguiente figura 2.3, se presentan 8 fotografías correspondientes a imágenes de ejemplos de las 8 clases de accidentes existentes y en ellas podemos ver:

- un **arrollamiento de un vehículo en un paso a nivel**, proyectado fuera de la vía (1),
- un **descarrilamiento** den un tramo metálico y en curva (2)
- los efectos de daños frontales originados en una **colisión** por cola o alcance de una unidad de tren (3)
- un **arrollamiento de una topera de final de una vía** de estación (4)
- una **descomposición de un cargamento** de un tren de mercancías que afectó gravemente a un tren de viajeros que cruzaba con el primero (5)
- los efectos de un **incendio** en un coche de viajeros (6)
- una aguja deformada provocada por un **talonamiento** de la misma con retroceso (7)
- unos operarios reparando las averías causadas por un **enganche de pantógrafo** (8)

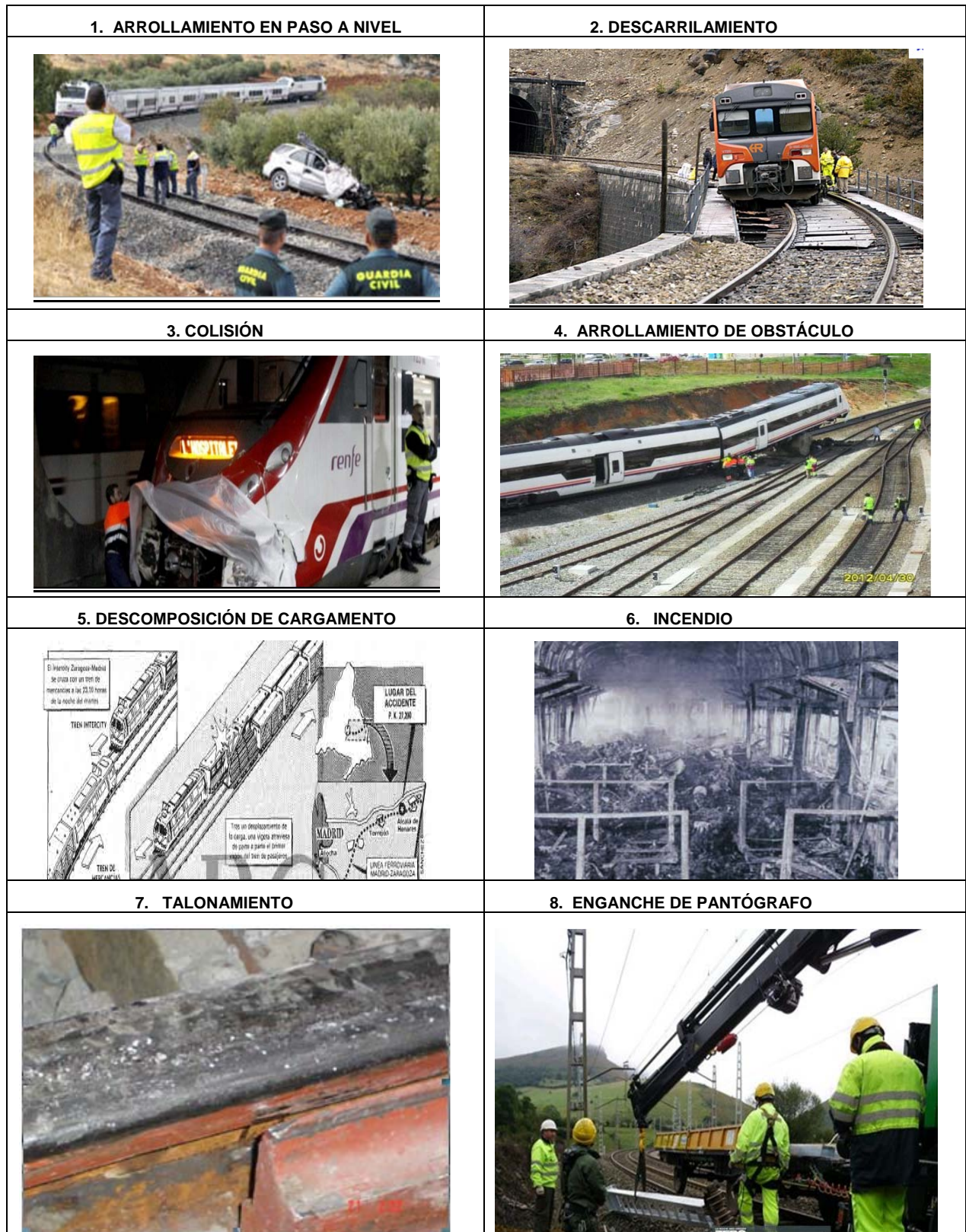


Fig. 2.3. Diversas clases de accidentes ferroviarios.
Fuente: Elaboración propia del autor, datos RENFE

En la tabla 1.1 que se inserta a continuación, cuyo título es “Denominación de las clases de accidentes ferroviarios” [RENFE (1997)] se exponen en la primera columna las nueve clases de accidentes existentes, incluyendo la última de varios, para agrupar a aquellos accidentes que se produzcan y que por sus características no encajen en los ocho tipos anteriores.

Tabla 1.1 Denominación de las clases de accidentes ferroviarios [RENFE (1997)]⁸

Denominación	Concepto	Particularidades
Accidentes en pasos a nivel de todos los tipos	Son colisiones entre los vehículos de ferrocarril y los de carretera y los posibles accidentes múltiples que ello pudiera originar	Comprende pasos a nivel con protección de señales fijas, luminosas, barreras, semibarreras, y particulares
Colisión	Se refiere a los ocurridos entre vehículos de material rodante ya sean de frente, por alcance o de costado,	Comprende los accidentes múltiples derivados de la colisión
Descarrilamiento	Se refiere a los que al menos una rueda cae de su camino de rodadura de cabeza de carril a la parte interior o exterior de la vía ocurridos a vehículos de material rodante incluso en el caso de que se encarrilara posteriormente en la marcha	Comprende los accidentes múltiples derivados del descarrilamiento
Incendio y explosión	Comprende el originado o propagado a un elemento de material rodante durante su servicio de circulación pero no se considera si el material está sin prestar servicio. Incluye derivaciones o cortocircuitos en dispositivos eléctricos y también los originados por explosión	Se excluyen aquellos incendios o explosiones subsiguientes de otro accidente y los producidos en terrenos ajenos por chispas despedidas al paso de los trenes
Arrollamiento de Obstáculos	Se refiere a colisiones contra obstáculos o el arrollamiento de los mismos, que pueden ser elementos caídos a la vía, vehículos o maquinaria caídos a la vía, rocas piedras, árboles, carretillas, moto-clavadoras etc.	También los animales excepto los que están en pasos a nivel. Los parachoques y la no existencia de parachoques
Descomposición de cargamento	Incluye el arrollamiento, el roce con la catenaria o la caída a la vía del cargamento, toldos contenedores, derrames, escapes de mercancías peligrosas siempre que no produzcan incendio/explosión.	También incluye puertas abiertas de vagones y contenedores.
Talonamiento	Se llaman así aquellos que la toman la aguja por la parte de atrás es decir por el talón y no está dispuesta para el itinerario correcto siempre que este hecho no produzca descarrilamiento o colisión	Si se produce talonamiento o colisión el accidente es múltiple
Enganche de pantógrafo	Son accidentes originados por interacción de la catenaria con el pantógrafo durante la marcha de las circulaciones incluye los accidentares múltiples originados por el enganche	No se incluyen las averías de electrificación en las que no estén implicados trenes o maniobras.
Varios	Se refiere a los accidentes no incluidos en las denominaciones anteriores y siempre que no se trate de averías del material rodante, las cuales no se consideran accidentes de circulación.	Se incluyen los trenes o maniobras provistos de pantógrafo que entren en una vía no electrificada o esté autorizado corte de tensión

⁸ Elaboración propia del autor con datos de la documentación y definiciones de la Dirección de Inspección y Seguridad 1997.

En la columna central se detalla la definición de cada tipo de accidente las características más sobresalientes que ayuden a identificarlo como tal. En la columna de la derecha se insertan para cada tipo de accidente, las particularidades o precisiones que definen mejor la clase de accidente de que se trata.

2.5 Índices estadísticos de accidentalidad ferroviaria

El índice de frecuencia de accidentes lo establecemos pues teniendo de la tabla o grafica de accidentes de un periodo determinado y el nº de kms-tren recorridos, relacionando con ello cuantos accidentes se han producido en un año evaluando la exposición al riesgo con dicho número de kms-tren.

Con objeto de que el índice de frecuencia sea un número más cómodo de manejo para gestión se expresa en millones de kms-tren, con lo que conseguimos índices que expresan el número de accidentes por cada millón de kms-tren recorridos.

En el gráfico GR-E2 (Evolución del número de accidentes por clase. Gráfica de barras y sectorial, que se encuentra al inicio de este capítulo 2 y en la tabla de su parte inferior, concepto TOTAL), tenemos registrados el número de accidentes en cada uno de los años 1975 a 2009, por ejemplo, 1627 accidentes en el año 1975 y 57 accidentes en el 2009.

En el gráfico GR-2 (Evolución de los millones de kms-tren recorrido por trenes convencionales) en la tabla de la parte inferior, tenemos registrados el nº de millones de kms-tren en cada uno de los años de estudio, por ejemplo 1975 a 134,2 y 2009 a 183.

Los cocientes de los pares de valores para cada uno de los años nos proporcionan el índice de frecuencia de accidentes para cada uno de los años 1975-2009 que dispuestos en forma de gráfica se representan en el gráfico GR-3 (Evolución del índice de frecuencia de accidentes), que nos da para 1975 un valor de 12,10 accidentes por cada millón de kms-tren recorridos y al final del estudio en 2009, 0,31 accidentes por cada millón de kms-tren recorridos y que es la expresión de la notable mejora global de la seguridad en el periodo de estudio.

Incluimos a continuación los gráficos mencionados GR-2 y GR-3 en formato A3 para que pueda observarse la evolución de cada uno de los conceptos que se han mencionado. En el gráfico GR-2 (millones de kms-tren recorridos) se incluyen notas que explican sus quiebros y en el del índice de frecuencia, se señalan con flechas aquellos hechos o decisiones relacionados en alguna medida con la evolución de la seguridad.

Situación de la accidentalidad en el año 1975. Variación de los accidentes de las distintas clases.

El punto de partida para la investigación de la evolución de la accidentalidad es el año 1975 a efectos de distribución del total de accidentes en cada una de las 9 clases que lo componen. En la figura 2.4A, tenemos la evolución del número total de accidentes anuales desde 1975 hasta 2009. Los diagramas sectoriales nos permiten ver en 1975 y en 2009 la importancia, en número, de cada una de las clases de accidentes que se produjeron.

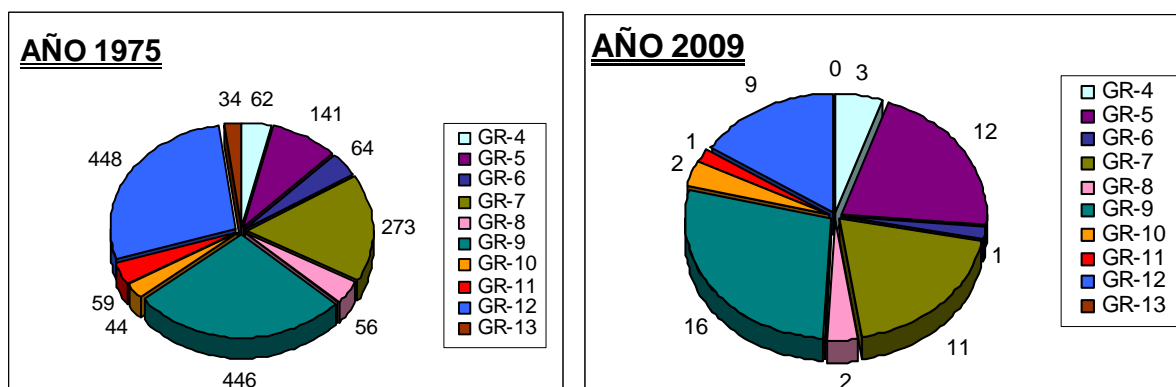


Fig. 2.4A. Situación de la accidentalidad en RENFE en el año 1975 y en el año 2009
Fuente: Elaboración propia del Autor con datos de la Dirección de Seguridad de RENFE

El número de accidentes que refleja la tabla 2.4B anterior corresponde siempre a la Red Convencional Ferroviaria Española de ancho 1,668 m, es decir la Red Ferroviaria de Interés General, como se denomina actualmente y por ello es independiente de las nuevas líneas de alta velocidad de ADIF de ancho UIC (1,435 m) que se han ido inaugurando y explotando desde 1992 hasta el momento actual.

CÓDIGO	CONCEPTO	AÑO 1975		AÑO 2009		DIFERENCIA
		PARCIALES	PORCENTAJES	PARCIALES	PORCENTAJES	
GR-4	ARROLLAMIENTO PASOS A NIVEL SBA-SBE	62	3,811%	3	5,260%	-59
GR-5	ARROLLAMIENTO PASOS A NIVEL S.F.-A-L	141	8,666%	12	21,053%	-129
GR-6	COLISIONES	64	3,934%	1	1,754%	-63
GR-7	DESCARRILAMIENTOS	273	16,779%	11	19,299%	-262
GR-8	INCENDIOS / EXPLOSIONES	56	3,442%	2	3,508%	-54
GR-9	ARROLLAMIENTO OBSTÁCULOS	446	27,412%	16	28,070%	-430
GR-10	DESCOMPOSICIÓN DE CARGAMENTOS	44	2,704%	2	3,508%	-42
GR-11	TALONAMIENTO	59	3,626%	1	1,754%	-58
GR-12	ENGANCHES PANTÓGRAFO	448	27,535%	9	15,789%	-439
GR-13	VARIOS	34	2,090%	0	0,000%	-34
TOTAL		1.627	100%	57	100,00%	

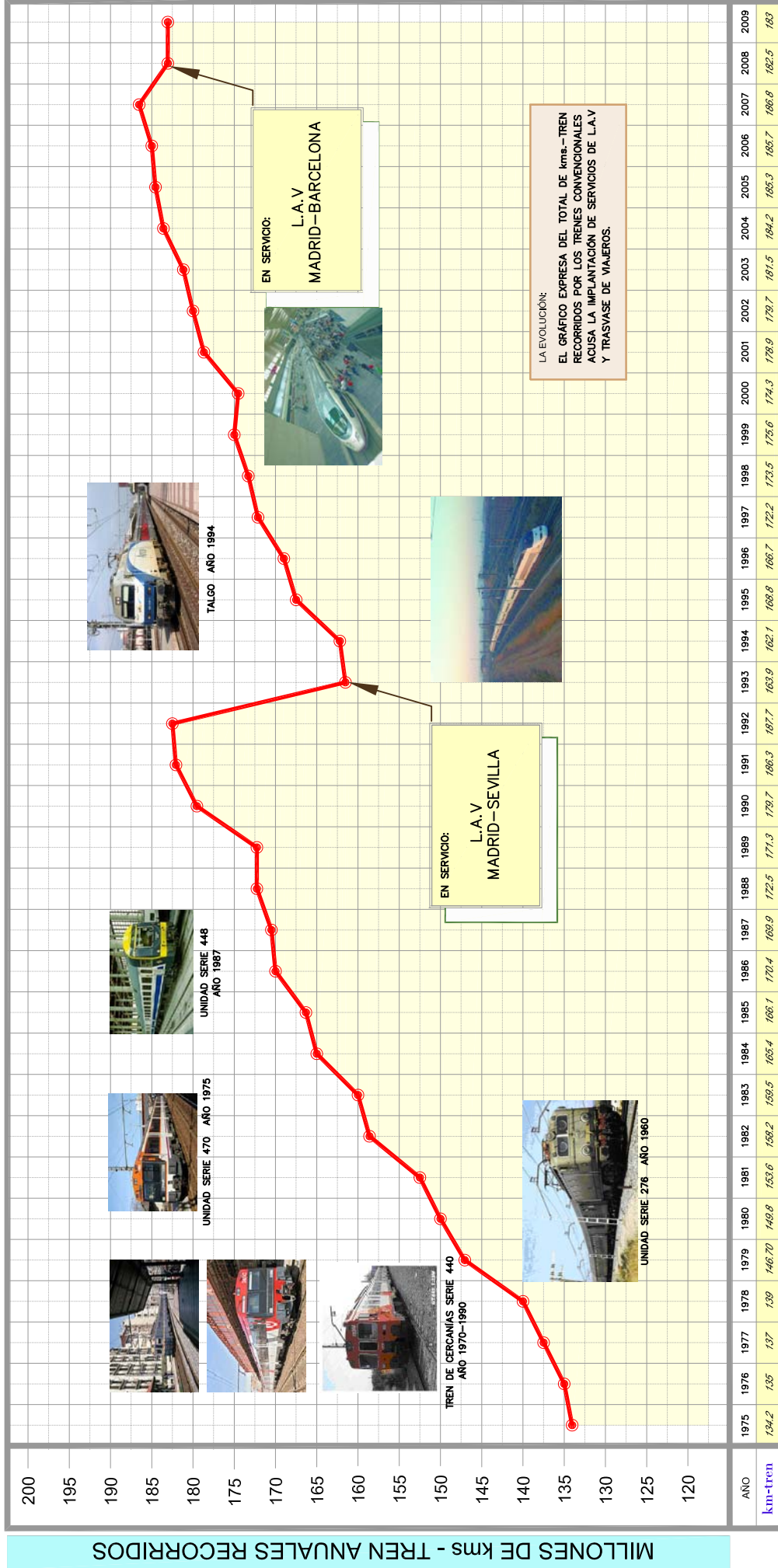
Fig. 2.4B. Situación de la accidentalidad en RENFE en el año 1975 y en el 2009

Fuente: Elaboración propia del Autor con datos de la Dirección de Seguridad de RENFE

En el periodo de estudio la base de cálculo de los indicadores es de 1627 accidentes en 1975 y 57 accidentes en el año 2009.

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

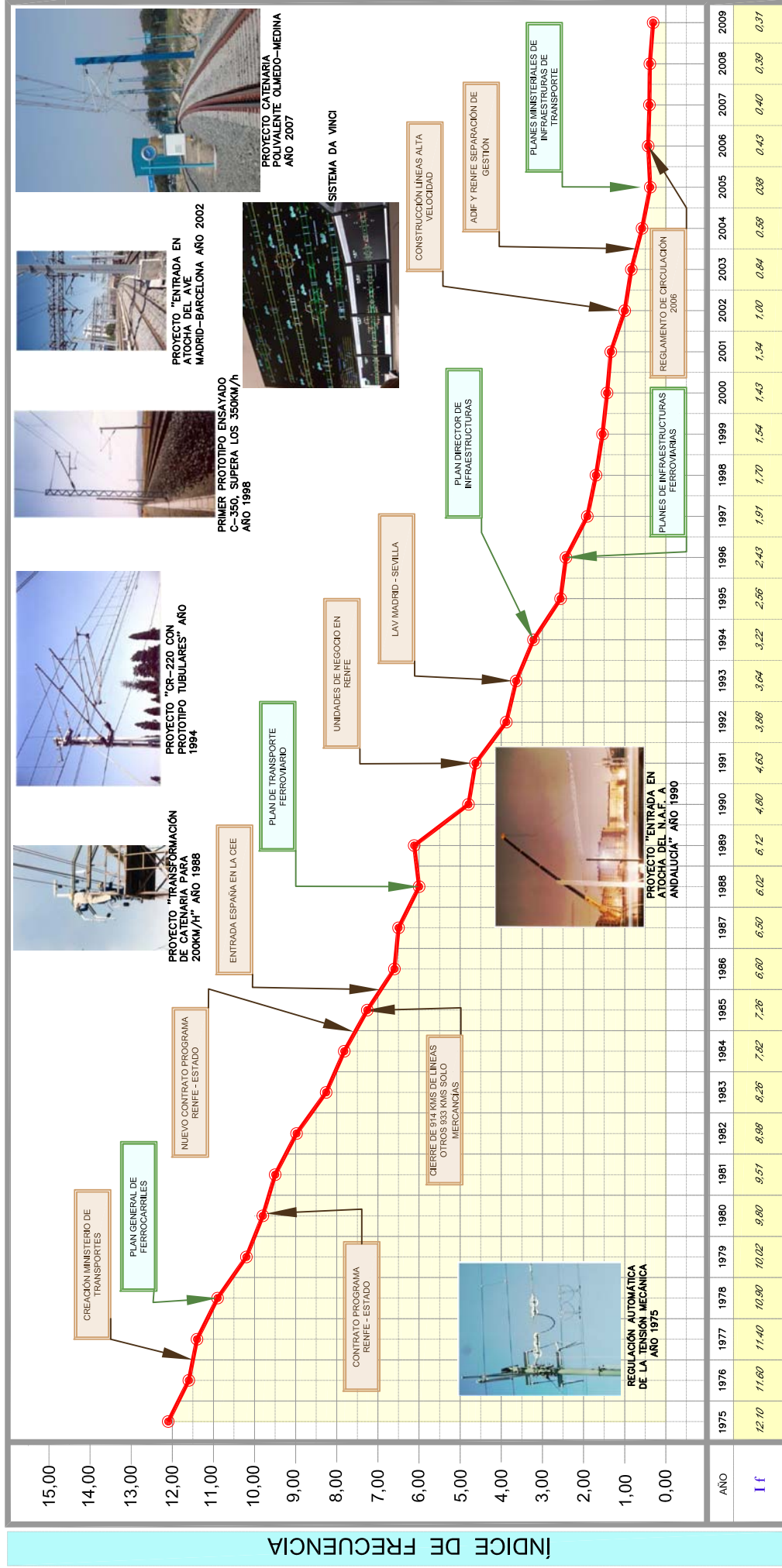
EVOLUCIÓN DE LOS MILLONES DE kms. - TREN RECORRIDOS POR LOS TRENES CONVENCIONALES



CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE FRECUENCIA DE ACCIDENTES

I_f = Número total anual de accidentes
Millones de kms. anuales recorridos por los trenes



— CRISIS ENERGÉTICA MUNDIAL
— NUEVAS ELECTRIFICACIONES
— APAGADO LOCOMOTORAS VAPOR

REGlamento de CIRCULACIÓN 1953

REGlamento de CIRCULACIÓN 2006

3. MARCO POLÍTICO Y DE GESTIÓN. INNOVACIONES TECNOLÓGICAS REALIZADAS

3.1 Preámbulo

La Guerra Civil Española iniciada en 1936, sometió al ferrocarril a un trato extremadamente duro y le produjo daños muy elevados, por lo que a su fin, la situación financiera de las compañías ferroviarias era totalmente insostenible. Ello provocó la intervención progresiva del Estado, hasta que en 1939 se hizo absoluta, al ser nombrados por el Gobierno los Consejos Directivos de tales compañías; no obstante, la difícil situación del país, agravada por la aparición de la Segunda Guerra Mundial en 1939, determinó que el ferrocarril, ante la inexistencia de una red viaria y los problemas y carencias de los transportes por carretera, jugara un papel determinante en la economía.

Las inversiones necesarias para la reconstrucción de los daños sufridos eran de tal magnitud que el Gobierno, mediante la Ley de Bases de Ordenación Ferroviaria de 1941⁹, procedió a incautar todas las líneas de ancho de 1668 mm, retrotrayendo de facto las concesiones otorgadas por la Ley de 1855 e integrarlas en la RENFE.

Sin embargo aun cuando el periodo de estudio de las mejoras de seguridad se inicia como se ha indicado en 1975 con el inicio de cambios políticos en España parece conveniente exponer un breve resumen de los planes ejecutados entre 1964 y 1975 que se registro una auténtica transformación de la estructura viaria nacional. Los dos protagonistas de este proceso fueron el Plan Decenal de Modernización y el Plan RENFE 1972-.75, cuyos frutos empezaron a recogerse claramente al inicio del estudio en 1975.

En el año 1948 se estableció el *Plan General de Reconstrucción* y posteriormente en 1962 las necesidades de RENFE se integraron en el **Plan Decenal de Modernización**¹⁰, solicitándose la

⁹ Ley de bases de ordenación ferroviaria y de transportes por carretera de 24 de enero de 1941

¹⁰ Redactado como consecuencia del estudio e informe del Banco Internacional de Reconstrucción y Desarrollo (BIRD)

cooperación del **Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento**, tratándose básicamente de disponer de un servicio más eficiente a menor coste, una posible autofinanciación al final del Plan y mejores retribuciones y condiciones de trabajo para los agentes del ferrocarril.

El Plan diseñaba un presupuesto de Inversiones desde 1964 hasta 1973 con la renovación de vía de la mitad de la Red, mejoras en estaciones, construcción de estaciones de clasificación adquisición de material motor eléctrico y diesel, material remolcado, modernización de Talleres y Depósitos, mejoras en telecomunicación, instalaciones de seguridad, nuevas electrificaciones, mejoras sociales y gastos generales.

El Plan no pudo completarse pues un cambio de gestión en la RENFE condujo a la redacción de un nuevo Plan RENFE 1972-1975, que partiría de las necesidades no completadas en el Plan Decenal de Modernización, no obstante lo cual supuso llegar a 1975 fecha en que el autor inicia el estudio de este proyecto de tesis en mejores condiciones que estaba en 1963.

Si bien la morfología del trazado no experimentó modificaciones manteniéndose las características principales, el Plan RENFE 1972-1975, diferenció la **red básica**, la **red complementaria** y **otras líneas** es decir los radios principales y el eje del Ebro, destinando a ello el 61% de la inversión y menos a la red complementaria y otras líneas, algunas de las cuales posteriormente se cerrarían.

3.2 Objeto

El objeto de este capítulo es la identificación del marco político y de gestión español que envolvió la sucesión de decisiones a partir de 1975, que contribuyeron a la realización de todas aquellas innovaciones y mejoras que han podido contribuir a la gran reducción de accidentes en el periodo 1975-2009, siguiendo una metodología simple de carácter cronológico

3.3 Decisiones del Estado y de RENFE

a) 1977. Creación del Ministerio de Transportes

La creación del Ministerio de Transportes integró a RENFE en el mismo y la desvinculó del Ministerio de Obras Públicas al que había pertenecido desde 1957 y se estudio un documento denominado contrato – programa con las obligaciones del Estado y de RENFE. También dependía de este Ministerio FEVE (Ferrocarriles Españoles de Vía Estrecha)

El nuevo Ministerio de Transportes, prestó especial atención a elevar la seguridad ferroviaria especialmente en los pasos a nivel con el Real Decreto, 2422/1978 de 24 de Agosto, relativo a nuevas disposiciones que mejoraran la seguridad en dichos cruces de la carretera con el ferrocarril.

También se impulsaron las inversiones relativas a la *modernización de la catenaria RENFE* inicial que no disponía de sistema de regulación automática de la tensión mecánica con las variaciones atmosféricas influyendo ello en los accidentes por enganche de pantógrafo.

b) 1978 El Plan General de Ferrocarriles

Al poco tiempo el Ministerio publicó el **Libro Blanco de Transporte**¹¹ que establecía las grandes líneas de lo que sería la política pública de transportes incluida la ferroviaria en las dos décadas siguientes y que se condensaba en:

- Libertad de concurrencia
- Especialización de cada modalidad de transporte en los segmentos de mercado con mejores ventajas comparativas
- Neutralidad fiscal y subvención exclusiva a cargo de los Presupuestos Generales del Estado para los transportes públicos
- Utilización preferente del ferrocarril para los servicios de cercanías en los núcleos más densamente poblados y el servicio de mercancías para grandes volúmenes a largas distancias.

¹¹ LIBRO BLANCO DE TRANSPORTES, publicado por el Ministerio de Transportes en 1987, recogiendo las necesidades de planificación de transportes en España con un horizonte del año 2000.

c) Supresión de la tracción vapor y dieselización

Se desarrolló la dieselización que se extendió por las restantes líneas de la Red, no electrificadas, como Madrid Atocha a Zaragoza y Mora, Galicia con la base de Orense, baja Extremadura y algunas líneas de Andalucía.

d) 1978. Instalación del ASFA (Aviso de señales y frenado automático)

La implementación del sistema ASFA, se realizó con notoria rapidez puesto que se instalaron 6675 kms en 7 años, disminuyendo notablemente las colisiones por rebases de señales y fue una de las innovaciones de mayor eficacia del periodo. En la figura 3.1 siguiente un pupitre de conducción de una locomotora con el mando ASFA.



Fig. 3.1 Pupitre de cabina con el Sistema ASFA.

Fuente: Manual de Circulación. RENFE

e) Aumento de los tramos con CTC (Control de Tráfico Centralizado)

Continuó el aumento desde 1178 kms, que existían antes de 1975, a 2493 kms en total con notable reducción del riesgo de colisiones y rebases de señales indebidos mejorando con ello la seguridad.

f) Los Contratos-Programa RENFE – ESTADO

El primer Contrato Programa se firmó en 1979 y RENFE se comprometía a elevar la calidad de la explotación para mejorar su eficacia y resultados, mientras que por su parte el Estado debía sufragar determinadas infraestructuras. En él se fijaban, por parte de la empresa, los objetivos económicos, de tráfico y las inversiones necesarios para disminuir el déficit en base a los criterios de eficacia y austeridad. A cambio RENFE, recibiría una contraprestación económica del Estado por los 914 kilómetros de línea suprimidos.

Ello frenó la deriva de los ferrocarriles ya en 1980 y se notó una recuperación de la demanda sobre todo en los servicios Intercity y Talgo y en los de largo recorrido. En su vista y como se había producido un cambio de gobierno en 1982 que suspendió los Planes existentes, se volvió a reconsiderar el problema del ferrocarril nombrando una Comisión de expertos para el estudio del ferrocarril, que presentó un amplio informe en 1983 en el que se proponían una serie de medidas urgentes para que el ferrocarril recuperase el tiempo perdido.

g) *En 1982 publicación del Reglamento General de Circulación¹²*

La implantación y actualización del compendio de normativa dispersa que había regido la circulación desde la creación de RENFE en 1940 dio un extraordinario avance, en particular para aquellos accidentes detrás de cuyas causas estaba el factor humano, pues la dispersión y la diversificación de los documentos reglamentarios en vigor, dificultaban objetivos de cumplimiento de normas al personal de RENFE.

h) *1985-1988. Aumento de las secciones de CTC*

Se llevó a cabo también una ampliación de la implantación del CTC especialmente en aquellas líneas que ya disponían de bloqueo automático o eléctrico manual con la doble finalidad de centralizar la gestión de circulación en los Puestos de Mando, reducir personal de circulación en las estaciones y limitar sus funciones a la gestión comercial de billetes e información, o bien especialmente por razones de seguridad en la circulación en tramos equipados únicamente con señales luminosas como el de Montcada Bifurcación a Vic. Figura 3.2.



Fig. 3.2 CTC. Montcada-Vic. Estación de Vic.
Fuente: RENFE. Cercanías. Línea R3

¹² El primer Reglamento General de Circulación se publicó en 1982 para reunir toda la documentación de circulación muy dispersa. Por razones de innovación tecnológica fue actualizado en enero de 1973 y al producirse la separación de RENFE y ADIF fue revisado nuevamente en 2006, siempre para la RENFE o después la Red Ferroviaria de Interés General.

i) 1986. La entrada de España en la Comunidad Económica Europea

Esta fue una decisión de gran trascendencia para los ferrocarriles en general y en particular para Andalucía al realizar el plan de accesos ferroviarios a dicha Autonomía, que estaba prevista inicialmente, con una línea convencional cruzando Despeñaperros y se decidió hacerlo con una línea de alta velocidad ferroviaria que fue la solución adoptada, la primera en España.

j) 1987. Mejora de protección de los pasos a nivel protegidos únicamente por señales fijas

Los pasos a nivel cuya protección eran las señales fijas eran los que producían más accidentes por cuyo motivo se decidió aplicar a un total de 486 pasos a nivel de mayor riesgo, en función de su AxT (momento del paso, nº de automóviles diarios multiplicado por el nº de trenes diarios) y de su visibilidad reducida, como criterios de selección, elevando el nivel de su seguridad.

Estos pasos a nivel incorporaban unas señales rojas destellantes que se activaban al aproximarse el tren y un avisador acústico simultáneamente con objeto de que el conductor del vehículo que se aproximaba al paso fuera advertido de la inminencia del riesgo por el aviso de que se aproximaba un tren y se detuviera ante las mencionadas señales en rojo de la carretera hasta después del paso del tren no sin antes comprobar que las señales no indicaran “otro tren”.

k) 1988. El plan de accesos a Andalucía

El plan inicial que era en principio una mejora más de las realizadas quedó convertido en línea de alta velocidad, tras intensos y largos debates en el Gobierno de España de aquel momento y llevó consigo la reducción de kms-tren en servicios convencionales pues implicó la supresión entre Madrid y Córdoba de numerosos servicios de rápidos y expresos.

La construcción de una nueva línea de alta velocidad con excelentes condiciones de seguridad fue el primer paso de las líneas de alta velocidad en España, coherente además con el ingreso de la misma en la CEE que se había realizado el 1-1-1986. En la figura 3.3 una imagen del AVE Madrid – Sevilla.



Fig. 3.3 AVE Madrid-Sevilla. Almodóvar del Río.

Fuente: Internet, Web RENFE

El 9 de diciembre de 1988, el Consejo de Ministros¹³ acordó la implantación del ancho de vía Europeo, de 1,435 metros, (UIC) en las líneas de alta velocidad, entendiéndose por entonces como tales el eje comprendido entre las ciudades de Sevilla, Madrid y Barcelona y aplazar una decisión sobre la eventual implantación del ancho internacional de vías del resto de la Red Española.

l) 1990. Real Decreto 1211/1990 de 28 de Septiembre¹⁴

Nuevas disposiciones del Estado tendentes a reforzar el nivel de protección de los pasos a nivel para evitar accidentes, implantando unas normas más restrictivas para el producto AxT tendente a disminuir los accidentes en determinados pasos a nivel de elevada peligrosidad. En la figura 3.4 podemos ver un paso a nivel de clase B protegido por señales luminosas y acústicas sin barreras.

¹³ El Consejo de Ministros acuerda la implantación del ancho de vía europeo, de 1,435 metros, en las líneas de alta velocidad, entendiéndose por ahora como tales el eje comprendido entre las ciudades de Sevilla, Madrid y Barcelona. PLAN NAFA. Nuevos accesos ferroviarios a Andalucía.

¹⁴ 1990. Real Decreto 1211/1990 de 28 de septiembre.



Fig. 3.4. Paso a nivel clase B. Señales fijas, luminosas y acústicas

Fuente: Elaboración propia del autor en visitas de seguridad de servicio en sus funciones

m) 1992. Nueva organización de RENFE

El objeto fue sustituir las relaciones jerarquizadas y burocratizadas por relaciones cliente-interno-proveedor, lo cual implicó una concepción radicalmente distinta de la gestión ferroviaria de manera que se separó el servicio del mantenimiento de la infraestructura.

El modelo de gestión implica que cada servicio debe funcionar con criterios de rentabilidad en servicios públicos sin perjuicio de buscar mecanismos de cofinanciación en las diferentes administraciones. En segundo lugar la Red como proveedor de bienes y servicios se hace cargo de la gestión de la tracción, del material rodante y de un conjunto de servicios, por ejemplo las estaciones y su gestión se realiza asumiendo el criterio de déficit por su naturaleza de servicio público.

n) 1992. Creación de la Dirección de Inspección y Seguridad

En 1962 y con anterioridad a la puesta en vigor del Plan de Modernización 1964-1973, se realizó una reorganización de RENFE en la que se determinaba que bajo la vigilancia de la Delegación del Gobierno, RENFE organizaría y llevaría a cabo la inspección de todos sus servicios mediante un organismo denominado Inspección General, la cual tenía encargado velar por los derechos de los usuarios a través de la Delegación del Gobierno, pudiendo delegar funciones a determinados agentes de dicha Inspección sin perjuicio de su dependencia orgánica a RENFE.

Esta Inspección General fue suprimida en 1992 al establecerse una nueva organización de RENFE, en que se consideró que sin perjuicio de mantener las competencias de inspección en caso de accidente debía desarrollar con medios más amplios, centrales y periféricos una acción preventiva asociada a la Dirección de Circulación que estaba integrada en la Dirección General de Infraestructura.

o) Impulso a la seguridad proactiva. El Plan anual de acción de seguridad 1992 y siguientes¹⁵

Sin perjuicio de realizar los correspondientes informes de accidentes, especialmente los que habían ocasionado víctimas la función asignada a esta Dirección de Protección Civil y Seguridad en la Circulación (como se denominó a partir de 1997) su misión fundamental y continuada era la prevención de accidentes.

Para ello esta Dirección estableció cada año un Plan de Acción anual destinado a planificar unas acciones con sus visitas de seguridad correspondientes a cada uno de aquellos puntos ferroviarios, línea, estaciones, pasos a nivel, estaciones de mercancías, de complejos de materias peligrosas con transporte por ferrocarril realizando unos análisis pormenorizados con fichas en las que estaba prevista la inspección de todos aquellos puntos que podían generar algún riesgo de accidente comunicando inmediatamente los defectos detectados a los servicios ejecutivos para su corrección y también a la Dirección propia.

A este efecto el Plan de Inspección preventiva que desarrollaban por toda la Red con los Técnicos especializados de la Dirección Central de la Inspección General y los de las Inspecciones Regionales, consistía en visitas de seguridad preestablecidas en función de una periodicidad determinada para comprobar las correcciones de las deficiencias señaladas o las nuevas existentes a pasos a nivel de todos los tipos para observar las deficiencias que tuvieran y requerir su corrección.

¹⁵ El Plan de Seguridad en la Circulación elaborado por la Dirección de Inspección y Seguridad de RENFE creada en 1992 y perteneciente a la DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA.

También se recorrían trayectos de vía para verificar el estado de la geometría de vía, balasto, traviesas y demás elementos de la verificando mediante mediciones geométricas rigurosas, si se habían corregido las anomalías detectadas en el último paso del tren auscultador de vía.

Los técnicos de la Dirección de Inspección y Seguridad visitaban los Gabinetes de circulación de todas las estaciones para comprobar tanto la ejecución de las operaciones de circulación como el establecimiento de los bloqueos, maniobras, recepción y expedición de trenes, cumplimiento del RGC y de las Consignas en vigor, etc.

El Plan contenía también visitas a las estaciones de formación de trenes, de cargue de mercancías, contenedores y materias peligrosas para comprobar el cumplimiento de la Normativa vigente muy especialmente las pruebas de frenado en la formación de trenes.

El Plan de conservación del material motor y remolcado se verificaba para comprobar la consistencia de las operaciones de conservación establecidas, especialmente en frenos, rodaje, pantógrafos, enganches intermedios y extremos del material motor y todo lo relacionado con condiciones de seguridad del vehículo.

Visitas a las instalaciones de señalización y cabinas de enclavamientos para comprobar el estado de conservación de la instalación, el manejo de la misma, el cumplimiento de las Consignas existentes para establecer un itinerario, anularlo, etc.

Visitas preventivas a los Centros para comprobar el estado del material de protección contra incendios, estado de las salidas de emergencia en los túneles, funcionamiento de las trampillas de salida al exterior, señalización de las indicaciones de salida de emergencia más próxima, condiciones de salida de la escalera de emergencia, funcionamiento de la trampilla de salida a la calle y funcionamiento del teléfono túnel-calle, para uso de los servicios de emergencia en su caso.

También se realizaba la asistencia a todos los accidentes por arrollamientos en pasos a nivel, colisiones, talonamientos, enganches de pantógrafo, incendios, arrollamiento de obstáculos,

etc. analizando las causas de los accidentes con declaraciones de los agentes, comprobaciones en las instalaciones y otras actuaciones.

Con todo ello y conjuntamente con todas las acciones específicas que se realizaban y que se exponen en cada uno de los capítulos se logró un descenso importante en el número total de accidentes entre 1992 y 2009.

p) 1993. Reglamento general de Circulación. Actualización

La constante tecnificación y automatización de los procesos de circulación y nuevo material llevada a cabo entre el año 1982 que se publicó en RENFE, por primera vez un **Reglamento General de Circulación** (RGC) primero que agrupaba estructuralmente la Normativa dispersa relacionada y el de 1992 que permitió que pudiera reducirse el número de normas necesarias para realizar operaciones.

Así se separó del mismo todo lo relativo al manejo de dichos aparatos integrándolos en un Manual de Circulación, quedando únicamente en el RGC (Reglamento General de Circulación) las que eran imprescindibles y garantizaban una explotación ferroviaria segura y eficiente. Este Reglamento es de obligado conocimiento por todas las personas que intervienen en la circulación en la parte que les afecta y deben aplicarlo en el ejercicio de sus funciones.

El RGC se divide en 6 Títulos en los que el Título I, trata de GENERALIDADES, documentos a emplear, formato, etc.

El Título II se refiere a SEÑALES E INSTALACIONES DE SEGURIDAD, parte importantísima del RGC por las órdenes que se transmiten con ellas definiendo las señales fijas fundamentales, señales móviles, señales en los trenes y otras.

El Título III se refiere a CIRCULACIÓN y establece todas aquellas normas necesarias para una actuación coordinada del personal de puestos de mando, estaciones, trenes, pasos a nivel y de

infraestructura con el objetivo común de garantizar un itinerario sin obstáculos y seguro para la circulación de los trenes.

El Título IV trata del BLOQUEO DE TRENES, definiendo las distintas clases existentes, su fundamento sus características, condiciones de la orden de marcha, intervenciones de los agentes en el bloqueo, actuaciones en anomalías y formas de operar con cada una de las clases de bloqueo en anomalías.

El Título V define las normas para la COMPOSICIÓN Y FRENADO DE LOS TRENES, el número de ejes que puede llevar un tren, locomotoras que pueden remolcarlo, normas de conducción, pruebas y actuaciones con el frenado del tren para las distintas clases de trenes.

El Título VI, está dedicado a las Normas de MANIOBRAS a los conceptos de dirección, realización, a las obligaciones del agente responsable con la descripción de las prescripciones necesarias para ello, las condiciones en que se ordenan los movimientos de maniobras, las obligaciones del agente de maniobras, las obligaciones del maquinista que ejecuta la maniobra, la forma de ejecutar las maniobras en estaciones

q) 1998. Ampliación de la instalación de detectores de cajas calientes

En este año se efectuó una importante inversión en la instalación de estos aparatos que unidos a los que ya existían contribuyeron a evitar accidentes por caldeo de las cajas y en ocasiones roturas de mangueta y descarrilamientos.

r) 2001. R.D. 780/2001 de 1 de Agosto

Determina la construcción de pasos a distinto nivel en todos los nuevos cruces que sea preciso construir carretera-ferrocarril y la concentración de cruces en uno a distinto nivel cuando coincidan varios pasos a nivel en determinadas condiciones de proximidad.

s) 2004. Separación de gestión RENFE-ADIF

En el año 2005 se presentaron los Planes Ministeriales de Infraestructura de Transportes y también en este año se creó una Comisión Ministerial para la investigación de accidentes. La división de RENFE se hizo efectiva el 1 de enero de 2005 entre dos empresas:

- **RENFE Operadora:** Propietaria de los trenes y encargada de su circulación, que puede trabajar en competencia con otras compañías ferroviarias
- **ADIF:** Anteriormente denominado GIF, es el propietario de la infraestructura y encargada de su gestión, que proporciona sus servicios a cualquier operador ferroviario que los solicite.

La división tuvo algunas particularidades:

- La venta de billetes en estaciones es competencia de ADIF, en contra de lo que ocurre en otros administradores de infraestructuras (AENA, estaciones de autobús...), en los que cada compañía vende sus propios billetes.
- Las estaciones exclusivamente de Cercanías son propiedad de ADIF pero son gestionadas por RENFE Operadora. Esto es posible debido a que las redes de Cercanías no son objetivo de la libre competencia.

t) 1998-2009. Aumento de kms de vía con CTC (Control de Tráfico Centralizado)

En el año 2009 están instalados ya 8304 kms de vía con CTC (Control de Tráfico Centralizado contra 3980 que existían en 1998). También en 2009 la radiotelefonía de trenes está instalada en 8395 kms de línea.

u) 2007. Puesta en servicio del ASFA DIGITAL

Esta innovación y mejora importante sobre el sistema de ASFA ya existente tenía por objeto aportar un plus de seguridad mayor que se trataba de aviso señales y frenado automático con supervisión continua de la velocidad del tren que era la innovación que aumentaba la seguridad.

v) 1975-2009. Aumento de enclavamientos eléctricos y electrónicos

De 182 enclavamientos eléctricos que existían en el año 1975 se pasó en 2009 a disponer de 477 enclavamientos eléctricos y 544 electrónicos quedando solamente en 2009, 72 estaciones sin enclavamientos de las 620 que carecían de el en 1975, lo que supuso un gran avance en seguridad y agilidad de maniobra en la explotación.

w) Actividades y funciones de ADIF

Cuatro son las principales actividades de ADIF: **Construcción de nuevas líneas, mantenimiento y gestión de las líneas existentes, gestión del tráfico y asignación de surcos e I+D.** ADIF, cobra tasas, denominadas cánones ferroviarios, por el uso de todas las líneas e instalaciones, repercutiendo así sobre los operadores sus costes.

- Construcción de nuevas líneas

Desde la fecha de su creación ADIF ha gestionado la creación de nuevas líneas, incluidas las que estaban ya comenzadas en su fundación, por encomienda del Ministerio de Fomento. Además de las infraestructuras ya inauguradas, ADIF conserva un buen número de infraestructuras en obras, especialmente de nuevas líneas de alta velocidad.

- Seguridad en la circulación

En el ámbito de la Seguridad, ADIF planifica y dirige el Sistema de Gestión de Seguridad en la Circulación garantizando el cumplimiento de las acciones que tiene encomendadas en la Ley del Sector Ferroviario y en las normas que la desarrollan. El objetivo es conseguir una explotación ferroviaria segura y eficaz implantando procesos de mejora continua y tolerancia cero de los niveles de riesgo.

- Responsabilidad de ADIF

La Dirección de Seguridad en la Circulación es la responsable de planificar y dirigir el Sistema de Gestión de la seguridad en la circulación de la empresa, asegurando el cumplimiento de las acciones encomendadas a ADIF y verificando la puntual aplicación de los principios contenidos el RD 810/2007, de 22 de junio, con el objetivo último de conseguir una explotación ferroviaria segura y eficaz.

- Mantenimiento y gestión de las líneas

ADIF lleva a cabo todas las labores de mantenimiento y gestión de sus líneas con su propio personal, tanto en el mantenimiento periódico como en la solución de incidencias. También mantiene y gestiona las instalaciones auxiliares como estaciones, subestaciones eléctricas, o cargaderos.

- Control de tráfico y adjudicación de capacidad

ADIF tiene dividida la Red Española de ancho 1.668 mm en 6 zonas para controlar el tráfico, cada una de las cuales depende de una de las delegaciones encuadradas en la *Dirección Ejecutiva de Circulación*: León, Miranda de Ebro, Barcelona, Madrid, Valencia y Sevilla. Los Centros de Control del Tráfico son herencia de los mismos que en su día instaló RENFE, hoy en día muy modernizados. No todos los centros de control de tráfico tienen que estar en una delegación: así por ejemplo la línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona-Frontera Francesa se controla desde Zaragoza.



Fig. 3.5 Puesto de Mando de Miranda de Ebro

Fuente: Declaración Red ADIF. Información sobre Centros de Gestión del Tráfico

4. LA PROBLEMÁTICA DE LOS PASOS A NIVEL Y LAS ACTUACIONES PREVENTIVAS REALIZADAS

4.1. Introducción

La problemática de los pasos a nivel se aborda en este estudio con una referencia inicial, que se expone brevemente, relativa a la forma en que se generó el problema de los pasos a nivel, como ha evolucionado, como se han clasificado estos en función de su nivel de riesgo y también como se afrontaba el riesgo hasta 1975, y desde esta fecha que acciones se promovieron para suprimir unos pasos a nivel y proteger mejor otros, que medios se implementaron y que evaluación se hace hoy de su eficacia para el logro obtenido de la importante reducción de accidentes en dichos pasos a nivel.

Examinaremos a continuación como se han desarrollado las soluciones posibles que son básicamente la supresión del paso a nivel y su sustitución por otro a distinto nivel o bien, si no es posible, por diversas razones topográficas, económicas, etc. su protección técnica con alto nivel de seguridad.

Línea del estudio

Para ello, desarrollamos el estudio con la descripción de su origen, su necesidad, sus particularidades, la gravedad de los accidentes por arrollamiento de vehículos en los pasos a nivel, la normativa legal que afectaba a los pasos a nivel antes de 1975, la nueva normativa en 1978 y posterior, la clasificación legal de los distintos pasos a nivel según su necesidad de protección, debida al momento del paso nivel, y después el análisis de la labor realizada en el periodo de estudio entre 1975 y 2009 con los resultados obtenidos por las actuaciones del Ministerio de Fomento y RENFE-ADIF, en primer lugar sobre los pasos de clase A y B, y después sobre los de clase C, D y E, obteniendo de todo ello unas primeras conclusiones.

4.2. Antecedentes

a) *La necesidad del paso a nivel*

Al construirse el ferrocarril, el proyecto de trazado, en unos casos interceptaba carreteras o caminos, dividía algunas fincas en dos partes o bien se dividía un pueblo también en dos partes al implantar la estación en una zona donde la ubicación de la misma se deseaba que fuera céntrica y accesible para la mayoría de las personas, siendo necesario entonces la creación de un paso a nivel para pasar de una parte a otra del pueblo.

También se daba el caso de situarla en uno de los extremos del pueblo y el crecimiento del mismo se desarrollaba al otro lado de la vía, con lo cual se producía el mismo efecto que generaba la necesidad de una fórmula que armonizara o al menos evitara que se produjeran accidentes por arrollamiento de vehículos o personas que cruzaran la vía.

En la figura 4.1 podemos ver la imagen de un paso a nivel guardado a pie de paso en el pueblo de Roda de Mar (Tarragona), línea de Madrid a Barcelona (último paso a nivel de esta clase servido por guardabarrera mediante el accionamiento de barreras levadizas). Los avisos los daba el CTC de Lleida por un lado y S. Vicente de Calders o Valls por otro.



**Fig.4.1 Antiguo paso a nivel con guardería a pie de paso y barreras levadizas. Roda de Mar Apd.
Fuente: Internet Web ADIF. Último paso a nivel de esta clase en España, suprimido (2009).**

En 1975 el número de pasos a nivel públicos todavía en servicio en la Red de ancho ibérico era de 10.795, que incluían entonces diversas clases existentes, los pasos a nivel sin guardar los

guardados a pie de paso por guardabarreras o bien por agentes de las estaciones, los particulares cerrados con cadena y candado así como algunos automáticos en el CTC de León y Asturias.

b) *El servicio del guardabarrera del paso a nivel*

Los pasos a nivel guardados a pie de paso se accionaban a manivela desde el lado de las barreras junto a una caseta de madera, obra o casilla-vivienda del guardabarrera. Los de la estación, generalmente se accionaban desde la propia estación levantándose y bajando las barreras mediante una manivela que accionaba una transmisión alámbrica o bien se tendían cadenas, o se empujaban barreras con ruedas, siempre con antelación al paso de los trenes, acordando la Administración del Ferrocarril y los Ayuntamientos que los trenes dieran un toque de silbato al pasar por un cartelón situado 600 metros antes del paso a nivel para advertir a los que fueran a cruzarlo de la proximidad del tren.

Por otra parte, las estaciones colaterales del paso a nivel que disponían de teléfono, debían avisar oportunamente a los guardabarreras y si no lo tenían se basaban en los horarios prescritos y en la atención permanente, lo cual era motivo de accidentes.

c) *La nueva Normativa del Ministerio de Transportes en 1978*

En 1978 el Ministerio de Transportes, responsable en aquel momento, decidió establecer nuevas disposiciones que mejoraran notablemente la seguridad en dichos cruces de la carretera con el ferrocarril. Decretó mediante el R.D. 2422/1978 de 24 de agosto¹⁶ una mejora muy substancial en la protección de pasos a nivel, que se detalla más adelante y que como se verá al final de este capítulo, supuso una mejora extraordinaria encaminada a la supresión de los accidentes en los pasos a nivel con un notable y sostenido decremento de los mismos a partir de la aplicación de la disposición.

La preocupación permanente del Ministerio de Transportes y de RENFE estableció un Plan continuado de supresión de pasos a nivel por una parte, y por otra, la continua instalación de

¹⁶ Real Decreto 2422/1978 de 28-8-1978, sobre pasos a nivel que fue un importante revulsivo e inició de una acción continuada de supresión y protección de los pasos a nivel con resultados muy favorables de inmediato.

semibarreras enclavadas en las estaciones y automáticas en el trayecto, fue reduciendo en 35 años (1975-2009) este riesgo público, disminuyendo de forma extraordinaria el número de accidentes anuales que se registraron, como veremos en las gráficas y tablas insertadas más adelante de este capítulo.

El autor, por su experiencia larga y continuada en esta cuestión, considera que la extraordinaria labor realizada por el Ministerio, RENFE y ADIF no es bien conocida y valorada por el ahorro de vidas humanas que ha logrado, de sencillo cálculo, conocidos los accidentes mortales en 1975 y en 2009.

d) La gravedad de un accidente en un paso a nivel

Podemos notar que un accidente en un paso a nivel genera casi siempre al menos una víctima que no puede salir ante la inminencia del arrollamiento, especialmente en vehículos de dos puertas si van ocupantes en los asientos traseros o permanece en el vehículo hasta el último momento intentando sacar el vehículo del paso a nivel, dándose casos de proyección fuera de la vía, como se puede ver en la figura 4.2 que se inserta a continuación. Otros pueden quedar atrapados bajo la locomotora o coche de cabeza con cabina de conducción en los automotores y de rescate difícilísimo.



Fig. 4.2 Vehículo arrollado en un paso a nivel de una urbanización.
Fuente: Internet. Web RENFE, fotos de accidentes en pasos a nivel.

El autor de la tesis expone a continuación y previas definiciones de las clases de pasos a nivel y su denominación, dispone en una primera parte la acción realizada sobre los pasos a nivel de clase A y B y después en la segunda parte de este capítulo los de clase C, D y E,

disponiendo dichos datos en forma de tablas registros, gráficos, ratios y razonamientos para llegar a conclusiones que se exponen al final del presente capítulo.

e) *Características del paso a nivel*

Un **paso a nivel** es un punto de intersección de un trazado ferroviario con otra vía de comunicación terrestre como camino vecinal, carretera local o similar, situada en el mismo plano del paso a nivel, permitiéndose en dicho espacio concreto el tránsito de vehículos y de personas sobre la vía férrea, respetando las disposiciones legales relativas a estos y las órdenes de los sistemas de seguridad que puedan estar instalados.

De entrada, las alternativas que se ofrecen, como es evidente y siempre que sea posible, es su supresión mediante un paso a distinto nivel inferior o superior en función de las exigencias del entorno y de su ubicación. Cuando ello no es posible por diversas razones, debe mejorarse al máximo que se pueda la tecnología de protección, debiendo considerar extinguir aquellos cuya protección sean simplemente las señales fijas que tienen en su proximidad y en su inmediatez, que por supuesto son totalmente legales en el momento actual.

No obstante, la consideración legal del paso a nivel en la normativa vigente, exige respeto y cumplimiento de la Ley a los conductores de vehículos de carretera, a los peatones de la misma y a los maquinistas de los trenes. Ocurren accidentes, en la mayor parte de los casos, de carácter mortal para la parte más débil que es la persona o el vehículo que lo cruza indebidamente o inoportunamente sin respetar la normativa en vigor, y este es el problema inicial que se trata de solucionar satisfactoriamente.

Es evidente que si se pudiera suprimir en todos los casos el paso a nivel o deprimir la línea ferroviaria, desaparecería este tipo de accidentes pero como ello no es posible, al menos en el corto plazo, este nos orienta hacia la solución a la que debe tenderse y que como se verá, el Ministerio de Fomento y RENFE han ido aplicando con gran acierto e interés y aportación de muchos medios y recursos.

f) Actuaciones continuadas del Ministerio y de la Administración Ferroviaria. Innovaciones tecnológicas.

Por lo que se refiere a la solución de la supresión, después de un estudio técnico y económico del problema y la zona, pueden suprimirse uno o varios pasos a nivel y sustituir su función por uno a distinto nivel, como paso inferior o superior, según los resultados del estudio incluidos el hidrográfico y económico. La figura 4.3 muestra un sistema de supresión de un paso a nivel y sustitución por uno inferior con tecnología de cajón empujado, ya que aportan entre otras ventajas la reducción de tiempo y menores costes de construcción, seguridad en la ejecución y en la circulación de los trenes mientras se construye.

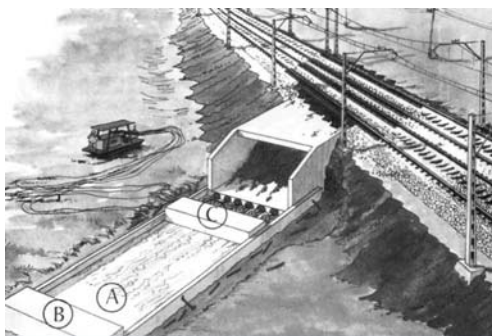


Fig. 4.3 Innovación tecnológica de construcción de un paso a distinto nivel

Fuente: Revista de Obras Públicas. Febrero, 2007. Construcción de pasos a distinto nivel por el método del cajón empujado.

El procedimiento mencionado es el del **cajón de hormigón** ejecutado fuera de la vía donde va a instalarse, orientado su eje en la dirección de su posición final bajo la vía con un empuje posterior teniendo la vía apoyada en un empaquetado de carriles y preparación adecuada de perfiles metálicos para cruzar bajo ella.

Cuando no es posible aplicar el procedimiento anterior por la topografía de la zona donde va a suprimirse el paso a nivel y a construir otro a distinto nivel, se recurre a otro procedimiento conocido que es construir unas pantallas de hormigón, figura 4.4, bajo la vía manteniendo esta en servicio con limitación de velocidad y una losa sobre las mismas sobre la cual finalmente descansará la vía y bajo la losa quedará el nuevo vial de circulación de vehículos a distinto nivel.



Fig. 4.4 Supresión de un paso a nivel y construcción de un paso inferior al lado.

Fuente: Elaboración propia del autor en visitas a obras de supresión de pasos a nivel Mont Blanc

Si no es posible aplicar la solución más eficaz y definitiva con los métodos anteriores, que es la supresión, es necesario evaluar y determinar el tipo de protección innovadora más adecuada en función de la peligrosidad del paso a nivel según el criterio que se expone a continuación.

4.3 Momento del paso a nivel

El producto (AxT): de la intensidad media diaria de circulación de vehículos por el tramo de carretera afectado por el paso a nivel, multiplicado por el número de circulaciones diarias de trenes, denominado **momento del paso**, da idea del riesgo y por tanto del nivel de protección que debe tener.

Si solo nos fuera dado conocer un dato de un paso a nivel es evidente que seleccionaríamos su AxT o momento del paso tal como ha quedado definido, pero debemos considerar que no es el único si es incorrecta su protección.

En un accidente en ese paso a nivel pueden haber influido las señales de carretera de proximidad del paso a nivel, el tipo de firme de la carretera, el tipo de firme del paso, el tipo de transición entre la carretera y el entablonado de madera del paso, la existencia o no de candelabros que son los perfiles verticales que señalan la amplitud del paso protegida por el entablonado de madera, el estado de esta, la visibilidad del tren desde antes de llegar a la señal de stop que encontramos en los pasos a nivel protegidos por señales fijas, que son los de

mayor riesgo a los conductores con independencia de las imprudencias que en algún caso puedan cometer.

Todos estos riesgos nos conducen a la conveniencia de que si es posible conviene planificar la supresión del paso a nivel para eliminar toda posibilidad de accidente considerando aquello de que aun conociendo las limitaciones presupuestarias, con una sola vida que se salve el coste está amortizado.

Las visitas técnicas de seguridad de la Dirección de Inspección y Seguridad han examinado y examinan siempre todos los aspectos mencionados y velan por su corrección.

4.4 Disposiciones legales existentes antes de 1975 y entre 1975 y 2009

a) Antes de 1975

Al examinar la legislación existente sobre pasos a nivel con anterioridad a 1975 año de inicio del estudio, encontramos la siguiente:

Decreto del 20 de septiembre de 1962 nº 2408/62 que establece resumidamente lo siguiente:

“Los pasos a nivel que hasta entonces podían estar protegidos por barreras y señales con AxT >24000 deberán ser suprimidos y sustituidos por pasos a distinto nivel “

“Los pasos a nivel con AxT < 24.000 deberán estar protegidos por un sistema de seguridad adecuado con arreglo a las Normas que dicte el Ministerio de Obras Públicas”

“Las obras de RENFE que den lugar a un paso a nivel se someterán a examen de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas que determinará la protección a aplicar”

Orden del Ministerio de Obras Públicas del 30 de diciembre de 1967 por la que se establece el uso de semibarreras automáticas en pasos a nivel

“Se aprueba el uso de semibarreras automáticas cuando el AxT < 24000 a título provisional siempre que la semibarrera automática esté homologada por el Ministerio de Obras Públicas y siempre que las semibarreras queden totalmente cerradas 30 segundos antes del paso del tren.

Orden del Ministerio de Obras Públicas del 27 de enero de 1972

Por la que se reconocen los sistemas adecuados de protección de pasos a nivel sitios en la zona comprendida entre las señales de las estaciones ferroviarias cualquiera que sea el valor de AxT de dichos pasos y que estas semibarreras estén enclavadas con las señales de entrada y salida de estas estaciones mencionadas, de forma que para que las semibarreras estén abiertas las señales de entrada y/o salida de las estaciones estén en indicación de parada (rojo). Cuando vayan a autorizarse movimientos de entrada o salida de trenes las semibarreras estarán totalmente cerradas 30 segundos antes del paso de los trenes.

b) Entre 1975 y 2009

Real Decreto 2422/1978 de 28 de agosto

Este Real Decreto supuso en su momento un aumento de rigor considerable en la protección de pasos a nivel de forma que sustancialmente establecía:

- Una prohibición de instalar ningún paso a nivel nuevo
- La implantación de guardería en todos aquellos pasos cuyo AxT fuera superior a 2500
- La implantación de guardería en todos aquellos pasos en que el AxT fuera superior a 1500 y la visibilidad desde el paso a nivel respecto al tren fuera menor de 500m.
- La dotación de señales fijas de peligro, pasos a nivel sin barreras, stop, señales horizontales etc.

4.5 Las clases de pasos a nivel

a) Clase A

Pasos a nivel protegidos por señales fijas. Es la protección mínima que puede haber. Para señalizarlo a la vía, sólo tienen un cartelón de "silbar" a 500 metros a cada lado del PN. Para la carretera, tienen varias señales entre ellas "paso a nivel sin barreras", la de "parada obligatoria" y la de "adelantamiento prohibido". Está instalada en pasos a nivel con un momento de circulación inferior a 1000 y sólo en plena vía. En la figura 4.5 tenemos un ejemplo.



Fig. 4.5 Paso a nivel clase A. Orden del 2-8-1981.

Fuente: Foto del autor en visita de seguridad a paso a nivel

b) Clase B

Pasos a nivel protegidos por señales fijas, luminosas y acústicas cuya instalación en los pasos a nivel de RENFE se inició en 1993 después de su homologación.

Tienen algo más que señales fijas. En este caso cuentan con señales luminosas y acústicas, es decir, las SLA.

Para la vía tienen los mismos cartelones que antes, y además una Señal Ferroviaria de Paso a Nivel (SFPN) que indicará al maquinista si el PN está protegido o no. Para la carretera, además de las señales de antes, tiene un semáforo con dos luces rojas intermitentes y de una sonería de tipo campana o timbre. El semáforo y la sonería se encienden, al menos, 30 segundos antes del paso del **tren**. En PPNN con un momento de circulación (AxT) superior a 1000 e inferior a 1500 y sólo en plena vía. Podemos ver un ejemplo en la figura 4.6.



Fig. 4.6 Paso a nivel, clase B. Protección con, señales fijas, luminosas y acústicas

Fuente: Foto del autor en visita de seguridad a paso a nivel en sus funciones

c) Clase C

Pasos a nivel protegidos por semibarreras enclavadas con las señales de las estaciones, ubicados dentro de las mismas y pasos a nivel automáticos ubicados en el trayecto entre dos estaciones colaterales cuyo cierre y apertura se produce automáticamente por la proximidad del tren para cerrarse y por el accionamiento de un dispositivo de apertura después de haber rebasado su cola de tren dicho paso. Figura 4.7.



Fig. 4.7 Paso a nivel, clase C. Protección con, semibarreras enclavadas con las señales de entrada y salida.

Fuente: Foto del autor en visita de seguridad a paso a nivel en sus funciones

En las estaciones se aplican las semibarreras enclavadas que pueden ser barreras completas cruzando toda la carretera, semibarreras que cruzan uno solo de los carriles o ser semibarreras dobles (dos semibarreras que cruzan, cada una, un carril).

La sonería y los semáforos se encienden 45 segundos antes del paso del tren (60 para semibarreras dobles). Entre 6 y 8 segundos después de comenzar la sonería y los semáforos, se activan las barreras, semibarreras o semibarreras de entrada. Si son semibarreras dobles, las de salida empiezan a bajar cuando las de entrada hayan terminado. Está instalada en PPNN con un momento de circulación (AxT) superior a 1000 e inferior a 1500 en plena vía y en estaciones, como podemos observar en la figura 4.8.

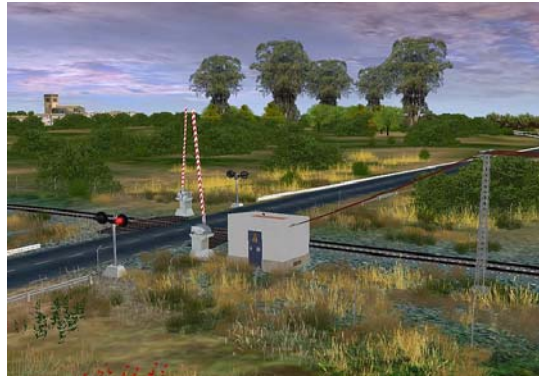


Fig. 4.8 Paso a nivel, clase C. Protección con semibarreras automáticas.
Fuente: Internet grabado de paso a nivel con semibarreras automáticas

d) Clase D

Se trata de pasos a nivel situados tanto en vía general como en estaciones en las que en las líneas que no se alcancen velocidades superiores a 40 km/h cuando el Momento de circulación (AxT) sea superior a 1000 e inferior a 1500. Son pasos a nivel protegidos en régimen de Consigna, que son unas instrucciones específicas establecidas por la Administración Ferroviaria para regular la utilización del paso a nivel en cuestión. Podrán ser sustituidos por la clase B o la clase C.

e) Clase E

Se trata de pasos a nivel protegidos con barreras o semibarreras con personal al pie de paso, exclusivamente con carácter transitorio hasta que se lleve a efecto la instalación de clase B o C en cada caso. Estos pasos a nivel ya están todos suprimidos excepto los provisionales por obras como el caso de la figura 4.9 siguiente.



Fig. 4.9 Paso a nivel, clase E. Protección con personal a pie del paso
Fuente: RENFE Internet. Pasos a nivel

f) Clase F

Son pasos a nivel con protección específica para el uso exclusivo de peatones o de peatones y ganado.

Además de los anteriores que son públicos, existen también otro tipo de pasos llamados particulares siempre cerrados con barrera o cadena y candado que se amparan en antiguos contratos con la Administración de RENFE, y cuyo objeto es que puedan acceder a sus fincas en condiciones específicas establecidas y bajo la total responsabilidad del particular y que poco a poco se van suprimiendo al disponer de otras alternativas de acceso a sus fincas sin cruzar el ferrocarril.

4.6 Aplicación de las distintas protecciones de pasos a nivel por clases

La tabla nº 4.1 [Dr. Arques J.L.(2007)] sintetiza los criterios de la Orden del 2-8-1981 indicando claramente para cada clase de paso a nivel, la correspondiente clase de protección en vía general y en estaciones considerando en su caso el momento AxT y las particularidades de las clases.

Las abreviaturas Dt, significa distancia teórica de visibilidad y Dr, significa distancia real de visibilidad desde el STOP del paso a nivel. Estos valores son muy importantes pues llegados los vehículos al stop del paso a nivel, deben decidir si cruzan o esperan en función de la visibilidad del tren desde dicho punto.

El carril normalmente está soldado y los trenes hacen muy poco ruido o nada y su velocidad de unos 100 kms/h suponen 27 m/seg por lo que un tren que no se ve a 600 metros puede tardar en llegar 24 segundos tiempo muy escaso y en caso de verlo cuando se está cruzando debe recordarse que el miedo produce inicialmente un efecto paralizante en el conductor del vehículo.

Tabla 4.1. Aplicación de las distintas protecciones de pasos a nivel por clases

	CLASES DE PROTECCIÓN	VÍA GENERAL			ESTACIONES
		AT≤100	100<AT≤1.000	1.000<AT≤1.500	
CLASE A	SEÑALES FIJAS		$D_r < D_t$ $V < 40 \text{ Km/h}$		TRANSITORIO PREFERIBLE CLASE C
CLASE B $V > 40\text{Km/h}$	ID CLASE A SEÑALES LUMINOSAS SEÑAL ACÚSTICA		$D_r < D_t$	$A < 100$	
CLASE C $V > 40\text{Km/h}$	ID CLASE B SEÑAL DE BALIZAMIENTO AUTOMÁTICA ó ENCLAVADA			$A < 100$	TODOS LOS CASOS EXCEPTO PARTICULARES Y F
CLASE D $V < 40\text{Km/h}$	SEÑALES FIJAS RÉGIMEN DE CONSIGNA			SUSTITUIDOS POR CLASE B ó C	
CLASE E	SEÑALES FIJAS SEÑALES LUMINOSAS SEÑAL ACÚSTICA SEÑAL DE BALIZAMIENTO ACCIONADA POR GUARDABARRERAS	ÚNICAMENTE CON CARÁCTER TRANSITORIO HASTA INSTALACIÓN DE PN CLASE B ó C			
CLASE F	SEÑALES FIJAS SEÑALES LUMINOSAS SEÑAL ACÚSTICA SEÑAL DE BALIZAMIENTO	USO EXCLUSIVO PARA PEATONES CON GANADO			

Notas: D_t ; distancia teórica de visibilidad y D_r ; distancia real de visibilidad desde el STOP del paso a nivel.

4.7 Actuaciones en los pasos a nivel de las clases A y B. Gráfico GR-5B.

La documentación ha sido obtenida, por el autor, de la Dirección de Seguridad de RENFE y Dirección de Pasos a Nivel. Las disposiciones legales relativas a pasos a nivel de los archivos de RENFE-ADIF y de Internet así como la referencia a las campañas de seguridad en pasos a nivel desarrolladas por el Ministerio de Fomento. Las tablas de datos elaborados por el propio autor con los datos recibidos.

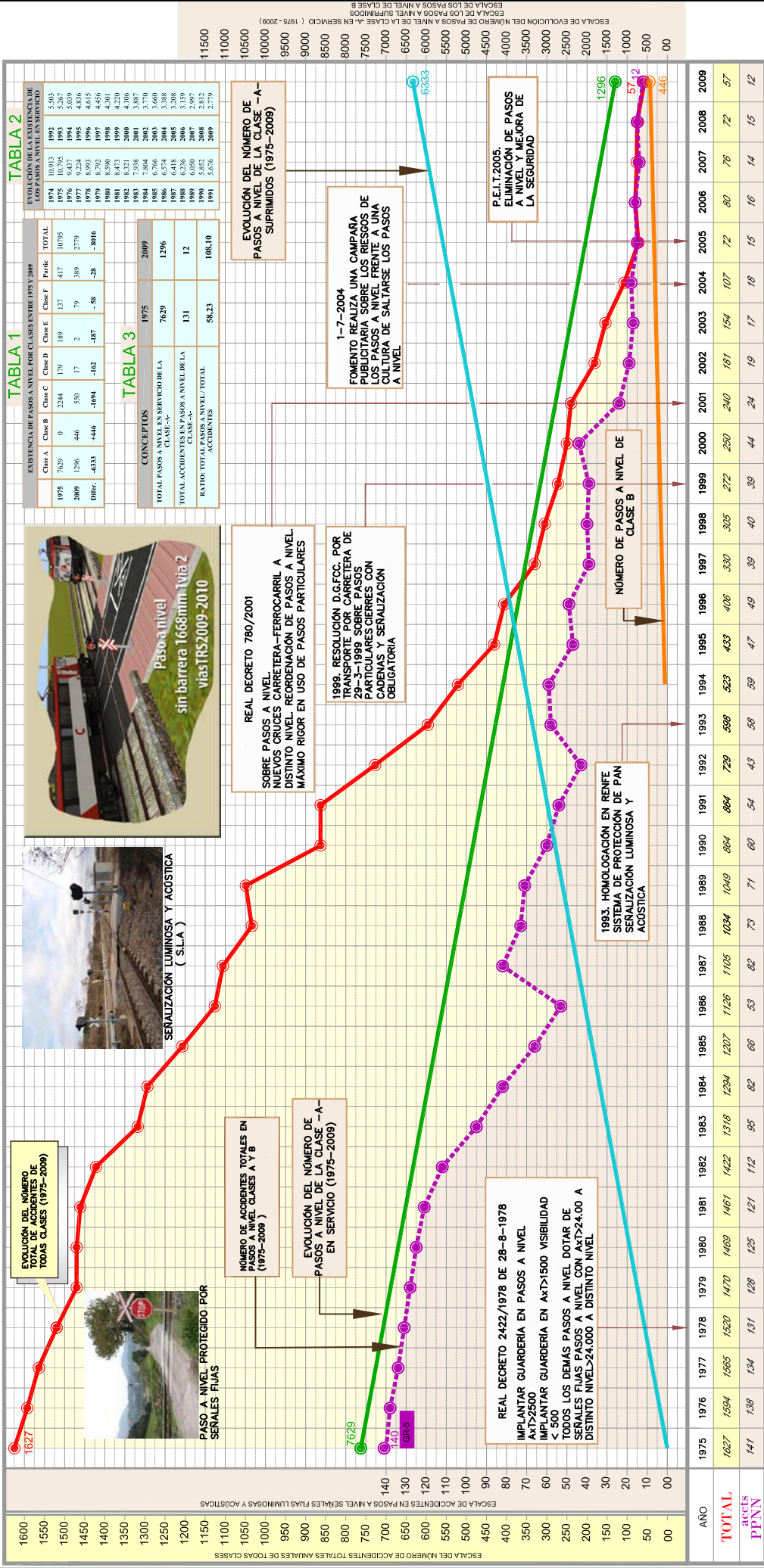
a) *Contenidos de la gráfica GR-5B (Evolución del número de accidentes por arrollamiento de vehículos en pasos a nivel de las clases A y B)*

Esta gráfica que tiene por objeto representar agrupadamente la evolución de los distintos hechos obtenidos por investigación que tienen relación con los pasos a nivel entre los años 1975 y 2009 para tratar de correlacionarlos, permite hacer las siguientes observaciones:

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

Evolución del número total de accidentes por arrollamiento de vehículos en pasos a nivel protegidos por señales fijas, luminosas y acústicas (Clases A Y B)

S.F. - Señales Fijas.
S.L.A. - Señalización Luminosa y Acústica.
P.N.M. - Paso a Nivel protegido con Barreras & Semibarreras Manuales



En abscisa

La gráfica está destinada básicamente a representar la evolución de los accidentes en los pasos de clase A y clase B entre 1975 y 2009 y los hechos que han influido en ello.

La gráfica se dispone sobre una base formada por una tabla que contiene tres filas de arriba a abajo; en la superior, los años correlativos, debajo el número total de accidentes de todas clases entre 1975 (1626 accidentes) y 2009 (57 accidentes).

En la fila inferior el total de accidentes en pasos a nivel de las clases A y B también entre 1975 y 2009

En ordenadas

La escala vertical más a la izquierda corresponde al número total de accidentes de todas clases cuya gráfica está dibujada en color rojo (0-1600).

La escala de la derecha, más corta, de 0 a 140 esta destinada a medir la evolución del total de accidentes anuales desde 1975 (140 accidentes) hasta 2009 (12 accidentes).

La gráfica de color granate representa la evolución del número total anual de accidentes en el conjunto de los pasos a nivel A y B.

En el gráfico se incluyen también, sobre los años que fueron decretadas las actuaciones legislativas mediante Reales Decretos y Ordenes Ministeriales publicada por el Estado en el periodo 1975-2009 para observar sus efectos, con posterioridad a la fecha de la disposición en la evolución de accidentes.

La gráfica de color verde representa la evolución global de los pasos a nivel de clase A en servicio, entre 1975 (7629 pasos a nivel) y 2009 (1296 pasos a nivel) que como es evidente, supone una reducción importante teniendo en cuenta que su protección se basa únicamente en las señales fijas y por lo tanto la seguridad, en que “se detengan frente al stop del paso a

nivel observen a un lado y otro de la vía si se acerca algún tren y si es que no, crucen con marcha corta pero con diligencia el paso a nivel”.

Los trenes deben silbar a 600 metros del paso a nivel para avisar de su proximidad frente a un cartelón con una “S” pero a las velocidades actuales, 600 metros son recorridos por un tren en 24 segundos y de ahí la peligrosidad del paso a nivel y la conveniencia de su supresión que es la solución definitiva.

Análisis de la gráfica de color granate, evolución de accidentes en pasos a nivel de la clase A y B.

Examinando la evolución de la gráfica, en la página de accidentes inmediatamente después de iniciarse la aplicación del Real Decreto mencionado se observa un descenso continuado durante 7 años consecutivos 1979-1986, en los que el número total anual de accidentes desciende de 128 a 53 efecto que invita a pensar en una correlación manifiesta entre las disposiciones adoptadas y la reducción de accidentes producida.

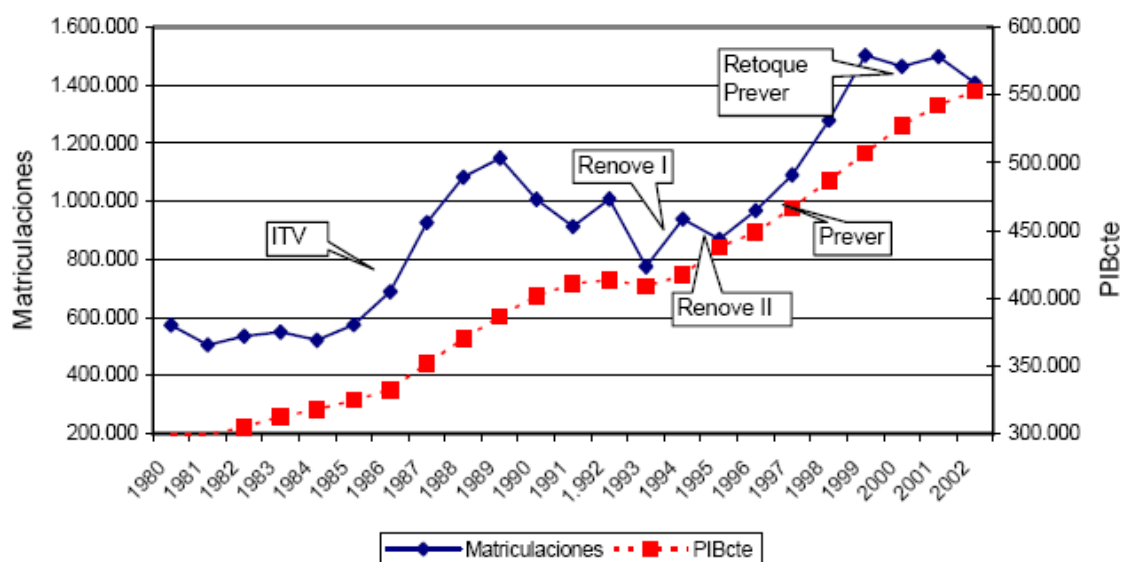
Al propio tiempo hay que considerar también que los planes del Ministerio respecto a actuaciones de supresión en pasos a nivel en los mismos 7 años fueron de 1500 pasos a nivel menos aproximadamente.

Sin embargo el año 1987 se produjo un repunte en la gráfica que aumenta de 53 accidentes a 82 de difícil explicación a pesar de las investigaciones realizadas, en parte atribuible a un aumento importante del parque automovilístico unido a que el conductor de vehículos nunca es lo suficientemente precavido para los riesgos de un paso a nivel, pero inmediatamente volvió a producirse un descenso continuado de los accidentes, prosiguiendo por otra parte el proceso de supresión, también continuado, llevado a cargo por el Ministerio de Fomento.

Tratando de buscar alguna explicación al repunte de accidentes producido en los años 1986 y 1987 recurrimos a un análisis de CENTRO DE ESTUDIOS TOMILLO S.L. en el que encontramos una estadística de matriculaciones del parque automovilístico en España que se inserta a continuación en la figura Gráfico 4 de dicho Centro de Estudios figura 4.10 y en la que podemos ver un fuerte crecimiento de las matriculaciones de turismos y aumento del PIB a partir de 1986 que en parte podría justificar el repunte de accidentes que no obstante se

controla en 1987 y se inicia un nuevo descenso de los accidentes en pasos a nivel de pendiente más suave que el registrado entre 1982 y 1986.

Gráfico 4. Evolución de las matriculaciones de turismos y del PIB a precios constantes. 1980-2002



Fuente: CEET a partir de datos de la Dirección General Presupuestaria y de Coyuntura (DGPC)

Fig. 4.10 Gráfico 4 Evolución de las matriculaciones de turismos y del PIB a precios constantes 1980-2002- Fuente: CENTRO DE ESTUDIOS TOMILLO S.L.

La labor del Estado y la Administración Ferroviaria continúa y en 1990 se inician los ensayos de los nuevos sistemas de protección de señales luminosas y acústicas activadas por pedales en la vía del ferrocarril situados a una distancia de 1500 metros y en vista de los resultados satisfactorios son homologados por RENFE en 1993 procediéndose inmediatamente a su instalación especialmente en los pasos tipo A con AxT mayor de 1500 y falta de visibilidad de 500 metros y también en los de AxT mayor de 2500.

El Estado en su labor continuada de supresión de pasos a nivel y de mejora de los sistemas de protección publica un nuevo decreto el 780/2001 de 1 de Agosto en el que aumentó el rigor en las disposiciones de protección forzando a la construcción de pasos a distinto nivel en todos los nuevos cruces de carretera – ferrocarril, la concentración de cruces cuando existan varios pasos a nivel en determinadas condiciones de proximidad para cruzar la vía a distinto nivel y otras disposiciones complementarias.

En la tabla 4.2 que se inserta a continuación podemos ver en síntesis la labor realizada por el Estado por medio del Ministerio de Fomento y de RENFE-ADIF, con un resultado global de 8.016 pasos a nivel menos en 2009 que en 1975.

Tabla 4.2. Existencia de pasos a nivel de las distintas clases en 1975 y en 2009

	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D	Clase E	Clase F	Partic	TOTAL
1975	7.629	0	2.244	179	189	137	417	10.795
2009	1.296	446	550	17	2	79	389	2.779
DIF	-6.333	+446	-1.694	-162	-187	- 58	-28	- 8.016

Fuente: Elaboración propia del autor

Sobre esta tabla podemos hacer ya algunas observaciones:

1. Eliminación de 6.333 pasos a nivel protegidos únicamente por señales fijas.
2. Implementación de señalización óptica y acústica en 446 pasos a nivel.
3. Eliminación de 8.016 pasos a nivel entre 1975 a 2009

Al propio tiempo el Ministerio de Fomento desplegó una Campaña en los medios de comunicación de televisión y publicaciones escritas advirtiendo de los riesgos en los pasos a nivel y desarrollando una fuerte crítica a la “cultura de saltarse los pasos a nivel” por parte de los conductores de vehículos, lo cual unido a la continuada supresión de pasos a nivel forzó el descenso continuado del número de accidentes llegando a 12 en 2009, hecho que puede considerarse como una labor muy eficaz en 35 años (1975-2009) al pasar de 140 a 12.

b) Guión de la campaña 25 julio 2004

La campaña en televisión está compuesta por dos anuncios, uno de 10 segundos que actúa como “teaser”, es decir como una presentación enigmática que trata generar curiosidad en el espectador y en el que se ve desde un paso a nivel un tren que se acerca a lo lejos. La cadena de televisión emite un anuncio de 20 segundos de otra marca y seguido el segundo anuncio que es la resolución de 20 segundos, en el que desde el mismo punto, se ve al tren encima de la cámara y pasando con gran violencia. El cierre que se utiliza es “Respeto la señalización de los pasos a nivel. Respeto tu vida”

Supresión de pasos a nivel próximos y sustitución por otro a distinto nivel. Probabilidad de producirse un accidente en un paso a nivel en función de las condiciones de seguridad legales y de ausencia de defectos.

Como es evidente el riesgo también aumenta si el paso a nivel presenta algún defecto de señalización, que esto no aparece en las estadísticas de los accidentes habidos pero es una realidad, que un defecto en el de firme, entablonado, estado de la transición entre la carretera y el paso, de forma que haya algún resalte que pueda ser causa de que se cale el motor del vehículo justo al entrar en el paso provoca que se ponga nervioso el conductor y/o acompañantes y que ello de lugar a un accidente, casi siempre mortal de necesidad por la masa y la velocidad del tren y la distancia de frenado que requiere no inferior a 350 metros en el mejor de los casos.

Aunque el paso a nivel no se suprima el hecho de corregir todos los defectos del paso a nivel, solo acreditado en estadísticas internas de trabajo de visitas de seguridad y correcciones disminuye la probabilidad de accidentes como podemos ver el valor del ratio que creamos a efectos de evaluar la eficacia de las actuaciones de seguridad.

Si bien sería deseable poder conocer año a año dentro del periodo 1975-2009 las variaciones de número total de pasos a nivel de la clase A en servicio para poder relacionarlos con el total de accidentes ocurridos a 31 de diciembre de cada año, no ha sido posible lograr los datos por lo que se insertan los de 1975 y 2000 principio y final del periodo de estudio que también se considera que tienen suficiente significación y que podemos ver en la tabla 4.2 ya presentada.

Veamos la tabla 4.3 en la que creamos una ratio de relación entre nº de accidentes y existencia de pasos a nivel. En la fila de la parte superior tenemos los años considerados, 1975 y 2009, en la segunda fila el número de accidentes en los pasos a nivel clase A y B en servicio en cada uno de ellos en mismos años correspondientes y en la tercera fila los accidentes ocurridos en pasos a nivel clase A y B existentes en 1975 y 2009.

Tabla 4.3 Ratios: (nº total de accidentes en pasos a nivel A+B / nº pasos a nivel A+B) * 100

CONCEPTOS	1975	2009
Total de accidentes en pasos a nivel clases A + B	131	12
Total de pasoa nivel clases A + B	7.629	1.296
Ratio: $\frac{\text{Total de accidentes A + B}}{\text{Total de pasos a nivel clases A + B}} \times 100$	1,717	0,925

Fuente: Elaboración propia del autor

Como el número de pasos a nivel en servicio no es el único factor relacionado con accidentes es lógico pensar en otros factores que hayan contribuido al descenso de la probabilidad de que haya un accidente como por ejemplo los niveles de protección de los pasos a nivel que están en relación también con las disposiciones legales que se han ido decretando elevando el nivel de seguridad en los pasos a nivel y otros factores como los planes parciales continuados de supresión de pasos a nivel que ha desarrollado continuamente el Ministerio de Fomento o el de Obras Públicas, así como la mejora del estado de sus instalaciones.

Considerando la notable reducción del número de accidentes totales de pasos a nivel de las clases A y B en el periodo 1975-2009, en relación con las disposiciones adoptadas por el Estado en primer lugar con la elevación del nivel de protección en el año 1978, la implementación de las señales luminosas y acústicas en los pasos a nivel de clase A, que lo requerían, en 1993 y un nuevo aumento del nivel de protección en el año 2001, así como la actuación permanente del Ministerio de Fomento, la labor de supresión de pasos a nivel y las campañas de sensibilización en los medios de comunicación en 2004, respecto a los riesgos existentes al cruzar un paso a nivel, el autor del trabajo estima que existe correlación suficiente entre las actuaciones realizadas por el Estado y RENFE y los resultados obtenidos en la reducción de accidentes en los pasos a nivel de clase A y B y que es el procedimiento eficaz de tratamiento de este riesgo eligiendo siempre que sea posible la supresión del paso a nivel.

Es decir, que se ha constatado que en la reducción de accidentes en pasos a nivel de las clases A y B han tenido importancia clara los siguientes aspectos de actuaciones:

- La supresión de 6.333 pasos a nivel de las clases A y B.
- La implantación de señales luminosas y acústicas en 436 pasos a nivel dotados únicamente de señales fijas.
- Las actuaciones de seguridad consistentes en visitas técnicas periódicas para corrección de defectos y la corrección de los mismos en todo el periodo de 1975 a 2009.
- Las actuaciones anteriores han tenido como efecto muy satisfactorio la reducción de 140 accidentes ocurridos en el año 1975 a 12 accidentes en el año 2009 evitando con ello un número indeterminado de víctimas muy probablemente mortales que con toda probabilidad se hubieran producido de no mediar una acción tan eficaz como la desarrollada por el Ministerio de Fomento, RENFE y ADIF.
- Cabe resaltar aquí también por ser de toda justicia la extraordinaria labor realizada por la Dirección de Pasos a Nivel primero de RENFE desde 1975 hasta 2005 y la misma Dirección adscrita a ADIF desde 2005 a 2009.

4.8 Actuaciones en los pasos a nivel de las clases C, D y E. Gráfico GR-4B.

Examinemos ahora, la influencia de las actuaciones sobre los pasos a nivel protegidos por semibarreras automáticas semibarreras enclavadas y guardería a pie de paso que corresponden a las clases C, D y E, en la reducción de los accidentes en dichas clases de pasos a nivel, registrada durante el periodo 1975-2009.

Para ello el autor del trabajo estudia si las acciones desarrolladas desde 1975 por el Estado a través del Ministerio correspondiente y las Administraciones Ferroviarias de RENFE hasta 2004, y ADIF desde dicho año hasta 2009, final del periodo de estudio, presentan una correlación clara de manera que dicha reducción corresponda a acciones muy concretas de evidente eficacia para la reducción de accidentes que se ha producido.

En algunos casos, es necesario evitar que las barreras puedan ser sorteadas por su carácter de semibarreras, cerrando solo la mitad del paso para que puedan salir los vehículos, pero si hay mucha intensidad de automóviles o cruzan el paso peatones, se utilizan las dobles semibarreras enclavadas con las señales de entrada y salida de las estaciones para afrontar el problema.

Las semibarreras automáticas, se aplican en plena vía entre dos estaciones colaterales, se accionan mediante un pedal en la vía cuando el tren se aproxima al paso a nivel y se levantan mediante otro pedal una vez que el tren ha superado el paso a nivel. Estas sustituyen a las antiguas guarderías a pie de paso servidas por guardabarreras.

Gráficas: GR-4B (Evolución del número de accidentes por arrollamiento de vehículos en pasos a nivel (clase C, D y E))

Línea gráfica nº 1 (color rojo)

Evolución del número total anual de accidentes de todas clases a 31 de diciembre de cada año entre 1975 (1.627 accidentes) y 2009 (57 accidentes).

El dibujo de esta gráfica se establece en base a la tabla que se inserta en la parte inferior con la primera fila dedicada a los años que comprende el estudio, desde 1975 hasta 2009 y en la primera fila de la parte inferior el total de accidentes de todas clases. Debajo de esta fila están igualmente año por año la evolución de los correspondientes accidentes en los pasos a nivel protegidos por semibarreras automáticas, enclavadas y a pie de paso (clases C, D y E).

La escala correspondiente a este valor es la primera de la izquierda con valores comprendidos entre 00 y 1.600 y la escala de la derecha va de 00 a 220 para poder medir valores puntuales de accidentes en un año determinado.

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

Evolución del número total de accidentes de vehículos en pasos a nivel protegidos por semibarreras automáticas, enclavadas y guardería a pie de paso (clases C, D,y E)

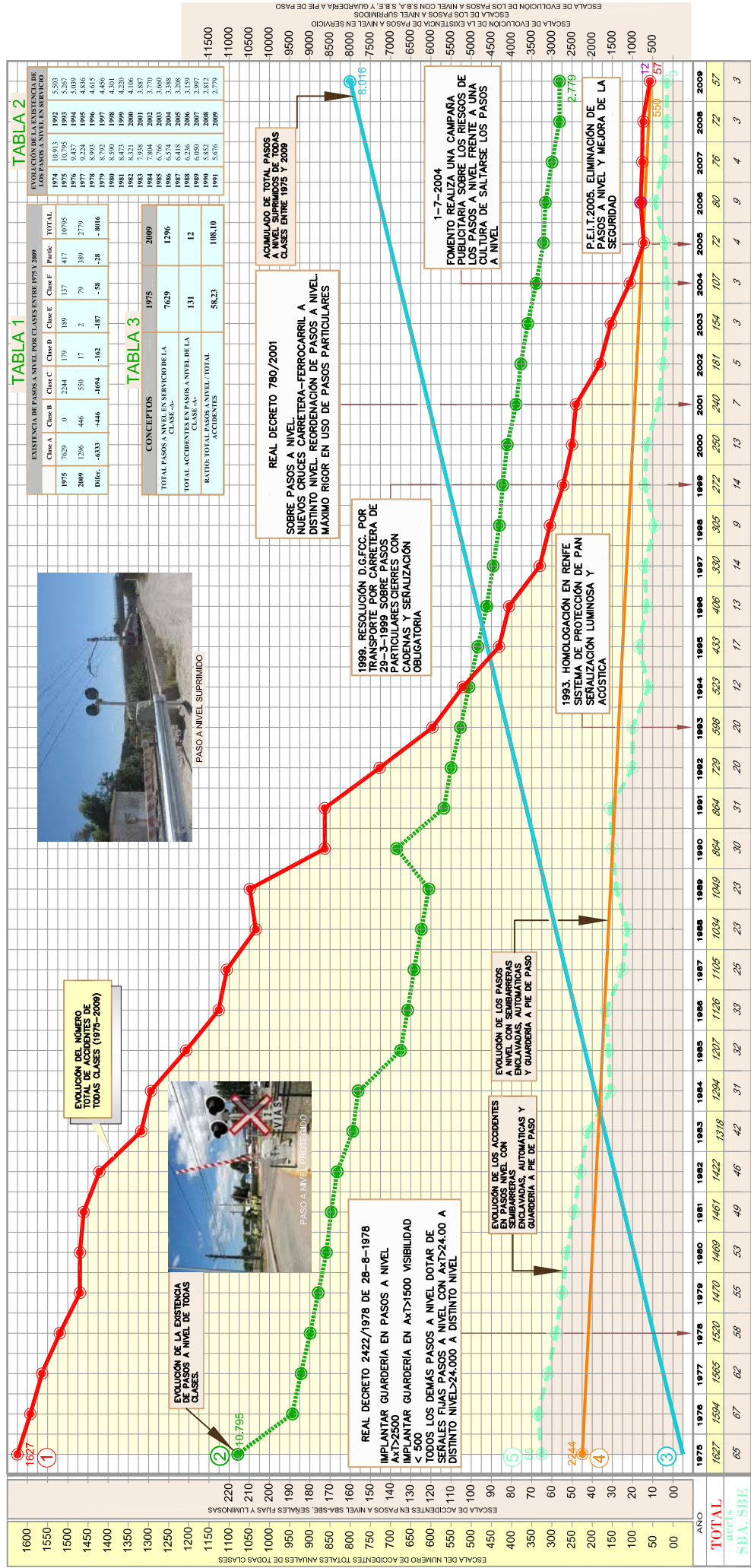


TABLA 1

EXISTENCIA DE PASOS A NIVEL POR CLASES ENTRE 1975 Y 2009							
Clase A	Clase B	Clase C	Clase D	Clase E	Total		
1975	7629	0	2244	179	189	157	10795
2009	1296	446	550	17	2	389	2779
Difer.	-6333	-446	-1694	-162	-187	-58	-8016

TABLA 2

EVOLUCIÓN DE LA EXISTENCIA DE LOS PASOS A NIVEL EN SERVICIO										
AÑO	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Total	10913	10913	10913	10913	10913	10913	10913	10913	10913	10913
SBA	5283	5283	5283	5283	5283	5283	5283	5283	5283	5283
SBE	5630	5630	5630	5630	5630	5630	5630	5630	5630	5630
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976	1976
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	4039	4039	4039	4039	4039	4039	4039	4039	4039	4039
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	4836	4836	4836	4836	4836	4836	4836	4836	4836	4836
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	4615	4615	4615	4615	4615	4615	4615	4615	4615	4615
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	4456	4456	4456	4456	4456	4456	4456	4456	4456	4456
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	4220	4220	4220	4220	4220	4220	4220	4220	4220	4220
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	4106	4106	4106	4106	4106	4106	4106	4106	4106	4106
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	3887	3887	3887	3887	3887	3887	3887	3887	3887	3887
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	3770	3770	3770	3770	3770	3770	3770	3770	3770	3770
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	3604	3604	3604	3604	3604	3604	3604	3604	3604	3604
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	3388	3388	3388	3388	3388	3388	3388	3388	3388	3388
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208	3208
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	3129	3129	3129	3129	3129	3129	3129	3129	3129	3129
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	2963	2963	2963	2963	2963	2963	2963	2963	2963	2963
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	2812	2812	2812	2812	2812	2812	2812	2812	2812	2812
SEÑALES FIJAS Y LUMINOSAS	2779	2779	2779	2779	2779	2779	2779	2779	2779	2779

TABLA 3

CONCEPTOS	
1975	2009
TOTAL PASOS A NIVEL EN SERVICIO DE LA CLASE A	7629
TOTAL ACCIDENTES EN PASOS A NIVEL DE LA CLASE A	131
RATIO: TOTAL PASOS A NIVEL / TOTAL ACCIDENTES	58,23

REAL DECRETO 780/2001 SOBRE PASOS A NIVEL. NUEVOS CRUCES CARRETERA-FERROCARRIL A DISTINTO NIVEL. REORDENACIÓN DE PASOS A NIVEL MÁXIMO RIGOR EN USO DE PASOS PARTICULARES

1989. RESOLUCIÓN D.G.F.C.C. POR TRANSPORTE POR CARRETERA DE NUEVOS CRUCES CARRETERA-FERROCARRIL A DISTINTO NIVEL. REORDENACIÓN DE PASOS PARTICULARES CIERRES CON CADENAS Y SEÑALIZACIÓN OBLIGATORIA

1993. HOMOLOGACIÓN EN RENFE SISTEMA DE PROTECCIÓN DE PAN SERIALIZACIÓN LUMINOSA Y ACÚSTICA

1-7-2004 FOMENTO REALIZADO UNA CAMPAÑA PUBLICITARIA SOBRE LOS RIESGOS DE LOS PASOS A NIVEL FRENTE A UNA CULTURA DE SALTARSE LOS PASOS A NIVEL

P.E.I.T. 2005. ELIMINACIÓN DE PASOS A NIVEL Y MEJORA DE LA SEGURIDAD



EVOLUCIÓN DEL NÚMERO DE ACCIDENTES EN PASOS A NIVEL SBA-SBE (1975-2009)

EVOLUCIÓN DE LA EXISTENCIA DE PASOS A NIVEL DE TODAS CLASES

REAL DECRETO 2422/1978 DE 28-8-1978 IMPLANTAR GUARDERÍA EN PASOS A NIVEL AX>2500 IMPLANTAR GUARDERÍA EN AX>1500 VISIBILIDAD < 500 TODOS LOS DEMÁS PASOS A NIVEL DOTAR DE SEÑALES FIJAS PASOS A NIVEL CON AX>24.00 A DISTINTO NIVEL-24.000 A DISTINTO NIVEL

EVOLUCIÓN DE LOS ACCIDENTES EN PASOS NIVEL CON SEMIBARRERAS AUTOMÁTICAS Y GUARDERÍA A PIE DE PASO

EVOLUCIÓN DE LA EXISTENCIA DE PASOS A NIVEL EN SERVICIO ENTRE 1975 Y 2009

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL ANUAL DE ACCIDENTES DE TODAS CLASES DESDE 1975 A 2009

EVOLUCIÓN DE LA EXISTENCIA DE PASOS A NIVEL EN SERVICIO ENTRE 1975 Y 2009

EVOLUCIÓN DEL ACUMULADO DE PASOS A NIVEL SUPRIMIDOS ENTRE 1975 Y 2009

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL ANUAL DE ACCIDENTES EN PASOS A NIVEL PROTEGIDOS POR SEMIBARRERAS AUTOMÁTICAS Y GUARDERÍA A PIE DE PASO

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL ANUAL DE ACCIDENTES EN PASOS A NIVEL PROTEGIDOS POR SEMIBARRERAS ENCLAVADAS . AUTOMÁTICAS Y GUARDERÍA A PIE DE PASO (CLASES C, D,Y E)

- 1 EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL ANUAL DE ACCIDENTES DE TODAS CLASES DESDE 1975 A 2009
- 2 EVOLUCIÓN DE LA EXISTENCIA DE PASOS A NIVEL EN SERVICIO ENTRE 1975 Y 2009
- 3 EVOLUCIÓN DEL ACUMULADO DE PASOS A NIVEL SUPRIMIDOS ENTRE 1975 Y 2009
- 4 EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL ANUAL DE ACCIDENTES EN PASOS A NIVEL PROTEGIDOS POR SEMIBARRERAS AUTOMÁTICAS Y GUARDERÍA A PIE DE PASO
- 5 EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL ANUAL DE ACCIDENTES EN PASOS A NIVEL PROTEGIDOS POR SEMIBARRERAS ENCLAVADAS . AUTOMÁTICAS Y GUARDERÍA A PIE DE PASO (CLASES C, D,Y E)

Línea gráfica nº 2 (color verde)

Nos señala la evolución de la existencia de pasos a nivel que quedan en servicio a 31 de diciembre de cada año, entre 1975 y 2009. Pasa de 10.795 en 1975 a 2.779 en 2009.

Las actuaciones del Ministerio de Fomento y de RENFE/ADIF, se fueron desarrollando a lo largo de los 35 años, mejorando la señalización de protección de los pasos a nivel, implementando semibarreras automáticas que sustituyan a las guarderías de guardabarreras servidas a pie de paso, instalando semibarreras automáticas en pasos a nivel de los trayectos que por su AxT deban tenerlas e instalando también semibarreras enclavadas en las estaciones para que no sea necesario servir las con personal de la estación o accionarlas desde la propia estación con procedimientos mecánicos de transmisión alámbrica para bajar y subir las barreras levadizas.

En la figura 4.11 podemos ver unas semibarreras dentro de la estación de Calella, línea de Barcelona a Massanet Massanas, enclavadas con las señales de la estación, es decir no puede entrar ningún tren de Calella ni parar otro procedente de Massanet o Blanes igualmente si las semibarreras no están bajadas.



Fig. 4.11 Pasos a nivel protegidos de las clases C. Semibarreras enclavadas con las señales de la estación.
Fuente: archivos del Autor en visita de inspección a pasos a nivel. Calella

Por otra parte a lo largo del periodo ha existido una acción intensa y continuada para la supresión de grupos de pasos a nivel dentro de una zona mediante diversas soluciones de agrupamiento en uno único a distinto nivel. El balance de esas actuaciones en los 35 años de periodo de estudio es el que reduce los pasos a nivel existentes de 10.795 en 1975 a 2779 en 2009, es decir 8.016 pasos a nivel menos en 2009.

Línea gráfica nº 3 (color azul)

Pasos a nivel suprimidos de todas clases entre 1975 y 2009 a 31 de diciembre de cada año, partiendo de 1975. Pasa de 0 en 1975, inicio del estudio, a 8.016 en 2009 y es balance de la labor realizada en el periodo de estudio en cuanto a supresión de pasos a nivel, actuación que anula todo riesgo.

Línea gráfica nº 4 (color butano)

Evolución de los pasos a nivel con semibarreras enclavadas, automáticas y guardería a pie de paso, a 31 de diciembre de cada año.

Esta clase de protecciones pasa de 2.244 en 1975 a 550 en 2009, estando la diferencia integrada en los suprimidos puesto que muchos de ellos ya rebasaban el producto $AxT > 24.000$, que obligaba a su supresión o conversión en paso a distinto nivel.

Línea gráfica nº 5 (color verde trazo largo)

Evolución de los accidentes en pasos a nivel con semibarreras enclavadas, automáticas y guardería a pie de paso. Estos han pasado de 65 accidentes en 1975 a 3 en 2009 que puede considerarse una reducción casi óptima.

La existencia de pasos a nivel de las distintas clases A, B, C, D, y E y particulares en 1975, inicio del estudio y 2009, final del estudio. Los resumimos en las siguientes tablas:

Tabla nº 4.4

Resume la existencia de pasos a nivel de las distintas clases A, B, C, D, E, F y particulares, en 1975, inicio del estudio y 2009, final del estudio resumiendo en la diferencia la disminución de todas las clases salvo en la clase B (señales fijas, luminosas y acústicas que no existían en 1975) dando datos de magnitud de la labor realizada en las 35 años, del periodo estudiado.

Tabla 4.4. Existencia de pasos a nivel de las distintas clases en 1975 y en 2009

	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D	Clase E	Clase F	Partic	TOTAL
1975	7.629	0	2.244	179	189	137	417	10.795
2009	1.296	446	550	17	2	79	389	2.779
Difer.	-6.333	+446	-1.694	-162	-187	-58	-28	-8.016

Sobre esta tabla anterior realizamos ya algunas observaciones:

- Observando el valor de la clase C correspondiente a semibarreras enclavadas, semibarreras automáticas y guarderías con personal a pie de paso vemos que se han reducido de 2.224 en 1975 y a 550 en 2009
- Respecto a la clase D, pasos a nivel quedan ya muy pocos pues siguiendo lo ordenado por disposición legal se han ido convirtiendo en clase C de semibarreras automáticas o enclavadas.
- Los pasos a nivel de clase E, para peatones y ganado, se han ido equipando con los medios de protección definidos en Real Decreto y han disminuido a la mitad. Tanto para peatones como para ganado tienen el condicionante de requerir cruces a nivel por la resistencia de las personas a las escaleras y la imposibilidad de hacer cruzar el ganado a por pasos a distinto nivel.
- Particulares normalmente están cerrados con cadena y candado o cancela y cerradura y registran muy pocos accidentes aunque estos están agregados en el conjunto de A y B por criterio de la Dirección de Seguridad de RENFE.

Tabla nº 4.5

Esta tabla detalla la “Evolución de la existencia de los pasos a nivel en servicio” desde 1975 hasta 2009 y nos permite ver numéricamente como se fueron reduciendo los pasos a nivel en servicio en la medida que se iban desarrollando las actuaciones del Ministerio y de RENFE/ADIF. Su gráfica GR-4B, correspondiente esta representada con el número 2 en color verde en el plano ACTUACIONES EN PASOS A NIVEL incorporado en la página anterior.

Tabla 4.5. Evolución de la existencia de los pasos a nivel en servicio

Año estudio	Pasos a nivel existentes a 31 -12	Año estudio	Pasos a nivel existentes a 31 -12	Año estudio	Pasos a nivel existentes a 31 -12	Año estudio	Pasos a nivel existentes a 31 -12
1975	10.795	1984	7.804	1993	5.267	2002	3.770
1976	9.437	1985	6.766	1994	5.039	2003	3.660
1977	9.224	1986	6.574	1995	4.836	2004	3.388
1978	8.993	1987	6.418	1996	4.615	2005	3.208
1979	8.792	1988	6.236	1997	4.456	2006	3.159
1980	8.590	1989	6.050	1998	4.301	2007	2.997
1981	8.473	1990	5.852	1999	4.220	2008	2.812
1982	8.321	1991	5.676	2000	4.106	2009	2.779
1983	7.938	1992	5.503	2001	3.887		

Si bien sería deseable poder conocer año a año dentro del periodo 1975-2009 las variaciones de número total de pasos a nivel de la clase A en servicio para poder relacionarlos con el total de accidentes ocurridos a 31 de diciembre de cada año, no ha sido posible lograr los datos por lo que se insertan los de 1975 y 2000 principio y final del periodo de estudio que también se considera que tienen suficiente significación.

Ratio de relación entre pasos a nivel en servicio y total anual de accidentes en los pasos a nivel de clases C, D y E.

El concepto del ratio que se presenta es un cociente entre el total de pasos a nivel de las clases C, D y E dividido por el total de accidentes

Su concepto es:

$$r = \frac{\text{nº pasos a nivel de las clases C, D y E}}{\text{nº accidentes}}$$

Si observamos en la tabla 4.4 (anteriormente insertada) los pasos a nivel de clase E, dotados de guardería a pie de paso, su seguridad dependiente en última instancia del factor humano que es el guardabarreras, se reduce en el periodo de estudio de 35 años de 189 a 2 convirtiéndose estos en pasos dotados de semibarreras automáticas o suprimidos, lo que nos da una medida de eficacia y seguridad de esta clase de protecciones que son las semibarreras automáticas y enclavadas.

Este sistema de protección no se puede garantizar el cero total de accidentes pues en general se trata de semibarreras que admiten, en contra de la mas elemental medida de prudencia y respeto a la Ley, el sorteo de las mismas cuando ya están bajando o están bajadas, lo cual explicaría que aun se produjeran 3 accidentes en el año 2009 a pesar de las campañas de sensibilización del Ministerio.

Tabla 4.6 Ratios entre nº total de accidentes C, D, y E / por total de pasos a nivel en servicio C, D y E) *100

CONCEPTOS	1975	2009
Total accidentes en pasos a nivel clase C, D Y E	65	3
Total pasos a nivel en servicio clase C, D y E	2.612	569
Ratio: $\frac{\text{Total de accidentes pasos a nivel clase C, D y E}}{\text{Total de pasos a nivel en servicio clase C, D y E}} \times 100$	2,488	0,527

Como puede verse la mejora del ratio para los pasos a nivel de clases C, D y E es muy superior a la de los A y B, lo que puede darnos una medida del aumento de eficacia de las supresiones y protecciones automáticas.

Examen de las disposiciones legales decretadas entre 1975 y 2009 y observación de los probables efectos que ellas pueden haber causado en la evolución de la gráfica de accidentes en pasos a nivel registradas en el mismo período.

Real Decreto 2422/1978 de 28 de agosto que supuso en su momento un aumento de rigor considerable en la protección de pasos a nivel de forma que sustancialmente establecía:

- Una prohibición de instalar ningún paso a nivel nuevo, salvo en determinadas obras por un periodo determinado y con autorización del Ministerio.
- La implantación de guardería en todos aquellos pasos cuyo AxT fuera superior a 2.500.
- La implantación de guardería en todos aquellos pasos en que el AxT fuera superior a 1.500 pero la visibilidad desde el paso a nivel respecto al tren fuera menor de 500 m.
- La dotación de señales fijas de peligro, paso a nivel sin barreras, stop, señales horizontales etc.

Examinando la evolución de la gráfica de accidentes, inmediatamente después de iniciarse la aplicación del Real Decreto mencionado, se observa un descenso continuado durante 5 años consecutivos 1979-1984 en los que el número total anual de accidentes desciende de 65 a 31, efecto que invita a pensar en una correlación manifiesta entre las disposiciones adoptadas y la reducción de accidentes producida.

Corroboran estas observaciones de resultados las manifestaciones de los gestores de RENFE que tuvieron a su cargo la dirección de pasos a nivel en aquel periodo respecto a que en su concepto, este Real Decreto 2422/1978 fue el más efectivo de todo el periodo pues la **reducción de los accidentes a la mitad en 7 años** nos da un nivel de eficacia muy superior a la lograda en todo el periodo, **65 accidentes a 3 en 35 años**, si bien también es cierto que cabe señalar la precariedad y carencias de instalaciones de protección de los pasos a nivel con anterioridad a 1975.

Al propio tiempo hay que considerar también que los planes del Ministerio respecto a actuaciones de supresión en pasos a nivel en los mismos 7 años fueron de 1.500 pasos a nivel menos aproximadamente, actuación de máxima eficacia para suprimir accidentes en pasos a nivel.

Sin embargo en el año **1991 se produjo un repunte en la gráfica que aumentó de 23 accidentes, que era el mínimo conseguido en 1988, a 30 accidentes** con difícil explicación a

pesar de las investigaciones realizadas. Inmediatamente en 1993 vuelve a producirse un descenso continuado de los accidentes y prosigue por otra parte el proceso de supresión continuado llevado a cargo por el Ministerio de Fomento llegando en 2009 a 3 accidentes próximo al cero.

El Real Decreto 1211/1990 de 28 de septiembre, regulaba los cruces de carretera u otras vías de comunicación con las líneas férreas en el artículo 235 de la Sección II del Capítulo II de su Título VII, y demás preceptos concordantes.

El Estado en su labor continuada de supresión de pasos a nivel y de mejora de los sistemas de protección de los pasos a nivel, publica un nuevo decreto el R.D. 780/2001 de 1 de Agosto en el que aumenta el rigor en las disposiciones de protección forzando a la construcción de pasos a distinto nivel en todos los nuevos cruces de carretera – ferrocarril, la concentración de cruces cuando existan varios pasos a nivel en determinadas condiciones de proximidad para cruzar la vía a distinto nivel y otras disposiciones complementarias.

Este Real Decreto 780/2001 de 1 de agosto, consideraba que si bien el índice de accidentalidad en los pasos a nivel existentes en la red ferroviaria española había ido disminuyendo de forma constante en los últimos años anteriores a 2001, era preciso reforzar las medidas necesarias para la eliminación o la reducción al máximo posible de los riesgos potenciales de accidentes en dichos pasos, para lo cual se estimaba necesario introducir determinadas modificaciones en el régimen normativo vigente sobre pasos a nivel.

Con dicha finalidad, este Real Decreto modificó el citado Reglamento estableciendo las medidas necesarias para llevar a efecto la eliminación del mayor número de pasos a nivel existentes y facilitando la promoción de las actuaciones de mejora de la protección de dichos pasos en todos aquellos puntos en que no sea factible su supresión, quedando modificadas las disposiciones vigentes de acuerdo con el siguiente resumen:¹⁷

¹⁷ Resumen del Real Decreto 780/2001 de 1 de agosto en sus disposiciones más directamente relacionadas con el aumento de seguridad en cruces de pasos a nivel

Resumen del Real Decreto 780/2001 de 1 de agosto

“Los cruces de carreteras u otras vías de comunicación con líneas férreas que se produzcan por el nuevo establecimiento o la modificación de unas u otras, deberán en todo caso realizarse a distinto nivel.”

Los órganos administrativos competentes sobre los correspondientes ferrocarriles y carreteras, así como las entidades que tengan a su cargo la infraestructura ferroviaria, procederán, en los plazos que las disponibilidades presupuestarias permitan y conforme a los convenios que, en su caso, pudieran establecerse a dicho efecto, **a la supresión de los pasos a nivel existentes y, en su caso, a su sustitución por cruces a distinto nivel**, cuando, de las características de los mismos se desprenda que dicha supresión resulta necesaria o conveniente

El Ministerio de Fomento, directamente o a través de las entidades que tengan a su cargo la infraestructura ferroviaria, con el objeto de preservar y mejorar la seguridad de los usuarios de las carreteras y caminos y del ferrocarril **podrán realizar la reordenación de pasos a nivel, así como la de sus accesos, tanto de titularidad pública como privada, garantizando en este último caso el acceso al predio servido mediante la concentración de aquéllos** y, en su caso, supresión de los que no resulten estrictamente imprescindibles.

Los pasos a nivel que resulten subsistentes conforme a la aplicación de lo preceptuado en los párrafos anteriores, **deberán contar con los sistemas de seguridad y señalización adecuados para garantizar su seguridad**, de acuerdo con las reglas que, en función de sus diversas características, establecerá a tal efecto el Ministro de Fomento.

Los pasos a nivel particulares existentes establecidos para el servicio de determinadas fincas o de explotaciones de cualquier clase, **se regirán por las condiciones fijadas en la correspondiente autorización**, quedando expresamente prohibida su utilización por tráficos o personas distintas o para fines diferentes de los comprendidos en aquella.

Los órganos competentes podrán, de oficio o a propuesta de las entidades que tengan a su cargo la infraestructura ferroviaria, decretar el cierre o clausura de los pasos a nivel particulares cuando los titulares de los mismos no respeten rigurosamente las condiciones de

la autorización o no atiendan debidamente a su conservación, protección y señalización, o cuando el cruce de la vía pueda realizarse por otros pasos cercanos, a igual o distinto nivel.

Al propio tiempo el Ministerio de Fomento despliega una Campaña en los medios de comunicación de televisión y publicaciones escritas advirtiendo de los riesgos en los pasos a nivel y desarrollando una fuerte crítica a la “cultura de saltarse los pasos a nivel” por parte de los conductores de vehículos, lo cual unido a la continuada supresión de pasos a nivel fuerza el descenso continuado del número de accidentes llegando a 12 en 2009, hecho que puede considerarse como una labor muy eficaz en 35 años (1975-2009) al pasar de 140 a 12.

Observaciones relativas a las actuaciones en pasos a nivel de clases C, D y E

Considerando la notable reducción del número de accidentes totales de pasos a nivel de las clases C, D y E en el periodo 1975-2009, en relación con las disposiciones adoptadas por el Estado en primer lugar con la elevación del nivel de protección en el año 1978, y un nuevo aumento del nivel de protección en el año 2001, así como la actuación permanente del Ministerio de Fomento la labor de supresión de pasos a nivel y las campañas de sensibilización en los medios de comunicación en 2004, respecto a los riesgos existentes al cruzar un paso a nivel, el autor del trabajo estima que existe correlación suficiente entre las actuaciones realizadas y los resultados obtenidos y que es el procedimiento eficaz de tratamiento de este riesgo

El R.D. 2422/1978 de 24-8-1978 elevó considerablemente el nivel de protección de los pasos a nivel y suprimió la posibilidad de instalar nuevos pasos implantando guardería a partir de un $A \times T > 2500$ y de 1500 con visibilidad menor de 500m cuya actuación coincidió con una reducción de accidentes de 128 en 1979 a 43 (33,5%) en 1992 en cuya fecha se adoptaron nuevas disposiciones legales

Con las disposiciones del R.D. 780/2001 de 1-8-2001 que redobló el rigor del R.D. 2422/1978, se produjo una nueva reducción pasando de 44 accidentes en el año 2000 a 12 accidentes el 2009 año final del estudio.

Respecto a los pasos a nivel de clases C, D y E.

El R.D. 2422/1978 de 24-8-1978 elevó considerablemente el nivel de protección de los pasos a nivel y suprimió la posibilidad de instalar nuevos pasos implantando guardería a partir de un $A \times T > 2500$ y de 1.500 con visibilidad menor de 500m cuya actuación coincidió con una reducción de accidentes de 65 en 1975 a 3 (4,6 %) próximo ya al objetivo óptimo.

Las disposiciones del R.D. 780/2001 de 1-8-2001 no mejoraron especialmente la reducción en este tipo de pasos a nivel pues ya presentan un alto nivel de protección salvo imprudencias o transgresiones legales que son las que originan en el caso más general los escasos accidentes que se produjeron en los últimos años del estudio (2009).

Durante el periodo 1975 - 2009 los pasos a nivel protegidos por semibarreras automáticas y enclavadas, clase C, se redujeron de 2.244 a 550 por supresión y construcción de pasos a distinto nivel. Los pasos a nivel de clase D, de régimen de Consigna se redujeron de 179 a 17 por conversión a clase C y los de clase E, guardería a pie de paso de 189 a 2 por conversión en clase C.

Una ratio establecida entre número de pasos a nivel en servicio y accidentes ocurridos, pone de relieve que las condiciones técnicas de protección de los pasos a nivel han pasado de 40,18 a 189,66 el número de pasos que deben existir en servicio de las clases C, D, y E para que se produzca un accidente lo que supone una disminución muy importante de la probabilidad de accidente en los pasos de dichas clases.

Con el conjunto de las acciones descritas de alto nivel de eficacia, los accidentes en los pasos de clase C, D y E, se redujeron de 65 en 1975 a 3 en 2009 como antes ya se ha indicado.

4.9 Conclusiones

En conclusión las actuaciones sobre Disposiciones Legales del Estado (Ministerio de Fomento) y las técnicas de las administraciones ferroviarias de RENFE/ADIF consistentes básicamente en elevar los niveles de protección de los pasos a nivel y suprimir otros sustituyéndolos por pasos a distinto nivel con o sin concentración de pasos en uno a distinto nivel han resultado

de una gran eficacia, reduciendo por otra parte la probabilidad de que se produzcan accidentes en los pasos a nivel por el grado de protección alcanzado y señalan la línea correcta para reducir a cero o a mínimos de difícil eliminación, por imprudencia, los accidentes en pasos a nivel, estimando el autor que existe una clara y evidente correlación de causa a efecto en las actuaciones desarrolladas y los resultados obtenidos, hipótesis que se pretendía probar.

La figura 4.12 que podemos ver a continuación ilustra la solución ideal y definitiva de suprimir un paso a nivel y sustituirlo por un paso superior, como en el caso que se presenta, o inferior si es más conveniente o necesario.



Fig.4.12 Paso elevado en la carretera de La Peña a Jaca para supresión de un paso a nivel.

Fuente: Internet, supresión de pasos a nivel en la provincia de Huesca. La Peña

En el caso de que no sea posible temporalmente aplicar la solución definitiva presentada anteriormente, que es la supresión del paso a nivel, está muy comprobado que la más eficaz es la protección automática del paso a nivel, incluyendo también debidamente señalizado el paso de peatones junto al de vehículos. Figura 4.13



Fig. 4.13 Paso a nivel protegido por semibarreras enclavadas con las señales y paso de peatones anejo.
Fuente: Internet pasos a nivel.

5. TECNOLOGÍA DE SEÑALIZACIÓN Y BLOQUEOS EN LA PREVENCIÓN DE COLISIONES DE TRENES

5.1. Principios fundamentales de seguridad en la circulación de trenes

La multiplicidad de especialidades ferroviarias que tienen por objeto construir el conjunto de infraestructura, superestructura ferroviaria y la gestión para hacer posible la circulación de los trenes por la línea, no son bien conocidas en general excepción hecha de los profesionales especialistas de ellas, pero de todas tal vez la que lo sea menos es la señalización ferroviaria, sistemas de bloqueo de los trenes, tecnologías que hacen posible que el movimiento de los trenes se realice con la máxima seguridad para los viajeros, los trabajadores ferroviarios y el público en general que puede verse afectado por un eventual accidente como fallo de la seguridad.

Por ello el objetivo de este capítulo es analizar cuales han sido las bases de una circulación de trenes segura y paralelamente realizar un examen estadístico continuado de los accidentes que se han producido, durante dicho periodo para tratar de atribuir en su caso como han ido disminuyendo y como puede atribuirse, en su caso, está disminución a los medios aplicados y su relación con los favorables resultados obtenidos.

La principal función objetivo del ferrocarril es el transporte de viajeros y/o mercancías. Es decir, transportar el mayor número posible de viajeros o mercancías por hora y en el menor tiempo posible y al menor coste posible que evidentemente no es el mínimo coste, función que debe tener muy en cuenta la primordial seguridad. Esta función - objetivo está influida por muchos factores ferroviarios, entre ellos y de manera especial destacan los sistemas de señalización, esto es, los sistemas de mando y control que proporcionan la seguridad en las circulaciones.

En el presente capítulo consideraremos las colisiones entre ellos que es preciso evitar a toda costa por sus posibles graves efectos sobre las personas y los bienes de las empresas.

La prevención de colisiones de trenes como clase de accidente de circulación se basa fundamentalmente en el Reglamento General de Circulación de RENFE ¹⁸ entre 1975 y 2004 y de ADIF entre 2005 y 2009 de manera que en este concepto la circulación segura de los trenes depende de los principios básicos que son los que se detallan a continuación:

- Que los trenes no colisionen frontalmente si han de circular por vía única entre dos estaciones, en sentidos contrarios.
- Que cuando los trenes circulen por una vía en el mismo sentido, sucediéndose, el de atrás no alcance nunca al que le precede, manteniendo siempre la distancia de seguridad preceptiva.
- Que cuando una vía enlaza con otra por medio de un desvío se disponga de sistemas que puedan prevenir una colisión de costado tanto en un trayecto de plena vía entre dos estaciones como en estaciones o bifurcaciones.

Estos sistemas de señalización deben garantizar que uno solo de los dos trenes tiene autorizado el paso mientras el otro permanece detenido frente a la señal que protege al primero y además, que si no cumple la orden de parada el sistema lo frena automáticamente.

Se dispone pues de sistemas capaces de asegurar que se cumpla el primero de los principios de no producirse choques frontales y cuya denominación son los **sistemas de bloqueo**. Lo mismo en el segundo caso donde se trata de evitar que un tren alcance al que le precede circulando ambos sucesivamente entre dos estaciones, manteniendo entre si la distancia suficiente para que ambos circulen con seguridad y también el tercero en la forma expuesta en el párrafo anterior.

Estos sistemas o cantonamientos protegidos por la señalización permiten lograr mayor capacidad de circulación y frecuencia de servicio. Para ello se requiere el sistema de señalización mediante el cual se realiza el bloqueo de forma que las señales transmiten órdenes, como la de vía libre (verde) que permite desarrollar la marcha a la velocidad de

¹⁸ En el periodo de estudio 1975-2009, han estado vigentes los Reglamentos Generales de Circulación de 1982, 1993 y 2006, cada vez más reducidos en cuanto a Normas, al automatizar progresivamente las funciones correspondientes a ellas

itinerario, la de anuncio de parada (amarillo) que ordena ponerse en condiciones de parar ante la señal siguiente y la de parada (rojo) que ordena detenerse ante ella sin rebasarla.

Esta es una secuencia completa de bloqueo de sucesión de trenes dentro del sistema de bloqueo automático en doble vía donde cada vía tiene un sentido de circulación.

Una vez llegados los trenes a las estaciones que disponen de al menos dos vías para realizar cruces entre dos trenes de sentido contrario o dar paso un tren tranvía a otro semidirecto, es necesario también garantizar la correcta disposición de los desvíos que hacen posible el establecimiento de itinerarios de seguridad y maniobras de los trenes en las estaciones mediante los sistemas que se llaman enclavamientos.

Visto pues que la seguridad en la circulación depende fundamentalmente de estos sistemas básicos como son los bloqueos, la señalización complementados con otros sistemas pasaremos a exponer las distintas clases existentes de cada uno de ellos siguiendo un orden de más antiguo a más moderno, de mayor riesgo a menor riesgo, hasta llegar a los implementados en el periodo de estudio 1975-2009 de eficacia muy satisfactoria.

5.2. Los sistemas de bloqueo de trenes entre estaciones

Se exponen en este punto muy brevemente los distintos sistemas de bloqueo de trenes que se han venido utilizando desde el principio del ferrocarril, cronológicamente desde los más primitivos hasta los más sofisticados. Todos ellos se refieren a los trenes de ancho ibérico de 1,668 m.

Se hace hincapié con mucho detalle en el bloqueo telefónico en vía única por haber sido utilizado muchos años y en mucha extensión de línea con objeto de que el lector comprenda mejor el nivel que tiene, considerando que en 1975, al principio del periodo de estudio, 8.165 kms de líneas de RENFE de los 12.500 kms que tenía, o no tenía, en aquel momento utilizaban

dicho sistema de bloqueo y en consecuencia la necesidad de efectuar inversiones urgentes implementando sistemas dotados de alta seguridad para el bloqueo de los trenes.¹⁹

El bastón testigo o Token

En un principio, hacia 1838, como en general las líneas ferroviarias se construían en vía única, para el bloqueo de los trenes se recurría al *bastón testigo* o *Token* que llevaba grabado el nombre del trayecto para el que era válido el bastón. El Jefe de la estación A, entregaba el bastón al Maquinista autorizándole a salir hacia la estación B y el Maquinista al llegar a la estación B le entregaba el bastón al Jefe de la estación B, como garantía de que el trayecto estaba libre de tren.

Bloqueo telefónico normal en vía única.

Es un sistema basado casi exclusivamente en la intervención del factor humano mediante fórmulas de petición de vía libre para expedir un tren, concesión de vía libre para aceptarlo, todo ello registrado y con número de codificación en un libro de telefonemas, que tiende a ser eliminado por sus riesgos de fallo humano y sustituida por control de tráfico centralizado, bloqueo por radio, sistema de contador de ejes, (figura. 5.1) las condiciones son pues:

Para expedir o dar paso a un tren es preciso que:

- 1.º El cantón esté libre de trenes.
- 2.º Se pida y conceda la vía para el tren que se vaya a expedir.
- 3.º Se dé la orden de marcha.

Y la petición si la vía, se formula así: textos de figura.5.1 y 5.2

- ¿Puedo expedir tren _____ a las _____? -.

Fig. 5.1 Fórmulas de procedimiento

En la fórmula se consigna el número del tren y la hora prevista de expedirlo.

¹⁹ En 1985 el Gobierno decretó el cierre de 914 kms de líneas con objeto de reducir costes teniendo en cuenta que se trataba de líneas y estaciones con un tráfico muy reducido o casi nulo.

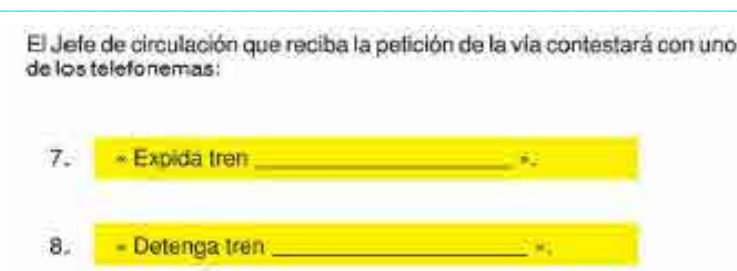


Fig. 5.2 Fórmulas de procedimiento.

Fuente: Reglamento General de Circulación de 1993 propiedad del autor.

La figura 5.3 corresponde al gabinete telefónico de la estación de Lleida, antes de la instalación del CTC de San Juan de Moza rifar (Zaragoza a San Vicente de Calders y Reus en el año 1973).



Fig. 5.3 Gabinete telefónico de la estación de Lleida

Fuente: Internet. Señalización ferroviaria.

Bloqueo telefónico normal en doble vía.

El sistema se basa en el mismo principio que el anterior pero gestionando el bloqueo también por telefonemas para cada una de las dos vías que tienen cada una distinto sentido de circulación. El detalle del procedimiento es semejante al anterior.

Bloqueo eléctrico manual.

En esta modalidad de bloqueo los Jefes de Circulación colaterales disponen de un sistema eléctrico con un cuadro de mando en cada estación y puede ser de dos tipos:

- **Petición y concesión de vía** .Se sustituye la petición verbal de vía por una llamada eléctrica y un piloto que se enciende y su contestación que implica también la disposición de la señal de salida en verde de la estación que solicita la vía si puede concederla.

- **Sistema de toma de vía.** La estación que quiere tomar la vía, si no hay ningún tren en el cantón, acciona eléctricamente el cierre de la señal de salida de la colateral y con ello consigue que esta ya no pueda enviar ningún tren y a la hora de salida pone en verde la de salida de su estación y expide el tren con la orden de marcha. Empezó a utilizarse hacia 1964. (Figura 5.4).



Fig. 5.4 Cuadro de operaciones del bloqueo eléctrico manual
Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

Bloqueo Automático en Vía Única (BAU)

Se trata de una tecnología que controla la circulación de trenes automáticamente en un tramo de vía única. La vía posee señalización para ambos sentidos de circulación, como podemos ver en el esquema de la figura 5.5.

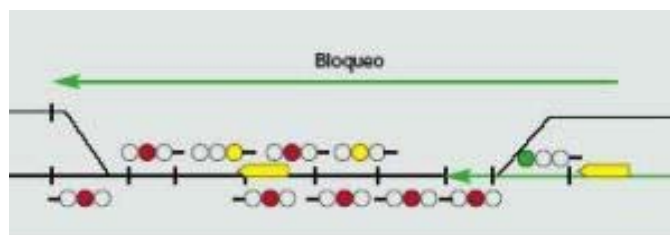


Fig. 5.5 Esquema de trayecto con bloqueo automático en vía única²⁰
Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

Garantiza que una vía única entre dos estaciones dividida en tramos o cantones protegidos por señales en los dos sentidos y que puede ser utilizado en mando local por los Jefes de Circulación de dos estaciones colaterales por su condición tiene impedido el error de autorizar la salida o paso de un tren a un cantón ocupado por estar controlado este por su circuito de

²⁰ Fuente Análisis de Mecánica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI. Los trenes circulan aun por la izquierda.

vía, su señal de acceso al mismo y el ASFA, para mayor seguridad. Estas funciones normalmente son asumidas por un Jefe de Control de Tráfico Centralizado sustituyendo la función de los Jefes de Circulación de Estación.

El primer CTC puesto en servicio empezó a funcionar en España en 1954, figura 5.6, entre Ponferrada y Brañuelas. Su tecnología era estadounidense GRS (General Railway Signal) y su aportación esencial desde un punto de vista tecnológico residía en permitir el mando a distancia a través de diferentes pulsadores y manetas, de las instalaciones de vía, señales y agujas, para la elaboración de rutas y encaminamientos en las estaciones.

El control físico de este primer CTC en España ubicado en Ponferrada, queda reflejado en la siguiente fotografía. Figura 5.6.



Fig. 5.6 Mesa de mando del CTC Brañuelas-Ponferrada inaugurada el 27-4-1954

Fuente: Internet RENFE

Bloqueo Automático en Vía Doble (BAD)

Se trata de un Bloqueo Automático instalado en una vía doble. Cada una de las vías se utiliza para un solo sentido de circulación, por lo que cada vía posee señalización para su sentido y no para el contrario, como podemos ver en la figura 5.7. En España se inició su aplicación en el entorno de Madrid y Barcelona hacia 1922.

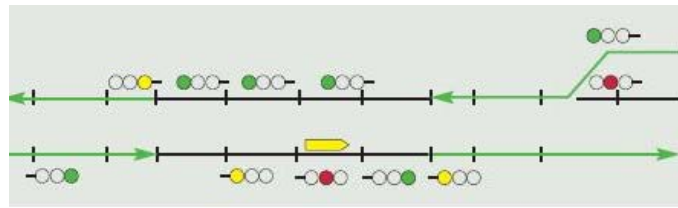


Fig. 5.7 Esquema de trayecto con Bloqueo automático en doble vía
Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

Bloqueo Automático de Vía Doble Banalizada (BAB)

Se trata de un Bloqueo Automático instalado en una vía doble por la que pueden circular los trenes en cualquier sentido por ambas vías. Cada vía posee señalización en los dos sentidos y al término del cantón las señales se encuentran yuxtapuestas a dicho efecto. El efecto es similar al de dos BAU's paralelos y puede estar gestionado también por un Jefe de Control de Tráfico Centralizado. En la figura 5.8 podemos ver su característica de señalización en línea del BAB.

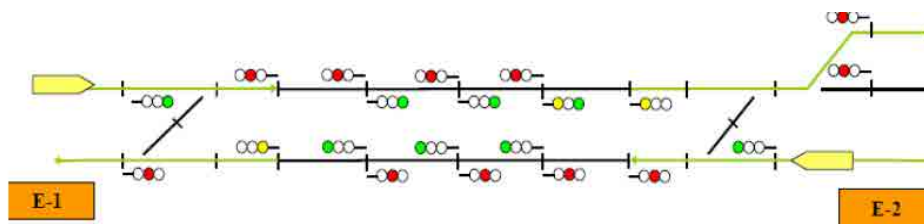


Fig. 5.8 Esquema de trayecto con bloqueo automático banalizado²¹
Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

El esquema de la figura 5.9 se corresponde, funcionalmente, con la fotografía de la figura 5.6 de forma que podemos ver en ambas vías las señales que limitan y protegen un cantón dispuestas para circular los trenes indistintamente por cualquiera de las dos vías facilitando con ello la agilidad de la circulación, la conservación de una vía a determinadas horas y el recurso en caso de una incidencia que inutilice una de las dos vías temporalmente y deba establecerse un bloqueo automático en vía única como el anteriormente expuesto.

²¹ Fuente Análisis de Mecánica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI



Fig. 5.9 Vista de un de trayecto con Bloqueo automático banalizado²²

Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

Bloqueo de Liberación Automática (BLA)

Este tipo de bloqueo funciona exactamente igual que el BA, con la diferencia de que, en lugar de usar circuitos de vía, se instalan contadores de ejes a la salida y a la entrada de las estaciones. El cantón no queda libre hasta que el contador de la estación receptora haya contado los mismos ejes que el contador de la estación expedidora. Sus primeras aplicaciones datan del año 1998.

Bloqueo de Liberación Automática en vía única (BLAU)

Es similar a los anteriores pero la liberación de la vía se produce automáticamente al dejar de ocupar el circuito de vía el tren. El bloqueo de liberación automática en vía doble (BLAD) es un sistema similar en la doble vía.

El Control de Tráfico Centralizado (CTC)

El objetivo de controlar a distancia en un tramo de explotación ferroviaria todas las agujas, señales y los movimientos en estaciones, siguió un largo proceso que se inició con el establecimiento de los enclavamientos mecánicos que permitían concentrar en una cabina el mando de las agujas y señales de una estación mediante palancas y contrapesos que con una transmisión de alambre accionaban a distancia las mismas estableciendo relaciones de

²² Fuente Análisis de Mecánica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI

seguridad para impedir movimientos o recorridos incompatibles y haciendo compatibles sin embargo en algunos casos maniobra y paso de trenes por las mismas.

Ello ya permitió la supresión, ahorro y riesgo de los llamados **puestos de agujas** donde un factor (operador responsable) al mando de un grupo de guardagujas del sector debía dar las órdenes a estos para que en cada momento fueran moviendo las agujas y estableciendo los itinerarios requeridos por los trenes de paso o los movimientos de maniobras.

Naturalmente que el más leve fallo humano producía colisiones con daños materiales y a veces víctimas. En estas condiciones existía únicamente una Oficina central tele reguladora del tramo que transmitía ordenes de puesta en servicio de trenes, preferencias de circulación etc., pero la responsabilidad de las operaciones de estaciones y del bloqueo entre dos estaciones era del personal de estas, es decir, del Jefe de Circulación.

El siguiente paso motivado por la necesidad de aumentar la frecuencia de los trenes de cercanías de las grandes ciudades ya fue el bloqueo automático que gracias al circuito de vía permite dividir un trayecto de vía en varias partes denominadas cantones de unos 1.200 m de longitud, cada uno de los cuales tiene su acceso protegido por una señal de tres focos. Cuando entra un tren en este cantón por un sencillo principio de circuito eléctrico ocupado, la señal que lo protege enciende su lámpara roja y no permite que la rebase el tren siguiente.

Al avanzar el tren al cantón siguiente y ponerse en rojo la señal que lo protege la correspondiente que protege el cantón anterior pasa de rojo a amarillo y permite el avance de un tren que debe estar dispuesto a parar ante la señal siguiente, tal vez todavía en rojo.

De esta forma se establece una secuencia de cantones en rojo-amarillo-verde que se va desplazando y permite el avance de los trenes con la seguridad y una íter-distancia mínima de dos cantones consecutivos que da la garantía de que no se alcancen los trenes pudiendo aplicarse en vía doble y también en vía única.

La implantación del CTC responde a la filosofía de conceder prioridad absoluta a las actuaciones que permiten reducir los riesgos derivados de la intervención humana en la circulación, aprovechando al máximo la capacidad de circulación de un tramo y línea a la vez que se aumenta la calidad de las instalaciones y de los sistemas con los que se trabaja, para lograr seguridad en la circulación y puntualidad en el cumplimiento de los horarios que son ofrecidos por RENFE. Especialmente garantiza también desde el punto de vista de la explotación que puede no ser preciso duplicar la vía en una línea sin antes haber obtenido el máximo rendimiento con el sistema CTC.

Como paso previo y simultáneo a la realización de este programa, actualmente está en marcha un plan de modernización de los sistemas de bloqueo de trenes por el que el tráfico ferroviario pasará a estar regulado y gestionado con sistemas informáticos y automáticos. Entre las actuaciones a destacar en este plan de modernización se encuentran el de supresión de bloqueos telefónicos, con una inversión prevista superior a los 679 millones de euros hasta, 2009, y la implantación del telemando en tramos con bloqueo distinto al telefónico.

De esta forma, a los más de 6.500 km que contaban con CTC en dicha fecha de final del estudio, se irán sumando, progresivamente, más de 4.000, de los que se encuentran ya en ejecución cerca de 1.200 km.

Los Sistemas Informáticos de Ayuda contribuyen con sus bases de datos, que almacenan características de trenes y líneas, a la actuación del sistema, con mayor o menor participación del regulador en la toma de decisiones. En la figura 5.10 podemos ver una pantalla de CTC.

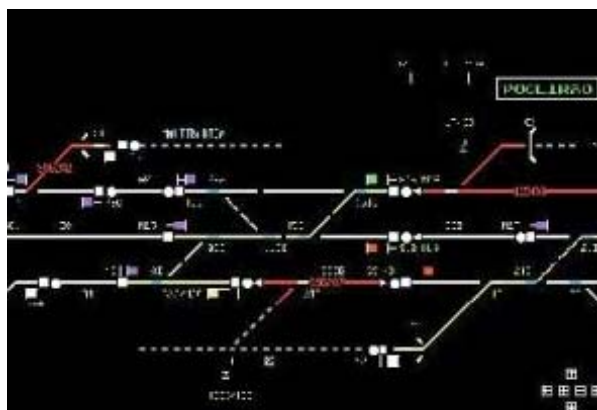


Fig. 5.10 Pantallas CTC que registran posición de trenes y los envíos de órdenes
Fuente: Elaboración propia del autor Manual de circulación. Bloqueo de trenes.

Entre 1975 y 1989, hizo su aparición un nuevo tipo de CTC para la regulación del tráfico ferroviario telemandado. La prestación que distinguía esta segunda generación era su capacidad de dissociar el mando de agujas y señales de su comprobación o visualización. De esta forma, los elementos de mando para accionar agujas y señales adoptaron la forma de teclado y, separado de éste, en un panel sinóptico se representaban geográficamente las estaciones, señales y agujas.

El resultado ha sido una mejora de la visualización y del manejo. De una parte, porque es posible ampliar las dimensiones del panel y, de otra, porque se facilita la manipulación, ya que el operador tiene a su alcance el teclado de órdenes y el sistema de comunicaciones. Un **Puesto de Mando de Delegación de Circulación**, incorpora básicamente los siguientes sistemas necesarios para las funciones que tiene encomendadas:

- CTC y regulación. Organización ejecutiva de la circulación de trenes
- Comunicaciones. Gestión y control de los sistemas de comunicación
- Control de energía. Control de subestaciones, seccionamientos en carga.
- Información al viajero .Generación de la información
- Control de estaciones a través del CTC de la Regulación
- Seguridad y protección civil. Control de incidencias y accidentes
- Sistemas de información de tráfico. Generación de gráficos en tiempo real
- Sistemas de gestión de tráfico.

El Control de Tráfico Centralizado consiste en la regulación de todas las señales y agujas situadas en el trayecto desde un punto único y mediante sistemas informáticos, lo que permite establecer la ruta de los diferentes trenes con las mayores garantías de seguridad y fiabilidad.

Las operaciones se realizan mediante un sistema de retroproyectores que reproducen la topografía de las vías y visualizan los diferentes trenes en circulación con su número y posición y una serie de ordenadores que dictan y ejecutan las órdenes.

La utilización de sofisticados sistemas informáticos que controlan los elementos de la infraestructura e impiden la ejecución de órdenes contradictorias y que, al mismo tiempo, visualizan en cada momento la situación de los trenes, aumenta considerablemente las condiciones de seguridad de la explotación ferroviaria.

En la figura 5.11 podemos ver una sala de CTC de ADIF en Barcelona con el cuadro general y los puestos de Jefe de CTC.



Fig. 5.11. Sala de CTC. (Puesto de Mando de Barcelona).

Fuente: Cortesía de ADIF al autor, perteneciente al equipo directivo de la Gerencia Operativa Barcelona. 1997.

Los sistemas están diseñados de forma que aunque se produjera un error humano se garantizaría la seguridad, una vez que el tren está en un tramo de vía, el ordenador no ejerce ninguna orden contradictoria que pueda afectar a la seguridad.

El CTC implica la instalación de sistemas de enclavamientos en las estaciones, tendido de cables de comunicaciones, telemando, señalización, sistema de comunicación Tren-Tierra y obras complementarias de instalación de equipamientos. También desde la mesa del CTC se gobierna y controla la apertura y el cierre de los pasos a nivel dotados de semibarreras enclavadas, que funcionan normalmente.

Normalmente los únicos agentes responsables que participan en la circulación son el Jefe del CTC (por secciones) y los Maquinistas de cada tren y en algún caso a extinguir el guardabarreras, con los que mantienen la comunicación necesaria mediante la radiotelefonía de trenes normalmente con códigos de órdenes dadas por pulsadores o también si es necesario por conversación directa.

5.3 Separación mínima entre dos trenes consecutivos

En la figura 5.12 podemos ver un esquema de una línea con tres señales consecutivas la de la derecha en rojo, ya que acaba de pasar un tren y debe protegerle mientras se encuentre el tramo de vía o cantón que protege esta señal, la señal siguiente en amarillo, que advierte de que la derecha esta en rojo y la de la izquierda en verde, que autoriza a circular si nada se opone al siguiente tren.

De esta forma regulando la distancia entre señal y señal en función de la distancia de frenado que necesitemos por la velocidad a la que se circula en la línea vemos que para que dos trenes consecutivos no tengan que reducir su velocidad es preciso que mantengan al menos dos cantones de distancia entre ellos. La distancia entre señales para velocidades máximas de 120 kms/h es de unos 1.200 metros.

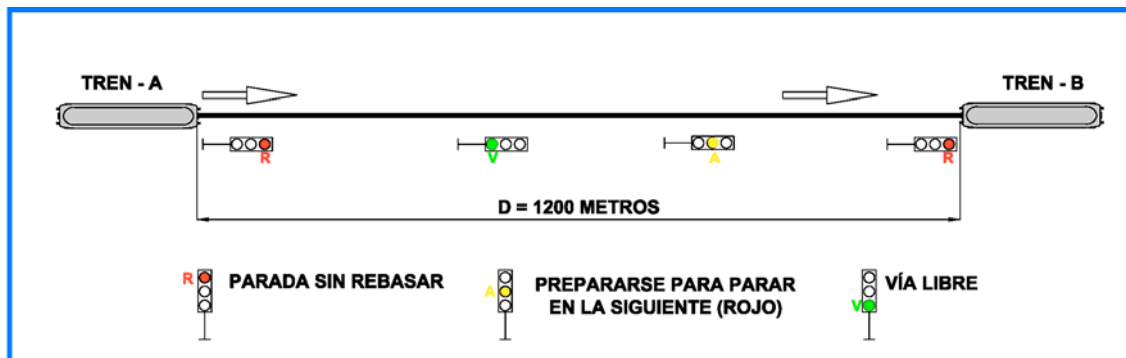


Fig. 5.12. Separación mínima de dos trenes consecutivos

Fuente: Elaboración propia del autor

5.4 Función del sistema ASFA

ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático), es un sistema de repetición de señales en cabina con ciertas funciones de control de tren. Se basa en la transmisión puntual vía-locomotora para garantizar el cumplimiento de las órdenes establecidas por las señales convencionales. Está operativo en 8.691 kms de la Red de ADIF. Su objeto fundamental es asegurar que los trenes cumplen rigurosamente las órdenes de las señales fijas y en el caso de que un tren no obedeciera la indicación de una señal de parada o la rebasara simplemente, actúa automáticamente el sistema de frenado de emergencia del tren.

El sistema embarcado en el vehículo transmite esa información al maquinista, que debe en todo caso reconocer su recepción. En caso de que pasados unos segundos tras la lectura de la baliza, no se produzca dicho reconocimiento, o no se adecue la marcha a las condiciones impuestas por la señal, el equipo ASFA ordena automáticamente al tren que se detenga, accionando el freno de emergencia.

En la figura 5.13 podemos ver el pupitre de conducción de una locomotora con el panel de mandos de ASFA en la parte central.



Fig. 5.13. El ASFA en el pupitre de conducción²³

Fuente: ASFA Manual recirculación RENFE

RENFE adoptó ASFA en 1975 y empezó a entrar en servicio en 1978, es decir, en el trayecto Madrid a Guadalajara, mucho más tarde que otras Administraciones Ferroviarias Europeas que ya habían generalizado sistemas simples de señalización en cabina y frenado de emergencia antes. Al ser un sistema más moderno, pudo utilizar "transponders" de alta frecuencia, lo que permite la transmisión de más datos del equipo de vía al del vehículo.

Así, ASFA, aunque sólo utiliza 5, permite la transmisión de hasta 9 datos diferentes (mediante el mismo número frecuencias entre 55 Khz. y 115 khz). En la figura 5.13 puede verse el ASFA en el pupitre de conducción. Si el maquinista no reconoce las mencionadas indicaciones, tanto sonoras como luminosas o si la velocidad de la composición es superior a la establecida para cada tipo de tren, se produce el frenado automático de emergencia.

La figura 5.14 corresponde a una baliza en la caja de la vía, que transmite la orden de la señal al captador del tren, bajo la cabina del maquinista.



Figura 5.14. Baliza en la caja de la vía²⁴.

Fuente: Manual de Circulación. RENFE

²³ Fuente: del Fascículo de ASFA, que forma parte del Manual de Circulación de ADIF

Los equipos de vía, son básicamente de dos tipos, las balizas y las cajas de conexión, que transfieren la información de la señal a las balizas. Las balizas son dispositivos estáticos y pasivos, es decir, no necesitan alimentación para realizar la transmisión de la información, aunque sí para variar la información a transmitir. Las cajas de conexión toman información del aspecto de la señal y esa información es transmitida, a través de las balizas, a su paso al tren.

ASFA digital

ADIF aprobó, en 2005, un proyecto para el desarrollo e implantación de nuevos equipos ASFA embarcados en las locomotoras y automotores y realizar las adaptaciones necesarias en los equipos en vía. Es el llamado ASFA digital que contempla dos fases.

El término "digital" se refiere al procesado de datos y no a la transmisión de datos por las balizas, que no es por mensajes digitalizados, sino que sigue siendo sólo un dato por frecuencia.

En la figura 5.15 podemos ver las indicaciones y pulsadores de pupitre de cabina.

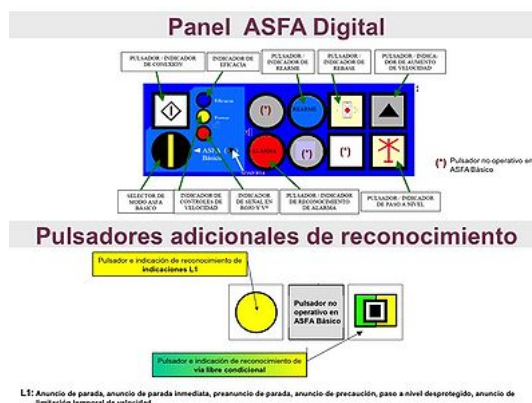


Fig. 5.15. Panel de ASFA digital

La primera fase, llamada "ASFA Digital modo básico" empezó a entrar en servicio en septiembre de 2007 y consiste en el cambio de parte de los equipos embarcados con la incorporación de "hardware de tecnología digital" que permite la supervisión de la velocidad del tren tras reconocer una señal (curva de frenado) y ofrece una nueva iconografía en una pantalla que recuerda al maquinista en todo momento la señal que ha reconocido, para que pueda cumplimentarla con lo que se evitan "posibles errores en la interpretación de la

indicación de las señales". Esta primera fase no exige que ADIF efectúe modificaciones en los equipos de tierra. En la figura 5.16 podemos ver una señal de paso a nivel dotada de ASFA.



Fig. 5.16. Señal dotada de ASFA²⁵.

Fuente: ASFA Manual de Circulación

En una segunda fase, que requiere cambios en los equipos de tierra por parte de ADIF, será posible dar más indicaciones al maquinista en cabina, ya que "ASFA Digital" utilizará en el futuro las nueve frecuencias disponibles, en vez de las cinco que se usan actualmente.

Las nuevas frecuencias permitirán indicaciones separadas para paso a nivel protegido, anuncio de precaución, baliza previa de señal de salida en indicación de parada e indicación de preanuncio de parada. El ASFA Digital modo básico en septiembre de 2007, indica que la implantación de ASFA Digital persigue reducir el riesgo de accidente por fallo humano en un 60% y que ASFA Digital debe ser la señalización principal en las líneas convencionales.

5.5 Otros sistemas de señalización

Las señales indicadoras

Las señales indicadoras se instalan a continuación de la señal de entrada de algunas estaciones e indican al maquinista si el itinerario de entrada está establecido para la vía directa (caso A) o para la vía desviada (caso B) como podemos ver en la figura 5.17.

²⁵ Línea de Moncada Bifurcación a Ripoll. Archivos de servicio del Autor.

224 Indicadora de entrada.



Fig. 5.17. Señal indicadora de entrada a vía directa o desviada
Fuente: Reglamento General de Circulación 1993. Título 2. Señales

Desde el punto de vista de seguridad son muy importantes pues cuando un tren se aproxima a entrar en vía de estación esta señal actúa le indica vía directa o desviada.

Las pantallas de proximidad

Muy importantes para la seguridad son tres señales que se colocan consecutivas a 150m de distancia antes de la señal avanzada que estará a menos de 200m de la tercera pantalla. Estas pantallas muy útiles para la seguridad, tienen por objeto iniciar advertencias cadenciadas cada 150m las dos primeras y 200m para la tercera, es decir, $150+150+200=500\text{m}$ antes de que encuentre la señal avanzada para que no le pase desapercibida la orden de la misma y se prepare para detenerse en la siguiente que será la de entrada de carácter absoluto. Figura 5.18.



Fig. 5.18. Pantallas de proximidad de una señal avanzada
Fuente: Reglamento General de Circulación 1993. Título 2. Señales

La figura 5.18, nos presenta tres casos de arriba abajo, la superior indica que nos aproximamos a la señal avanzada, que es la anterior a la entrada de una estación y nos advierte de en que posición estará aquella para que el Maquinista si es el caso se prepare para parar en la entrada de dicha estación pues entre la señal avanzada y la de entrada a las estaciones se dispone de la distancia suficiente para que el tren pueda frenar normalmente; esta secuencia sería la de amarillo (anuncio de parada) en la avanzada y rojo (en la señal de entrada).

La figura intermedia corresponde a la información de la proximidad de una señal de bifurcación en la vía y la tercera nos da la información de un paso a nivel, en este caso sin protección de acuerdo con la figura insertada anteriormente en la protección de pasos a nivel.

El piquete de entrevías

Es un bordillo de 40cms de largo con marcas visibles de identificación, que está instalado en el ángulo de convergencia de dos vías e indica el punto hasta el que es compatible la circulación por ambas vías sin colisionar. Figura 5.19.



Fig. 5.19 Piquete de entrevía

Fuente: Reglamento General de Circulación 1993. Título 2. Señales

De gran importancia para la seguridad pues permiten ver al Maquinista y personal de estaciones si un tren está correctamente estacionado dentro de los piquetes de su vía y no va a colisionar con otro que vaya a pasar por otra vía que entronque con la suya.

Los cartelones

Se emplean para transmitir a los Maquinistas órdenes e indicaciones independientes de las demás señales fijas y llevan inscritas letras o palabras, números o figuras. A título de ejemplo figura 5.20, insertaremos la imagen del cartelón A que ordena al maquinista dar un silbido de atención, por existir obreros en la vía, un paso a nivel sin guardar o guardado etc. Es muy

importante desde el punto de vista de seguridad cumplir su orden con precisión pues avisa a los vehículos que van a cruzar un paso a nivel de la proximidad del tren.


ASPECTO	ORDENES E INDICACIONES
A 	Ordena: Al Maquinista dar el silbido de atención. Podrá llevar una leyenda indicadora de la causa; obreros en la vía, paso a nivel guardado, paso a nivel sin guardar, etc.

Fig. 5.20 Cartelón de silbar.

Fuente: Reglamento General de Circulación 1993. Título 2. Señales

Las limitaciones de velocidad

Cuando por razón del estado de la vía, u alguna otra circunstancia justificada es necesario que el maquinista pase por un punto kilométrico o un tramo a velocidad reducida, es preciso señalar anteriormente con un cartel de anuncio de velocidad limitada que le advierte que más adelante tendrá que cumplir la reducción a los kms/h que indica el cartel. En la figura 5.21 tenemos la representación de las tres señales consecutivas, anuncio de velocidad limitada, velocidad limitada y fin de la velocidad limitada.



Fig. 5.21 Anuncio de velocidad limitada, velocidad limitada y fin de velocidad limitada

Fuente: Reglamento General de Circulación 1993. Título 2. Señales

Muy importante desde el punto de vista de seguridad, pues si existe por ejemplo una limitación por mal estado de la vía que requiere no exceder de determinada velocidad, ha de señalizarse y ser respetada. Figura 5.21, tiene el aviso, la orden de ejecución y la de fin de limitación.

Las señales portátiles

Son aquellas que llevan los agentes fijos en un punto o desplazándose según las necesidades y las presentan al maquinista o a otros agentes para darles órdenes o informaciones. Insertaremos alguna para formar mejor concepto de su importancia desde el punto de vista de la seguridad especialmente si se debe detener un tren por una emergencia. Figura 5.22



Fig. 5.22 Señal de parada a mano

Fuente: Reglamento General de Circulación 1993. Título 2. Señales

Las señales en los trenes

Tanto de día como de noche los trenes deben llevar encendidas las señales de cabeza y de cola para ver y ser vistos por personas y vehículos a los que puedan afectar de alguna manera y esta condición es tan importante, que cuando un vehículo no disponga de luz en su foco de cabeza se considerará inútil para circular en cabeza o aislado, o de día si en su trayecto existen túneles de más de 300 metros. Figura 5.23.



Fig. 5.23. Señales por cabeza

Fuente: Reglamento General de Circulación 1993. Título 2. Señales

Las condiciones para rebasar una señal que ordene parada

Si una señal ordena parada es por una protección importante y es necesario que un tren o una maniobra reanude la marcha, el agente que tenga a su cargo la señal autorizará al maquinista,

una vez detenido ante ella, el rebase de la misma mediante un telefonema que queda grabado en el sistema de registro de conversaciones de su ámbito. Otras veces se hará entregándole un boletín de autorización de rebase y cuando exista radiotelefonía a través de esta.

Las condiciones para autorizar el rebase de la señal que ordena parada son: una señal que esta ordenando parada da esa orden por existir una serie de movimientos incompatibles con el que protege su indicación, o bien el itinerario no esta preparado con los cambios en la posición necesaria o hay algún tren en el recorrido que debería efectuar o deben tenerse en cuenta limitaciones de velocidad o hay algún paso a nivel no cerrado o por una avería de la señal.

Por este motivo si se decide autorizar el rebase de esa señal es necesario comprobar antes todas las condiciones de protección que se anulan es decir, comprobar que:

- No haya autorizado ningún movimiento incompatible con el itinerario a autorizar para evitar una posible colisión.
- Las agujas de ese itinerario estén bien dispuestas para el itinerario que debe recorrer el tren o la maniobra
- El trayecto a recorrer está libre de trenes o vagones para evitar una colisión
- Se prescriban al maquinista las limitaciones que procedan, de forma que las explicaciones breves y concretas aumenten la seguridad de la operación
- Se compruebe la protección de los pasos a nivel del itinerario, es decir, que estén con las barreras bajadas para evitar riesgo de un arrollamiento

5.6 Sistemas de enclavamientos. Movimiento de trenes

A través de los sistemas de bloqueo hemos visto como se garantiza la seguridad en la circulación entre dos estaciones colaterales por diversos sistemas que van evolucionando según las innovaciones que integran y aumentando con ello la seguridad y por tanto reduciendo accidentes por colisiones como ha sucedido en el periodo de estudio, 1975-2009.

También hemos visto como los sistemas de bloqueo, integran la señalización para hacer posible la circulación segura manteniendo siempre las distancias de seguridad o garantizando que no se van a autorizar los movimientos de trenes que sean incompatibles y puedan generar un accidente.

Corresponde pues ahora considerar como puede garantizarse con la tecnología actual los movimientos seguros en las estaciones ya sean de paso con parada o sin parada y al mismo tiempo como pueden hacerse maniobras en otras vías que no sean las de circulación estableciendo relaciones seguras entre las agujas o desvíos y las señales, reduciendo con ello las colisiones en maniobras dentro de las estaciones o en entrada y salida de trenes a las mismas.

En una estación o bifurcación o instalación ferroviaria similar, se considera enclavamiento la relación de dependencia entre la posición de aparatos agujas-calces, escapes, barreras, semibarreras y la indicación de las señales. A lo largo de los años han ido evolucionando siendo primero simples cerraduras centrales y cerrojos Bourè, después de concentraciones de palancas, después eléctricos y actualmente electrónicas. En la figura 5.24 pueden verse imágenes de la evolución de los sistemas de enclavamientos:

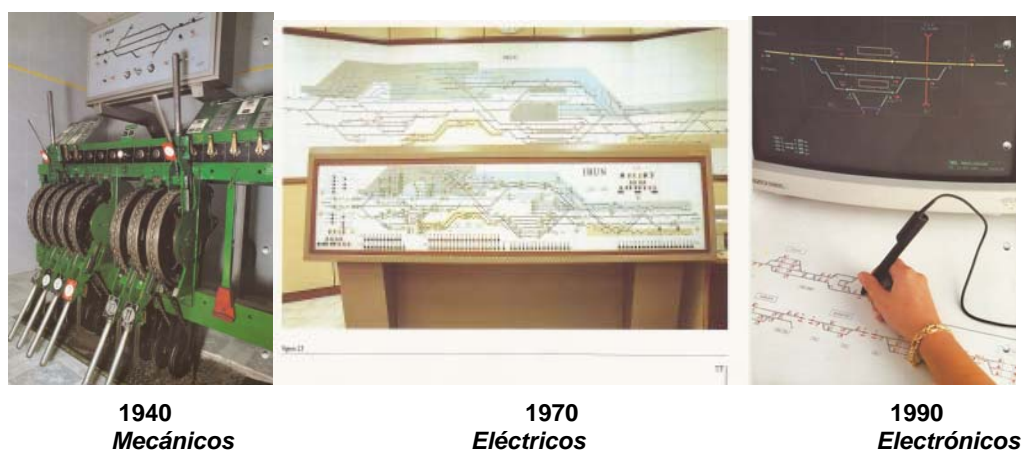


Fig. 5.24 Evolución de los enclavamientos y sus mesas de control²⁶
Fuente: Elaboración propia del autor con imágenes del Manual de Circulación de RENFE

Su objeto es garantizar la seguridad de las circulaciones mediante la posición adecuada de los aparatos y las órdenes correspondientes de las señales.

²⁶ Manual de circulación RENFE.

La instalación de enclavamiento y su modernización continuada han contribuido básicamente a establecer y asegurar itinerarios de entrada y salida de trenes y maniobras y a:

- Garantizar una correcta relación entre agujas y señales correspondiente a
- Itinerarios posibles que pueden realizarse en una estación o en una bifurcación
- Agilidad máxima en la realización de las operaciones de itinerarios.
- Garantizar las incompatibilidades entre itinerarios que originarían un accidente.
- Reducir casi a cero el personal de accionamiento de agujas y los supervisores de los mismos pudiendo accionarse todo desde una mesa de enclavamiento o últimamente desde un teclado y un monitor, incluso a distancia de la estación donde está instalado el enclavamiento.
- Como se comprende esta innovación ha tenido con toda probabilidad una importancia relevante en la reducción de accidentes por fallo humano

En efecto, en la figura 5.25, vemos una estación dotada de señalización y enclavamiento que le permite realizar operaciones de entrada y salida de trenes o bien pasos directos por la misma sin realizar parada, con toda seguridad.



Fig. 5.25 Esquema de una estación con señalización y enclavamiento

Fuente: Elaboración propia del autor a partir de la Consigna de Enclavamiento de la estación de Arenys

Cada línea negra representa una vía y las discontinuidades, los límites de circuitos de vía, es decir, los tramos de vía protegidos por las señales mientras un tren está sobre esa vía, está protegido por delante y por detrás.

Cada movimiento que se puede realizar implica unos condicionamientos de seguridad, de forma que las señales no permiten autorizarlo si es incompatible con cualquier otro. Así, si se desea recibir un tren procedente de Barcelona-Sagrera por la vía 1 y estacionarlo en la misma vía 1, los escapes 1-3 y 5-7 deben estar en posición normal, es decir, que permitan la entrada directa a la vía 1, el desvío nº 9 también en posición normal y la señal de entrada en amarillo (anuncio de parada) para efectuar parada en la estación ante la señal de salida S1/1 que es la que autorizaría la salida hacia la estación colateral de Canet de Mar, trayecto en vía única.

Si al mismo tiempo quisiéramos recibir un tren procedente de Massanet para estacionarlo en la vía 1 el sistema no lo permitiría ya que se produciría una colisión frontal y la señal E2 estaría en rojo. En cambio si deseamos recibir el mismo tren en la vía 2, si podríamos poner la señal E2 en verde o en amarillo ya que este movimiento de entrada a vía 2 es compatible en seguridad con la entrada procedente de Barcelona a vía 1. Todas estas relaciones se establecen en un sistema eléctrico o electrónico que se denomina enclavamiento y que nos garantiza la seguridad de las operaciones en la estación y la entrada y salida de trenes a la misma.

El enclavamiento va complementado por el sistema ASFA, que garantiza que si el maquinista del tren no se detiene ante una señal en parada (rojo) enviará una orden automática de frenado de urgencia al tren para evitar una colisión.

5.7 Otros sistemas de seguridad en la circulación

La radiotelefonía de trenes

La radiotelefonía de trenes denominada inicialmente tren-tierra, tiene por objeto facilitar la información necesaria a los agentes para adoptar decisiones que afecten o puedan afectar a la circulación de los trenes, especialmente en caso de anormalidad y también contribuir en cuanto sea posible a eliminar o impedir situaciones de peligro que pudieran presentarse durante la circulación de los trenes y de hecho han evitado accidentes o reducido mucho sus proporciones.

El sistema está constituido esencialmente por un **puesto central de radio**, unos **puestos móviles** en los trenes, unos equipos portátiles y unos **puestos fijos** situados a lo largo de la línea. La comunicación radiotelefónica se establece entre el puesto central y los puestos móviles o portátiles por el intermedio de los puestos fijos. En la figura 5.26 podemos ver un esquema de la banda de regulación.



Fig. 5.26 Banda de regulación²⁷.

Fuente: Manual de Circulación de RENFE. Radiotelefonía de trenes

En la figura 5.27 la pantalla de comunicación ubicada a la izquierda del pupitre de conducción con sus pulsadores de acción rápida para cada función.



Fig. 5.27 Pantalla en cabina

Fuente: Manual de Circulación de RENFE. Radiotelefonía de trenes

El puesto móvil que circula por la línea se conecta automáticamente con el puesto fijo más cercano que es en general con el que existe mejor transmisión por radio y desde éste pasa la

²⁷ Manual de circulación. ADIF. Radiotelefonía de trenes.

comunicación telefónica al puesto central a través de la línea telefónica. El sistema tiene diversas modalidades de funcionamiento que permiten establecer comunicaciones individuales y en algunos casos secretas entre los distintos tipos de Puestos dominando el PCR que es el puesto central de radio.

El equipo de pupitre cuenta con una pantalla constituida por dos líneas de doce espacios cada una en las que se visualiza la información mediante letras, números y signos especiales. Existen también 14 pulsadores que sirven cada uno de ellos para transmitir mensajes codificados con información convenida para evitar conversaciones inútiles y repetitivas como “pido hablar”, “entro en banda”, “detenido en señal nº...emergencia” podemos ver una imagen del pupitre en la figura 5.27 y de la pantalla en la figura 5.28

El puesto central de radio puede emitir mensajes como “hable”, “reduzca marcha”, “baje pantógrafo”, “alto urgente”, etc. El sistema puede prevenir incluso un accidente muy grave o catastrófico, lo que se ha demostrado que es un complemento importantísimo del para la seguridad.



Fig. 5.28 Pantalla de intercomunicación entre el puesto móvil de regulación (tren, persona) y el puesto fijo de regulación.

Fuente: Manual de Circulación de RENFE. Radiotelefonía de trenes

Hombre muerto de control periódico en cabina de conducción

Dispositivo de seguridad instalado en todas las cabinas de conducción de cualquier vehículo motor. Este sistema, que actualmente se denomina **dispositivo de vigilancia “Hombre-**

Muerto", tiene como misión activar el frenado de emergencia en el caso de que maquinista sufra un desvanecimiento.

Originalmente el dispositivo era de actuación neumática. Existía una tubería que ponía a la atmósfera la presión de un depósito de control del equipo de freno. Esta tubería se cerraba con una válvula accionada por un pedal que el maquinista tenía que pisar constantemente. Debido a que era fácil anular el sistema ya que cualquier peso puesto sobre el pedal simulaba la presión del pie del maquinista se inventó el sistema de doble etapa.

El funcionamiento del **sistema de doble etapa** es el que actualmente existe en todos los vehículos, y consiste básicamente en la siguiente secuencia de actuación que tiene por objeto que el maquinista va constantemente atento a la conducción y está en correctas condiciones físicas de realizarla.

-Secuencia de pedal pisado: A los 30 segundos de haber pisado el pedal se enciende una luz azul de aviso en el pupitre.

- Si no se hace nada 2,5 segundos después suena un aviso acústico.
- Si no se hace nada 2,5 segundos después se abre el lazo de freno provocando el frenado de emergencia.

-Secuencia de pedal no pisado: A los 2,5 segundos de estar libre el pedal se enciende una luz azul de aviso en el pupitre

- Si no se hace nada 2,5 segundos después suena un aviso acústico.
- Si no se hace nada 2,5 segundos después se abre el lazo de freno provocando el frenado de emergencia.

La actuación sobre el sistema se realiza según el tipo de tren utilizando alguno de estos medios: uno o más pedales, uno o más pulsadores independientes, pulsador situado en el manipulador de tracción/freno.

La tecnología ha evolucionado desde los controles puramente neumáticos hasta los digitales que se integran en los registradores jurídicos (**caja negra**) o sistemas de control por ordenador que conforman los trenes actuales. En vehículos modernos, el ordenador analiza incluso los

intervalos en los que se actúa sobre el dispositivo y, si estos son excesivamente exactos unos de otros, actúa sobre el freno de emergencia. Figura 5.29



Fig. 5.29 Cabina de conducción de locomotora serie 252 con sus indicadores y registradores

Fuente: Manual de Circulación de RENFE.

Registros diversos de velocidad, de tiempos, de cumplimientos de las órdenes de las señales, por ejemplo, silbar y reducir velocidad.

El sistema tiene por objeto disponer de la hora oficial en la locomotora y de un sistema registrador de varias variables como la velocidad instantánea, el punto kilométrico por el que se está pasando tomando como origen de recorrido la estación correspondiente y el itinerario seguido por el tren.

También registra actuaciones relativas a las señales que se van encontrando y su posición en cada una de ellas con las diversas indicaciones que puedan dar, también la hora y el punto kilométrico en que se da un toque de silbato por ejemplo 600 m antes de un paso a nivel frente a un cartelón con la letra S que lo ordena y que todas ellas quedan archivadas en una memoria digital a la que tienen acceso los agentes de seguridad cuando se produce un accidente o se realiza una inspección sistemática mediante un ordenador portátil preparado para ello, para examinar por muestreo el cumplimiento de las ordenes de circulación o incluso para presentar pruebas ante el Juez en caso de un accidente que acrediten el cumplimiento de la orden de silbar.

5.8 EVOLUCIÓN DE LOS ACCIDENTES 1975-2009. ACTUACIONES PREVENTIVAS

Representamos en una gráfica GR-6A (Evolución del número de accidentes por colisiones), que se inserta a continuación, la evolución de accidentes de todas clases en el periodo 1975-2009 (línea en color rojo). Sobre el mismo gráfico y en color azul, representamos también la evolución específica del número de colisiones a 31 de diciembre de cada año desde 1975 a 2009, periodo de estudio.

En esta gráfica, a la izquierda tenemos dos escalas que son respectivamente las correspondientes al total de accidentes de todas clases (0-1.600) y la específica de colisiones (0-150).

De la investigación realizada en los archivos de RENFE y ADIF en la Dirección de Instalaciones de Seguridad y de Circulación se han podido obtener datos del origen del estudio 1975, de 10 años más tarde en 1985 en que ya se había producido una mejora sustancial, de 1998 a través de la Dirección de Inspección y Seguridad y finalmente de 2009 a través del documento de ADIF declaración de ADIF, actualización año 2009.

5.9 Actuaciones realizadas y la reducción de accidentes por colisiones.

Las informaciones obtenidas por el autor por sus propias notas en el periodo de actividad laboral en RENFE y después en las Direcciones de Seguridad de RENFE y de ADIF se han centrado en jalonar la situación de cada sistema implementado en cuatro fechas que se indican a continuación con objeto de, posteriormente, asociar su evolución a la gráfica de accidentes y analizar la posible correlación de estos y su reducción.

Partiendo pues de unas condiciones de explotación primitiva con métodos de bloqueo de trenes telefónico y de un manejo de agujas y señales manual o enclavamiento Bourè y cerradura central, o enclavamientos mecánicos se han implementado sucesivamente los

sistemas que se indican a continuación observando una elevación progresiva del nivel de seguridad, por la reducción continuada de accidentes se ha realizado:

- **Los enclavamientos eléctricos y electrónicos en las estaciones cuyas características se han mencionado antes.**
- **La implementación de bloqueos eléctricos manuales. y automáticos, también antes mencionados con elevados niveles de seguridad**
- **La implementación de bloqueos automáticos banalizados en doble vía con control de tráfico centralizado o sin el que además de elevar la seguridad han contribuido a un mejor aprovechamiento de las instalaciones para hacerlas compatibles con conservación de día a determinadas horas en una de las dos vías.**
- **La instalación del sistema ASFA (Aviso de Señales y Frenado Automático)**
- **El control de tráfico centralizado y sus diversas funciones ya descrito**
- **La ASFA digital como sistema avanzado del ASFA inicialmente instalado**
- **La radiotelefonía de trenes como facilidad de comunicación permanente entre el Centro de Control de Tráfico y los Maquinistas de los trenes u otras personas autorizadas en misión de línea.**

Tomando como base pues, en función de la disponibilidad de datos fiables, cuatro fechas centradas en los años 1975, 1985, 1998 y 2009 establecemos una tabla con las fechas indicadas y los medios de explotación aplicados en cada fecha de manera que de una visión de conjunto y evolutiva de la mejora de los medios y el aumento del nivel de seguridad como se verá en un gráfico que se insertará posteriormente a la tabla 5.1 y 5.2.

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES POR COLISIONES

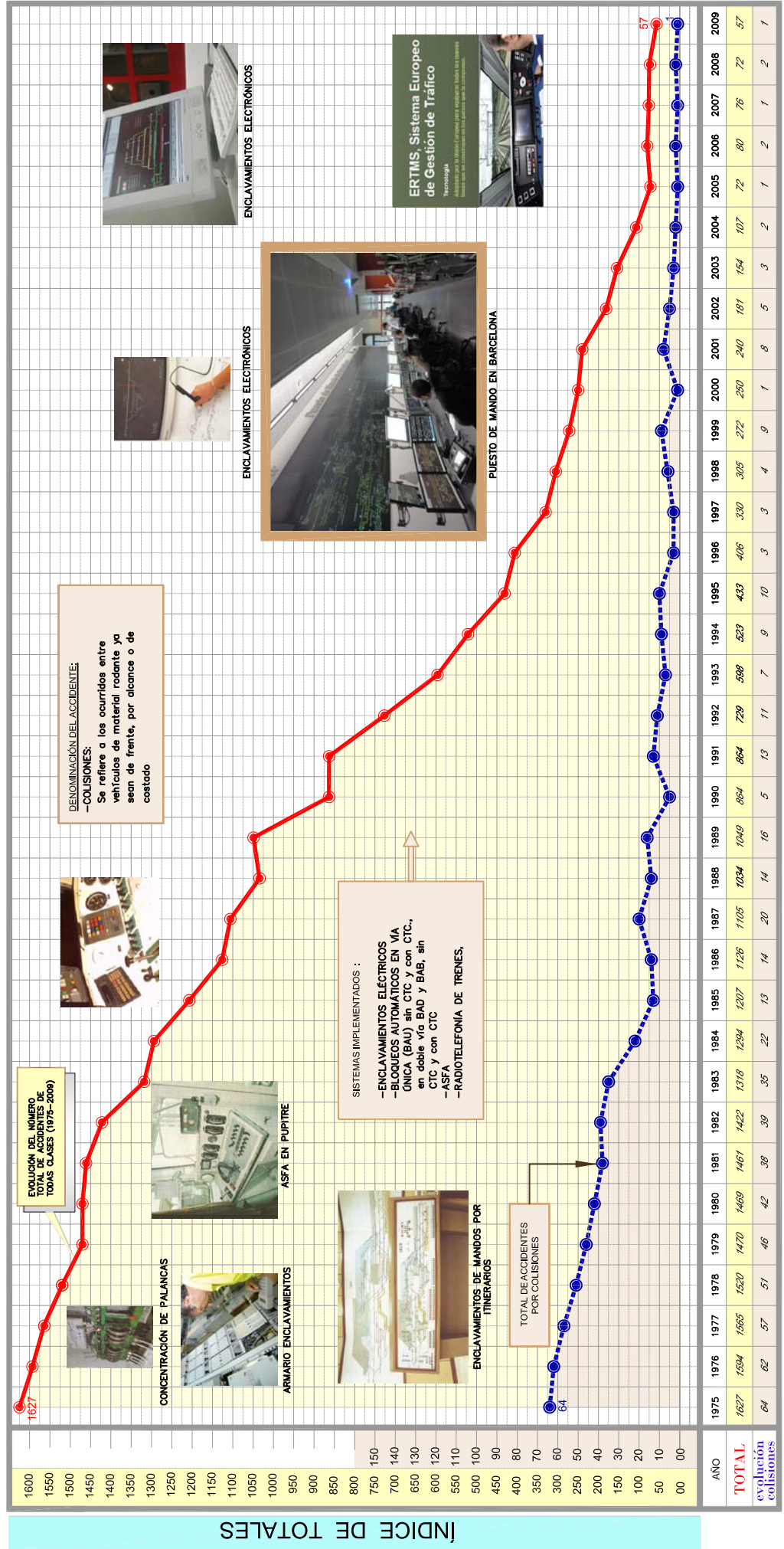


Tabla 5.1 Evolución de la tecnología de seguridad e innovación tecnológica (enclavamientos, bloqueos, ASFA y radiotelefonía de trenes y accidentes por colisiones)

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	1975	1985	1998	2009	OBSERVACIONES
Sin enclavamiento	620	376	194	72	
Enclavamiento Bourè	468	317	272	48	
Enclavamiento mecánico	391	286	203	109	
Enclavamiento hidrodinámico	8	6	3	1	
Enclavamiento eléctrico	182	441	660	477	
Enclavamiento electrónicos	0	37	43	544	
Bloqueo telefónico Kms	8.165	5951	4699	2.543	
Bloqueo eléctrico manual Kms	2.194	912	847	7	
Bloqueo automático Kms	568	1.835	1.665	247	Fuente :ADIF Declaración 2008 Fuente: Memoria RENFE 1985
Control de trafico centralizado (CTC) Kms	1.178	2.493	3.980	8.304	Fuente : ADIF Declaración 2008
ASFA (Inicio en 1978) kms de línea	0	6030	7.958	10.165	Fuente: ADIF Declaración 2008
Radiotelefonía de trenes (Inicio en 1987)	0	0	4.148	8.395	Fuente: ADIF Declaración 2008
Acumulado de accidentes por colisiones a 31 de diciembre de los años 1975, 1985, 1998 y 2009	64	13	4	1	

(1)Fuente: Plan RENFE 1972-1975. 150 Años de Historia de los Ferrocarriles Españoles y Dirección de Seguridad en la Circulación de RENFE

Unas breves observaciones sobre los datos de la tabla y su evolución por conceptos únicamente para reparar en algunos hechos que implican una sensible mejora en las condiciones de explotación y de seguridad en los distintos años considerados.

Año 1975

Una explotación en la que existen 620 estaciones sin enclavamiento, es decir, con agujas libres accionadas por el factor humano (guardagujas con órdenes verbales directas o por teléfono) y disco rojo de parada diferida con farol de aceite y poste de punto protegido, es decir condiciones propicias al accidente por fallo humano.

468 estaciones con cerradura Bourè y señales luminosas concebidas básicamente en 1950 para asegurar el paso de los trenes directos, expresos y rápidos que era la tecnología mínima para pasar sin parar por las estaciones de noche, expresos, mercancías, etc.

391 enclavamientos mecánicos y solamente 182 con enclavamiento eléctrico, y como antes se ha indicado, 620 estaciones sin enclavamiento.

8165 kms de bloqueo telefónico con todos sus riesgos de factor humano de los 12.000 kms que tenía la Red aproximadamente en dicho año.

El número de accidente de todas clases fue de 1.626, punto de partida del presente estudio y de ellos 64 accidentes por colisiones objeto de este capítulo 5.

Año 1985

Las estaciones sin enclavamiento se reducen de 620 a 376, se duplican las estaciones con enclavamiento eléctrico y aparecen los primeros en enclavamientos electrónicos en grandes estaciones.

Aumentan el bloqueo automático y el CTC, con retroceso del bloqueo telefónico.

Aparecen en servicio 6.030 kms del sistema ASFA instalados a partir de 1978 con unos resultados de excelente eficacia, pues el número total de accidentes de todas clases se reduce de 1.626 a 1.213, pero es significativo que las colisiones en este periodo de 1975 a 1985 se reducen de 64 a 13. Una gran nota de eficacia elevada pues a favor del sistema ASFA entre otras implementaciones.

Año 1998

Disminuyen las estaciones sin enclavamiento y con enclavamiento Bourè, aumentando notablemente los enclavamientos eléctricos que proporcionan elevado nivel de seguridad y de agilidad en la preparación de itinerarios, muy importante en estaciones con gran tráfico de Cercanías.

Continúa el mismo ritmo de descenso de estaciones sin enclavamiento y con enclavamiento Bourè y aumentan los enclavamientos eléctricos. Se produce un trasvase de kms de bloqueo automático a este con Control de Trafico Centralizado (CTC) en que proporciona mayor agilidad en la explotación aplicada a líneas de gran tráfico como son el entorno de las grandes ciudades.

Un avance importante en la continuación de la instalación de ASFA que aumenta un 20 % en 10 años y lo que es muy importante los accidentes por colisiones se reducen de 13 en 1985 a 4 en 1998, descendiendo también los accidentes globales de 1.213 a 306.

Año 2009

Finalmente en este año, final del presente estudio se logra una reducción muy importante de estaciones sin enclavamiento y con enclavamiento Bourè, el bloqueo telefónico se reduce a 2.543 kms en líneas de débil trafico 8.304 kms de líneas con CTC de un total de 11.000 aproximadamente y a un aumento de líneas dotadas de ASFA con 10.165 kms casi un 90 % de los kms de vía existentes

El año 2009 cierra con un total de 57 accidentes de todas clases y de ellos 1 por colisiones, cifras que ponen en evidencia la eficacia de la acción realizada en los accidentes por colisiones en las que pende la vida de viajeros, empleados y a menudo terceros.

GR-6D (Gráfico de implementación de nuevas tecnologías y evolución de las colisiones)

En 1975, cada una de los 4 grupos de 3 barras, que se divide en tramos, se parte de unos kms totales de la Red que eran 12.105 aproximadamente.

En la barra de izquierda se representan cada uno de los sistemas de bloqueo existentes mediante tramos con iluminados con distintos colores y podemos ver como en 1975 predomina mayoritariamente el bloqueo telefónico y apuntan los automáticos (bloqueo eléctrico manual BEM, bloqueo automático BA y CTC que corresponde a los de Galicia, León, y Asturias. No se ha iniciado el ASFA ni se ha iniciado tampoco la radiotelefonía de trenes. El total de accidentes por colisiones es de 64.

En 1985 si observamos el segundo grupo de tres barras, la de la izquierda representativa del número de kms de línea de cada clase, retrocede el bloqueo telefónico y avanzan CTC y bloqueo automático, habiéndose instalado 6.030 kms de sistema ASFA y ninguno de radiotelefonía todavía. Los accidentes por colisiones anuales descienden coincidiendo con la siguiente variación de los medios tecnológicos.

En el periodo 1985-1998 las líneas equipadas con bloqueo automático con CTC aumentan retrocediendo el bloqueo telefónico un avance importante los kms de línea dotados de ASFA. Finalmente el periodo 1998-2009 registra un avance espectacular en líneas dotadas de CTC y únicamente 2.543 kms de bloqueo telefónico en líneas de débil tráfico que posteriormente serán tributarias de bloqueo eléctrico manual, bloqueo por radio o algún otro tipo de las modernas modalidades existentes.

Enclavamientos en estaciones

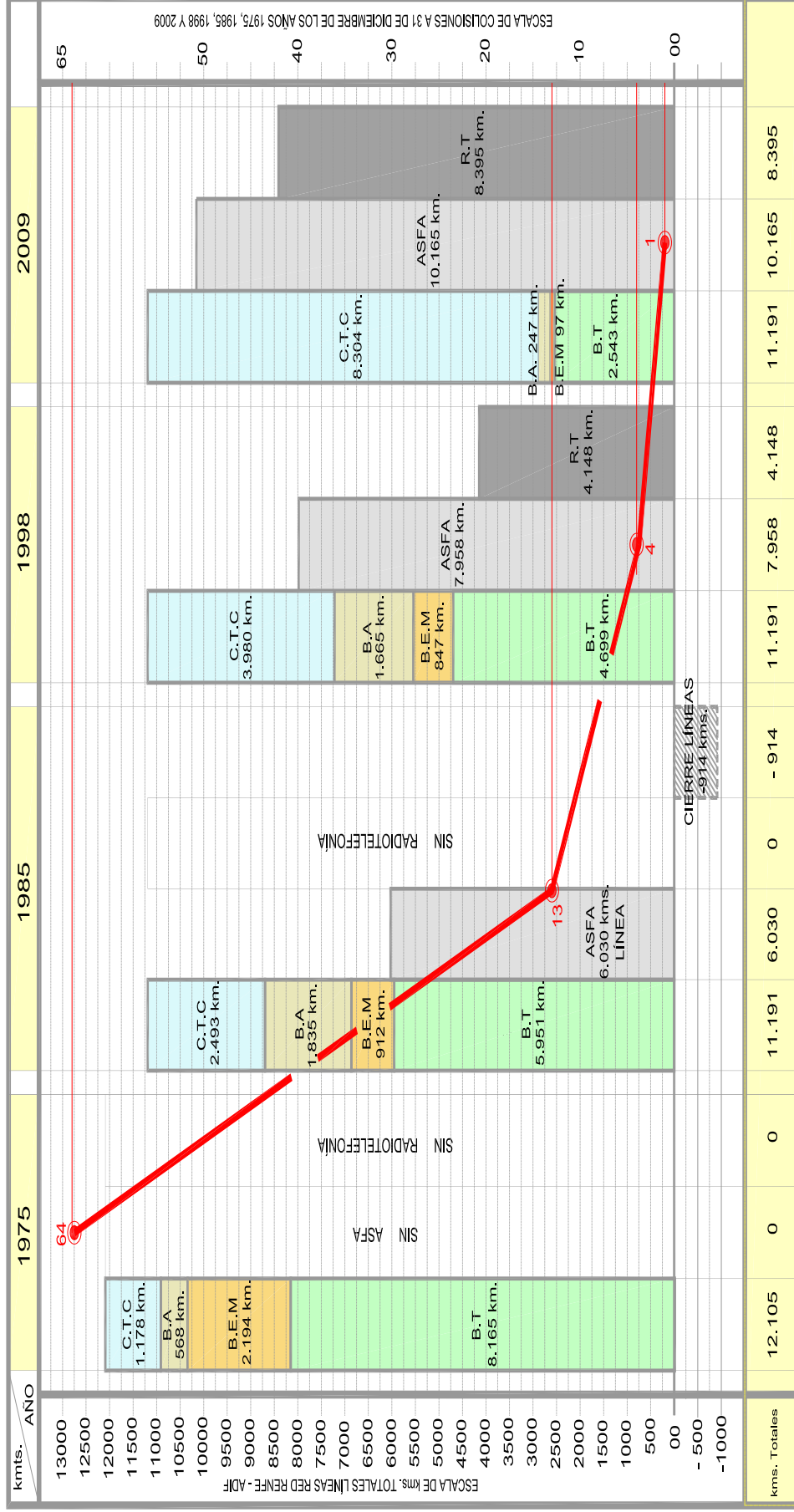
Como ya se ha indicado anteriormente los enclavamientos de las estaciones son sistemas para establecer y asegurar itinerarios de entrada y salida de trenes y maniobras. Al mismo tiempo nos garantizan una correcta relación entre agujas y señales correspondiente a cada itinerario que queramos establecer y si son más de uno nos aseguran que no sean incompatibles ya que de si lo fueran el sistema no lo permitiría. En todos los casos nos proporcionan agilidad máxima en la realización de las operaciones.

Tabla 5.2 Evolución de los enclavamientos en estaciones

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	1975	1985	1998	2009	OBSERVACIONES
Sin enclavamiento	620	476 (1)	234	97	
Enclavamiento Bourè	468	317(1)	272	79	
Enclavamiento mecánico	391	286(1)	251	181	
Enclavamiento hidrodinámico	8	6	3	1	
Enclavamiento eléctrico	182	441	660	524	
Enclavamiento electrónicos	0	37	43	574	

(1) En 1984 se cerraron 914 kms de líneas.

GRÁFICO DE IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Y EVOLUCIÓN DE LAS COLISIONES



En la implementación de sistemas innovadores se ha pasado de tener las estaciones, como antes ya se ha indicado, hasta finales de 1969, con agujas libres y únicamente un disco rojo de parada diferida que aseguraba, la distancia suficiente de parada hasta un punto negro, llamado poste de punto protegido que limitaba la salida de la estación para hacer maniobras. Por otra parte era el punto donde los trenes que habían encontrado el disco rojo debían detenerse y que estaba después de la primera aguja de la estación, a pequeñas mejoras como fueron los enclavamientos Bourè concebidos para realizar combinaciones entre itinerarios y posición de las agujas, después se construyeron cabinas para concentrar palancas de accionamiento de las agujas a distancia también asegurando que nunca fueran incompatibles los itinerarios y ya finalmente los enclavamientos eléctricos y electrónicos en que las agujas se mueven mediante motores eléctricos que además quedan encerrojados en su posición para asegurar su inmovilidad al paso de los trenes.

5.10 Conclusiones

En resumen podemos concluir este capítulo con las siguientes conclusiones:

La implementación de sistema ASFA a partir de 1978 con 6.030 kms hasta un total de 10.165 kms de línea entre 1978 y 2009 unido a otros factores puede establecerse que redujo las colisiones desde 64 en 1975 a 1 en 2009.

El ASFA instalado tiene carácter de control puntual de la velocidad del tren y cuando al pasar por una baliza, esta no es adecuada activa el freno de emergencia evitando sin duda accidentes por colisiones. Posteriormente se ha mejorado el sistema con el ASFA DIGITAL que supone un control continuo de la velocidad con mayor eficacia todavía.

La instalación de enclavamientos eléctricos y electrónicos en las estaciones sustituyendo a otros más rudimentarios y complementados con el ASFA han elevado notablemente el nivel de seguridad, aumentado la agilidad de su preparación y anulación permitiendo la aplicación de mejores aceleraciones y deceleraciones en los procesos de arranque y parada de los trenes.

Los nuevos sistemas de bloqueo automático, automático banalizado complementados con el ASFA han elevado la seguridad, la capacidad de circulación de las líneas y la facilidad de circulación y también la posibilidad de la conservación de vía y catenaria circulando en vía única sin reducción de velocidad.

La ampliación del control de tráfico centralizado del cual en 1975 ya existían 1.178 kms al instalarse los primeros CTC, en Asturias y León ha agilizado la explotación al tiempo que se han reducido costes de personal.

La implementación de la radiotelefonía de trenes a partir de 1987 ha sido un gran avance en la facilidad de comunicación evitando los teléfonos con pértiga, el bajarse a la señal de entrada estando esta en rojo para recibir una autorización de rebase y en una emergencia abre la posibilidad de tomar decisiones que se transmiten y cumplen de inmediato pudiendo evitar o disminuir la importancia de accidentes.

Paralelamente a este proceso de innovación de los sistemas de bloqueo y explotación han ido descendiendo los kms de explotación con bloqueo telefónico de mayor riesgo en seguridad en la circulación.

Apéndice accidentes actuales en el bloqueo automático

A pesar de la extraordinaria reducción de accidentes, de 2008 a 2012 aun se han producido esporádicamente algunos accidentes importantes con víctimas antes y después de la fecha de final del estudio 31-12-2009, que el autor considera merece un análisis especial que realiza en la última parte de este capítulo ya que considera que en este campo de las colisiones la gran tarea realizada debe ser completada transfiriendo a innovaciones tecnológicas responsabilidades que aun hoy recaen en el factor humano con respuesta no siempre satisfactoria, dando origen al fallo humano.

Observaciones resumidas sobre la tipología y causas más probables de los accidentes importantes. (Tabla con el detalle en A Anejo).

a) Rebases indebidos de la señal de entrada a una estación y colisión con trenes estacionados o de costado

Se registran 7 accidentes importantes con víctimas, con trenes saliendo o por cola estando estacionados y no haberse realizado aun el itinerario de entrada correcto para el tren que rebasa.

Corresponden a los sucesos registrados en la tabla mencionada con el nº 1 Cañada–Calatrava, nº 3 Murcia Blanca-Abaran, nº 6 Torralba, nº 13 Villaverde Bajo y nº 14 San Celoni Arévalo 12 y Valladolid.

La prevención de este tipo de accidentes requiere disponer de ASFA en las señales de entrada en todos los casos y autorizar el rebase de la señal cuando lo permita el enclavamiento y aplicación del ASFA DIGITAL u otro sistema que recuerde al maquinista la actuación inmediata procedente después de haber reconocido una determinada señal si ordena parada o anuncio de parada.

b) Alcance de trenes detenidos ante una señal de parada absoluta en una sección de bloqueo automático a causa de que el tren siguiente en la sucesión se detiene ante una señal de parada permisiva, reanuda la marcha pero no observa correctamente la “marcha a la vista” preceptiva y no frena oportunamente embistiendo por cola al tren detenido.

Se registran 4 accidentes importantes. Corresponde a sucesos ocurridos en nº 2 Santa Elena – Calancha, nº 5 Guiamets – Mora, Bustaviejo, nº 20 Paseo de Gracia - Sagrera

La prevención de este tipo de accidentes no parece que deba limitarse solo y exclusivamente al cumplimiento del Reglamento General de Circulación y Consignas. Es preciso aplicar sistemas técnicos adecuados para prevenir una distracción o fallo humano del maquinista.

Existen secciones de bloqueo automático donde los trenes se suceden a 2 minutos 30 segundos (Bifurcación Marina-Plaza Cataluña – Barcelona Sants). Es preciso mejorar la formación e introducir sistema tecnológico que evite la marcha a la vista.

c) Salida de un tren de una estación con la señal de salida en indicación de parada y colisión de costado o frontal con otro tren que circulaba por su itinerario debidamente autorizado.

4 accidentes. Corresponde a sucesos ocurridos en nº 7 Miraflores-Soto del Real, nº 10 Almacelles, nº 15 Borges Blanques, nº 16 Torredembarra.

La prevención de este tipo de accidentes requiere actuaciones que ya se practican de instalar señales indicadoras de salida en el punto donde se detiene la cabeza de tren para que el Maquinista no tenga duda por excesiva distancia, ASFA y a ser posible la mayor distancia de deslizamiento (distancia entre la baliza ASFA de la señal de salida y el piquete de entrevía donde podría colisionar con objeto de que tenga distancia de frenado suficiente al actuar el ASFA EN EMERGENCIA.

d) Fallo humano por errores en el bloqueo telefónico al haber concedido vía a un tren y expedir otro hacia la misma estación colateral con consecuencias de colisión frontal.

Corresponde a sucesos ocurridos en nº 9 Montcada Bifurcación-Montcada Ripollet y nº 17 Chinchilla.

La prevención de estos accidentes es la que se viene practicando por parte de las Administraciones de reducir al mínimo o eliminar los bloqueos telefónicos y extender el sistema de CTC que presenta la mayor seguridad.

Observaciones y conclusiones relativas a los accidentes

Los accidentes por colisión tanto si son ordinarios como si son importantes y por ello generan víctimas requieren, como mínimo, como solución imprescindible dos actuaciones complementarias y solidarias que son:

- **Automatización** de los sistemas con objeto de garantizar la seguridad de todas aquellas operaciones en las que existe riesgo de fallo humano por razones bien conocidas y de forma que la actuación de este sea mínima y quede reducida prácticamente a intervenciones imprescindibles y en ningún caso a operaciones en las que la seguridad se basa en la marcha a la vista.

- **Formación.** La más amplia posible de tipo general al ingreso en un servicio determinado, la específica a fondo en aquella función que vaya a desempeñar y siempre bajo supervisión aleatoria de los Jefes así como los reciclajes formativos de tipo técnico y reglamentario para garantizar sus conocimientos actualizados todo extensivo a los agentes que intervienen en la circulación, Supervisores, Jefes de Control de Trafico Centralizado, Maquinistas, Jefes de Circulación, Guardagujas de cabina de enclavamiento y otros.

6. LOS FACTORES DE INFLUENCIA SOBRE LA SEGURIDAD DE LA VÍA Y LA CONTRIBUCIÓN DE LAS INNOVACIONES EN TECNOLOGÍA DE VÍA EN LA PREVENCIÓN DE DESCARRILAMIENTOS.

6.1 El problema técnico de la seguridad en la vía

Como ya indica el título del capítulo, su objetivo es determinar los factores de influencia sobre la seguridad de la vía y la contribución de las innovaciones en tecnología de vía para la prevención de descarrilamientos, con objeto de verificar en que medida estas actuaciones han determinado la notable reducción de descarrilamientos que en este caso se han producido entre el año 1975 y el 2009.

Para ello el autor desarrolla una línea sencilla, que consiste en:

- Presentar en primer lugar una breve descripción aquellos elementos o aspectos de la vía ferroviaria que componen la infraestructura y superestructura del sistema ferroviario, así como aquellas cuestiones teóricas fundamentales que explican como se originan los descarrilamientos y se exponen las acciones innovadoras que se han hecho sobre estos.
- Situación de la vía en 1975, evolución de los descarrilamientos, examinando al propio tiempo la evolución, tabla resumen de algunos descarrilamientos ocurridos con sus causas más probables ordenadas por grupos para ver en que proporción se originan los mismos
- Examen de las actuaciones innovadoras que se han hecho sobre estos elementos de la vía, y si han contribuido a la mejora de reducción de accidentes registrada.

6.2. Elementos de la vía ferroviaria, riesgos de descarrilamientos

El orden de exposición de los distintos elementos y las actuaciones de seguridad e implementación de innovaciones, es el que corresponde aproximadamente al de la ejecución de una renovación de vía con medios mecánicos de utilización actual:

a) La nueva plataforma de vía.

Más que innovaciones significativas en la plataforma, las actuaciones de seguridad en este periodo ha sido intensificar el rigor del control sobre todos los componentes de la plataforma que se compone de una capa de forma sobre una base debidamente compactada y verificada su resistencia, cumpliendo las especificaciones vigentes y en todo ello se ha avanzado en cuidar su composición, después de haber eliminado zonas de riesgo o “blandones” asegurando cuidando la disposición en doble pendiente simétrica de la capa de forma, y extendiendo sobre ella un fieltro desde su eje hacia cada drenaje longitudinal o cunetas para favorecer la eliminación del agua de lluvia o nieve, que en caso contrario causa grave deterioro en la vía

b) El ancho de vía. Particularidades.

La vía convencional de RENFE de ancho ibérico queda caracterizada por su ancho, UIC (1.668 mm). Esta medida, es la distancia entre caras internas de los dos carriles que configuran la vía.

Por razones relacionadas con la estabilidad lateral de los vehículos durante su circulación por la vía los carriles no ocupan una posición horizontal sobre las traviesas sino que tienen una inclinación 1/20 hacia el centro de la vía.

Por otro lado las ruedas de los ejes de los vehículos son tronco-cónicas en razón de que en una curva la longitud del arco del hilo interior o bajo de la curva correspondiente a un ángulo dado, tiene menor longitud que el exterior por cuyo motivo, automáticamente y por efecto de la fuerza centrífuga la rueda exterior gira sobre un radio de la llanta mayor R y la interior menor r , de forma que $R > r$, buscando la compensación necesaria para que cada rueda describa la longitud de arcos necesaria correspondiente a la curva.

La distancia entre ejes de vía ²⁸ en una doble vía oscila entre 3,5 m y 3,8 m pues a medida que aumenta la velocidad de circulación aparece un nuevo condicionante que son los fenómenos aerodinámicos que se dan al cruzarse dos trenes por cuyo motivo, en algunas líneas alcanza valores de 4,7 a 5 metros.

Salvo casos en que por el mal estado de las traviesas, la clavazón de la vía pierda su eficacia y el esfuerzo lateral de la rueda pueda volcar el carril hacia el exterior y se abra la vía, hecho que conduciría a descarrilar dentro de la caja de la misma, el ancho de vía si respeta las tolerancias establecidas no ofrece riesgo de descarrilamiento.

c) El balasto

Sus funciones en la vía son las siguientes:

- Proporcionar elasticidad y amortiguamiento a la vía, reduciendo la magnitud de las sollicitaciones dinámicas ejercidas por los vehículos.
- Disminuir el nivel de presiones que llegue a la superficie de la plataforma por el efecto repartidor del balasto.
- Soportar el nivel de abrasión que las partículas puedan tener como consecuencia de su contacto con infraestructuras rígidas, por ejemplo puentes de hormigón.

Resumiendo, en las funciones del balasto a efectos de seguridad en la circulación de trenes, tiene como riesgos derivados de aquellas circunstancias que pueden dar lugar al deterioro de la geometría de vía y por lo tanto a la formación de manchas blancas sobre la superficie de la capa de balasto por diversas causas como puede ser la rápida trituración de las partículas de balasto y la formación de un polvo fino que es el que origina la formación de las mencionadas manchas blancas y con la humedad fraguaba formando puntos duros, que han desaparecido empleando balasto silíceo.

También el incremento de grado de contaminación, figura 6.1 puede dar lugar a una importante reducción de la capacidad de filtración del agua de lluvia y deterioro de la

²⁸ Prof. Dr. ICCP D. Andrés Lopez Pita. Infraestructuras Ferroviarias

geometría de vía que pueden originar defectos de alabeo y eventual descarrilamiento de un vehículo.



Fig. 6.1 Contaminación de la capa de balasto

Fuente: Infraestructuras Ferroviarias. Dr. ICCP, D. Andrés López Pita

En la figura 6.2 de la parte inferior podemos ver la formación de las mencionadas manchas blancas en la vía.

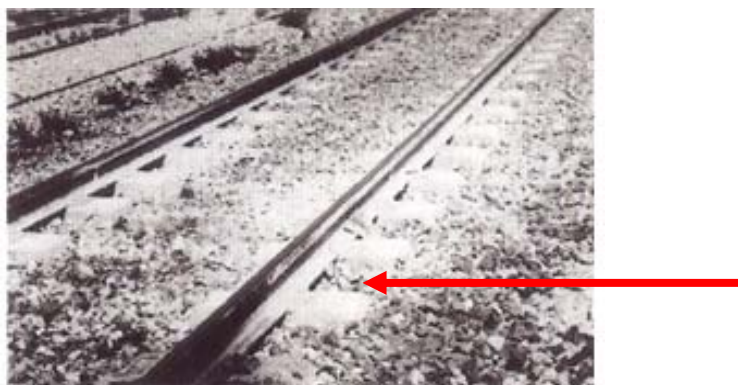


Fig. 6.2 Formación de manchas blancas en la capa de balasto (flecha roja)

Fuente: Infraestructuras ferroviarias. Prof. Dr. ICCP D, Andrés López Pita

En cuanto al balasto tiene como misión contribuir a proporcionar elasticidad y amortiguamiento a la vía para reducir los efectos dinámicos de los vehículos, disminuir el nivel de presiones que llegue a la superficie de la plataforma y soportar la abrasión que las partículas pueden tener como consecuencia de su contacto con infraestructuras rígidas.

d) Actuaciones de seguridad respecto al balasto.

Aplicar el máximo rigor en el cumplimiento de las especificaciones vigentes en RENFE en su momento y en ADIF después tal como se especifican en NRV correspondiente a este concepto y que suponen la aplicación de un tipo de balasto cuyo coeficiente de dureza global sea 17 o próximo a él en función de las velocidades máximas previstas para la línea que se renueva.

También es importante la auscultación de vía y la renovación en su caso que se definirán más adelante:

e) *Las traviesas*

Las traviesas de ferrocarril se hicieron de madera como elemento de soporte del carril, por sus propiedades físicas naturales, por su elasticidad y por la abundancia de bosques. Para sujetar el carril a la vía primero se utilizaron las escarpas, después los tirafondos pero se vio que bajo la acción del tiempo, estos se iban aflojando dejando de cumplir su función.

La aparición de las traviesas de hormigón hacia 1965, motivó un importante interés por este tipo de traviesas, de hormigón especialmente en Inglaterra, Francia y Alemania y se vio que podría tener una duración tres veces superior a la madera manteniendo sus constantes en el ciclo de vida, siendo su mayor peso el único inconveniente que dificultaba su manejo, pero en cambio da más estabilidad a la vía. La maquinaria de renovación de vía o las grúas montadas en plataformas del tren de trabajos resuelven este inconveniente. En la figura 6.3, podemos ver alzado y planta de este tipo de traviesas, una máquina posicionadora de carril operando en una renovación y las sujeciones de la vía preparadas para montar el carril nuevo sobre ellas. Las primeras traviesas de hormigón fueron la RS mixta formada por dos dados de hormigón y una riostra angular cuya posición fue modificada para facilitar el drenaje del agua de lluvia.

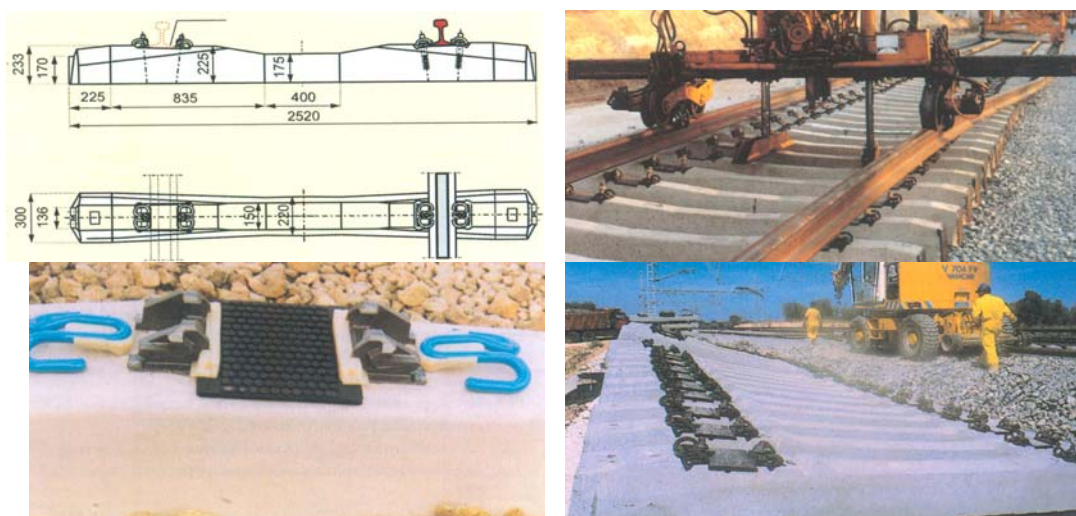


Fig. 6.3 Elementos de infraestructura y superestructura de vía
Fuente: Infraestructuras ferroviarias. Prof. Dr. ICCP D. Andrés López Pita

Las traviesas suelen colocarse a una distancia de 60 cms aproximadamente y los carriles se fijan a la vía mediante sujeciones que son elementos que presionan al patín del carril y evitan el movimiento longitudinal y lateral del mismo así como su giro a causa de los esfuerzos laterales y transversales transmitidos por los vehículos.

f) *Actuación de modernización e innovación sobre las traviesas. Traviesas polivalentes*

Son traviesas aptas para permitir la circulación de trenes de ancho nacional (1.668 m) y ancho internacional (UIC, 1.435 m). El ancho de vía es la distancia entre los extremos de las cabezas de los dos carriles, medido perpendicularmente al eje de la vía.

Su funcionalidad permite dos emplazamientos de cada carril, manteniendo el eje de la vía. Igualmente, permiten un sencillo cambio de ancho nacional/internacional: levantar los elementos de sujeción y los carriles para volverlos a colocar. Andenes, postes de electrificación, túneles e instalaciones, no se ven afectados al mantenerse el eje de vía y el gálibo existentes.

En la red nacional hay instaladas 7,7 millones de estas polivalentes.



Fig. 6.4 Las nuevas traviesas monobloc

Fuente: Foto del autor trabajando como asistencia técnica, en la renovación Borgonya-Ripoll

Instalación de las traviesas polivalentes. ADIF gestiona 13.383 km de vía (declaración sobre la red 2009). Un total de 4.620 km de la Red Ferroviaria de Interés General (REFIG) tienen instaladas traviesas polivalentes y son aptas para la explotación en ancho internacional.

g) Placas de asiento.

La función primordial de este elemento es reducir y repartir la presión específica transmitida por el carril a la traviesa protegiéndola y en el caso de la traviesa de hormigón proporcionando mayor elasticidad vertical para reducir los efectos dinámicos de los trenes sobre la vía.

h) El carril

Es el elemento del emparrillado de la vía que soporta directamente el peso de los vehículos y las acciones dinámicas generadas por la velocidad y el estado de conservación de vía y vehículo. La identificación de los tipos de carril se da por su peso por metro lineal y también por sus dimensiones en mm, siendo los más frecuentes, de 45, 54 y 60 kg/ml. para vías secundarias y generales respectivamente, líneas de 140 a 160 kms/h y alta velocidad, respectivamente. Sus tres partes bien diferenciadas son su cabeza, alma y patín. En la figura 6.5 que se inserta a continuación podemos ver una sección del carril de 54 kgs por metro lineal, el más usado en la Red de ancho ibérico (1.668 mm).

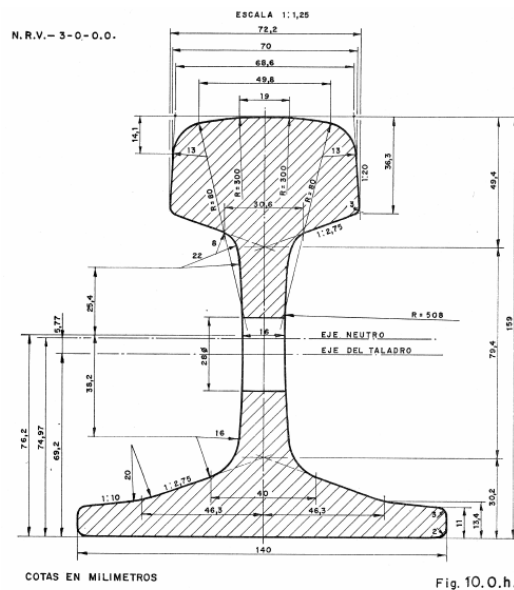


Fig. 6.5 Sección de carril de 54 kg/ml.

Fuente: Vía, Dr. ICCP, D. Fernando Oliveros

La fabricación del carril tiene tres fases principales, fabricación del acero, operación de acabado que incluye el corte a la longitud estándar y el enderezado y refrenado de los extremos. Observaciones de especialistas detectaron que a la salida de la fábrica los carriles

presentan una serie de tensiones residuales de las cuales las más importantes son las paralelas al eje longitudinal del carril y se producen por el enfriamiento posterior a la laminación y por el enderezado del carril en frío en la máquina de rodillos.

i) Sujeción

Tiene como misión solidarizar el carril apretando sobre el patín a la traviesa e inmovilizando el carril en su posición correcta.

La sustitución de la sujeción rígida por la sujeción elástica ha constituido una innovación muy importante para el establecimiento de la vía actual con carril continuo soldado. Las primeras sujeciones rígidas actuaban sobre traviesas de madera y los orificios sufrían deformación acababan si hacer su función sobre el patín. Entre las existentes destacan la Nabla y la Vossloh. Figuras 6.6 y 6.7 respectivamente.

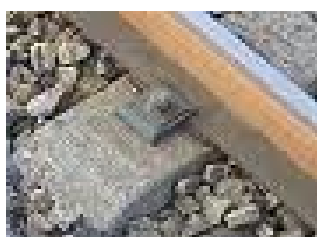


Fig. 6.6. Sujeción Nabla



Fig. 6.7. La sujeción SKL Vossloh.

Fuente: Prof. A. López Pita A 2006 a Infraestructuras ferroviarias. 2006. Ediciones UPC. Cenit

j) Actuaciones de seguridad en la vía. El nuevo carril utilizado

Hacia los años 1965-1970 la estructura de la vía existente era en general, carril de 45 kg/ml. sobre traviesa de madera y balasto de tipos diversos. Con las renovaciones del Plan de Modernización 1964-1973 se utilizó carril de 54 kg/ml en las líneas en la que estaba prevista la circulación a 140 o 160 km/h.

En la figura 6.8, podemos ver una sección de carril de 54 kg/ml con los elementos de sujeción Vossloh y la placa elástica.

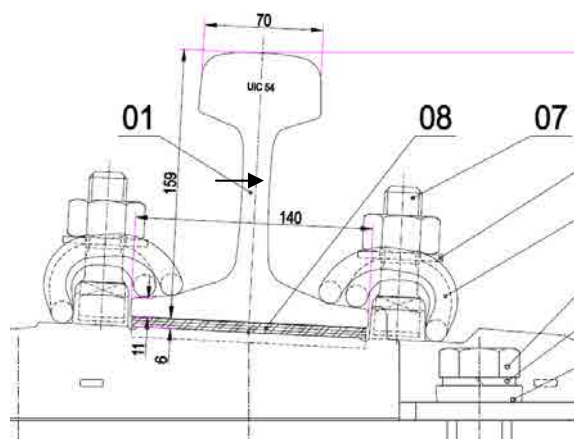


Fig. 6.8. El nuevo carril de 54 kg /ml.

Fuente: Revista de Obras Públicas. Julio 2003, carril de 54 kg ml. para RENFE

Cuando fue conocido que a la salida de fabricación se producen unas tensiones en el sentido del eje longitudinal del carril, que se suman a las propias de soportar directamente el peso de los vehículos, se vio que el aumento de dimensiones del perfil y su momento de inercia hace que resistan mejor al conjunto de tensiones resultante y por ello el aumento de dimensiones del carril, dio un excelente resultado reduciendo tanto las roturas como las deformaciones o garrotes producidos por altas temperaturas en verano, por lo que puede considerarse también una innovación tecnológica estimable que merece el estudio de su posible correlación con una reducción de accidentes por descarrilamientos y roturas de carril que pueden generarlos.

k) Soldadura de vía.

También hacia los años 1968-1970 se generalizó el uso del carril continuo soldado pues hasta entonces se dejaban unas juntas de dilatación en los extremos de los cupones que se apoyaban sobre dos traviesas muy juntas para reducir el mayor asiento vertical de la vía que de forma natural se produciría en ese punto débil, desgaste de las puntas, incomodidad de los golpes continuos periódicos y otros efectos no deseables. En la figura 6.9 podemos ver el proceso de soldadura de una junta.



Fig. 6.9. Soldadura de vía²⁹

Fuente: Internet. RAILTECH

l) Los aparatos de dilatación

Los aparatos de dilatación se usan en determinados casos donde interesa prevenir con toda seguridad cualquier deformación de vía por calor u otras causas, por ejemplo, en los extremos de puentes o viaductos cuya longitud varía en función de influencias exteriores (carga del tráfico, temperatura, viento).

A veces, las tensiones ejercidas implican también torsiones en la zona situada entre la parte móvil del puente o viaducto y su estructura portadora. El papel de los aparatos de dilatación es absorber estas variaciones de longitud y hacer frente, cuando proceda, a las torsiones. En la figura 6.10 podemos ver el aparato de dilatación que permite el desplazamiento de un carril terminado en aguja.



Fig. 6.10 Aparato de dilatación.

Fuente: Internet FELGUERA MELT

Los aparatos de dilatación deben ser objeto de controles programados según las Normas específicas de ADIF. Su existencia puede prevenir además una deformación de vía y descarrilamiento por pandeo.

²⁹ Fuente Internet. Soldadura de vía Internet- RAILTECH.

m) El gálibo

Se denomina Unidad técnica de ferrocarriles al conjunto de reglas a las que deben responder, las vías, los vehículos, los cargamentos y el material motor especialmente para el tráfico internacional, no obstante lo cual y aunque el alcance de este trabajo se limita a la Red ferroviaria española de ancho ibérico. En 1913 se logró en Suiza un consenso internacional a través de la definición del **gálibo** denominado PPI (*passe-partout internacional*) que precisaba el gálibo de carga estática, con un vehículo parado, carga centrada y alineación recta de vía. Al aumentar y mejorar las suspensiones de los vehículos se producían especialmente en curvas movimientos más importantes de las cajas que coincidiendo con un aumento de los valores de las velocidades dieron origen al concepto de gálibo cinemático.

El gálibo cinemático se define como la envolvente de los lugares geométricos que pueden ocupar cualquier parte de un vehículo referenciada a los ejes de coordenadas representados por el plano de rodadura y el eje de la vía. Es un contorno de referencia que tiene en cuenta los movimientos geométricos de los vehículos, debidos a la curvatura de la vía y al juego de los ejes de la vía. Figura 6.11.

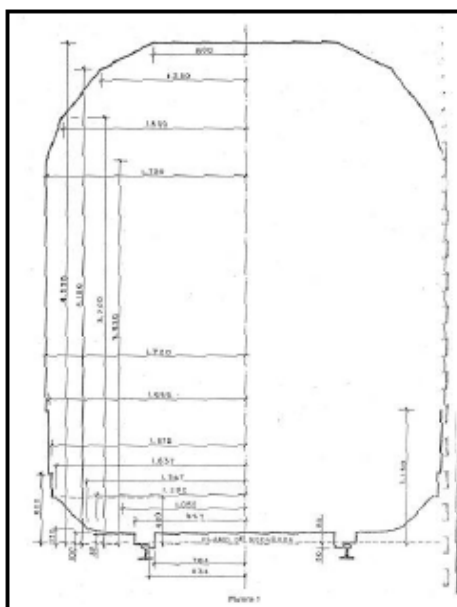


Fig. 6.11 Contorno de referencia del gálibo cinemática para líneas convencionales y vehículos RENFE.

Fuente: ADIF Instrucción Técnica de gálibo de la Red

n) Los desvíos

Como es necesario para la explotación técnica y comercial que los trenes puedan pasar de una vía a otra sin perder por ello la continuidad del guiado, resulta la necesidad de los equipos denominados aparatos de vía, que son de dos clases: desvíos y travesías. Los primeros permiten pasar de una vía a la otra y sus partes principales podemos verlas en la figura 6.12 que se inserta a continuación. Los segundos permiten atravesar varias vías con enlaces entre ellas y las vías atravesadas.

En ambos casos de los aparatos de vía resulta imprescindible mantener un adecuado diseño de ingeniería. En el cambio existen cuatro piezas fundamentales: las contraagujas que son dos, exteriores y fijas y las dos piezas interiores que siendo solidarias por uno o varios tirantes, tienen un carácter móvil excepto en el talón, parte más próxima al cruzamiento.

Estas partes llamadas agujas deben acoplarse perfectamente a las contraagujas pero como deben ser al mismo tiempo finas para permitir un ajuste perfecto a la contraaguja y también bastante robustas para soportar los choques a los que está sometida por parte de la rueda, se alojan bajo la contraaguja para su protección, incidiendo básicamente en la seguridad.

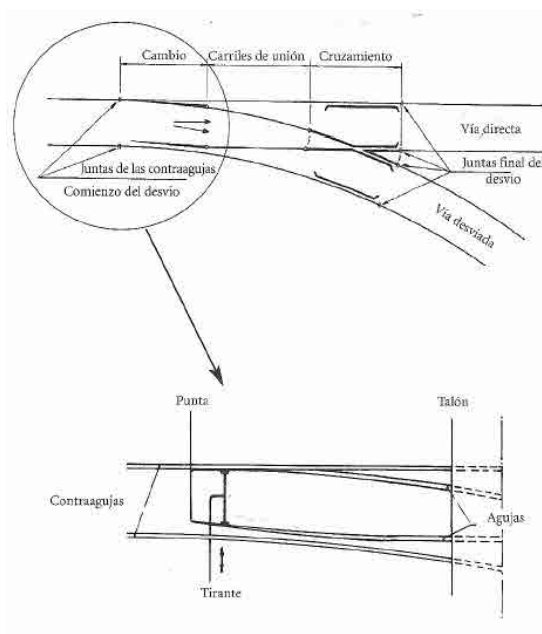


Fig. 6.12 Partes principales de un desvío

o) El cerrojo de uña

El cerrojo de uña es un dispositivo mecánico para la maniobra del desvío, que sirve para cerrar y asegurar las agujas del desvío y las puntas de corazón móviles. Encerroja la aguja cerrada con la contraaguja por una conexión positiva y, de la misma manera, mantiene la aguja abierta en su posición. Figura 6.13.



Fig.6.13 Cerrojo de uña para asegurar la inmovilización del desvío

Otros aspectos que afectan a la seguridad de la vía

Concepto de estabilidad de la marcha de un vehículo y confort de los viajeros. Índice de Sperling.

Los vehículos de ferrocarril se diseñan para que puedan asumir una velocidad determinada la máxima prevista, pero al mismo tiempo se desea también que su movimiento sea estable en el plano transversal.

Para evaluar la estabilidad de marcha de un vehículo se recurre al índice de Sperling que se expresa mediante una fórmula matemática donde se obtiene un índice W , que es función de la raíz 10 del cubo de la aceleración medida en cms/seg y de la frecuencia de oscilación. Si el índice obtenido es 1 1ª calidad de la marcha se considera muy buena y si es 5, peligrosa para el servicio.

Del análisis matemático de la influencia de los valores se obtiene que para conseguir que el vehículo sea estable conviene que la rigidez vertical sea lo más baja posible y la masa de la caja tenga el valor más elevado posible; influyen también como es intuitivo las características constructivas del vehículo, la calidad geométrica de la vía y la velocidad del tren.

Circulación en curva. Peralte³⁰. Efectos de la fuerza centrífuga

Conocida la aceleración centrípeta que se origina cuando el vehículo describe una curva en una vía, aquella da lugar a una reacción que es la aceleración centrífuga y el producto de esta por la masa del vehículo nos da la fuerza de reacción en toneladas que la vía debe ejercer sobre este, que tiende a ripar o desplazar la vía hacia el exterior de la curva.

Teniendo en cuenta que el ferrocarril circula por alineaciones rectas y curvas de distinto radio es necesario conocer las circunstancias en que interaccionan vía-vehículo para determinar la máxima velocidad de circulación posible de las mismas en función de su trazado. Para tratar de compensar la fuerza centrífuga, figura 6.14 que se genera en las curvas se introduce en ellas un cierto peralte mediante la elevación del carril exterior con mayor cantidad de balasto bajo él. Lo expresamos gráficamente y matemáticamente de la siguiente forma.

Se demuestra matemáticamente que ³¹:

$$h = \frac{V^2 \times S}{Rg}$$

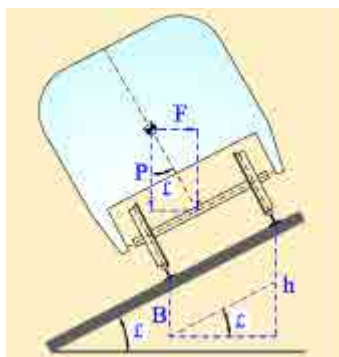


Fig. 6.14 Fuerza centrífuga y peralte

Siendo “h” el peralte teórico, “V” la velocidad en km/h, “P” el peso del vehículo, “F” la fuerza centrífuga que puede descomponerse según un plano paralelo a la vía

A este peralte se le llama peralte teórico (ht). Por varias dificultades para aplicar el peralte teórico como el desplazamiento de los viajeros por el pasillo, el arranque de trenes de mercancías en curva por el rozamiento de las pestañas y la inestabilidad del talud natural de

³⁰ Prof. Dr. ICCP D. Andrés Lopez Pita. Infraestructuras Ferroviarias.

³¹ Prof. Dr. ICCP D. Andrés Lopez Pita. Infraestructuras Ferroviarias

la capa de balasto lo ha limitado a un valor inferior según los casos, de manera que el viajero siempre deberá soportar una cierta aceleración sin compensar.

a) Acuerdos verticales

Conocido que el perfil longitudinal de una vía está formado por un conjunto de rasantes rectas unidas entre si mediante curvas de acuerdo, la máxima inclinación teórica de las rasantes está condicionada por la capacidad adherente de la rueda al carril que en el limite teórico sería de un 60 por mil pero que en la práctica y aún en zonas montañosas no suele pasarse de 35 por mil. Los enlaces entre rasantes diferentes pueden realizarse mediante arcos de circunferencia o por medio de parábolas. Toda vez que estas curvas verticales introducen una aceleración centrífuga en su plano, el estudio de la relación entre la aceleración, velocidad y radio vertical corresponde a la fórmula siguiente:

$$\gamma_v = \frac{V^2}{R_v}$$

Donde gamma es la aceleración en el plano vertical, Rv es el radio de curvatura de la curva vertical y V la velocidad de circulación.

Por criterios de confort para el viajero se requiere que la aceleración este comprendida entre 0,2 y 0,4 m/seg lo que se traduce en que para velocidades de 200 km/h se precisan radios de acuerdo vertical del orden de 20.000 metros.

Los enlaces entre rectas y curvas requieren también curvas de transición para introducir una variación gradual en los efectos de la fuerza centrífuga que los métodos experimentales aconsejaron emplear.

$$L (m) = 8 \text{ a } 10 V (km/h \cdot h (m)); \text{ siendo } h \text{ el peralte}$$

b) Calidad geométrica de una vía

La experiencia en la explotación ha puesto de manifiesto que la calidad de una vía debe evaluarse a partir de los siguientes parámetros que se definen a continuación³²:

³² Prof. Dr. ICCP D. Andrés Lopez Pita. Infra estructuras Ferroviarias

- Nivelación longitudinal de cada hilo de carril

Define las variaciones de cota de la superficie de rodadura respecto a un plano de comparación. Afectan al galope de los vehículos.

- Nivelación transversal de ambos hilos de carril

Define la diferencia de cota existente entre la superficie de rodadura de los hilos de carril en una sección normal al eje de la vía. Afectan al balanceo de los vehículos.

- Ancho de vía

Es la distancia existente entre las caras activas de las cabezas de los carriles a 14 mm por debajo de la superficie de rodadura. Inciden en el movimiento transversal o de lazo de los vehículos y también los defectos de alineación. Puede generar descarrilamiento cayendo una o dos ruedas dentro de la caja de la vía.

- Alineación de cada uno de los carriles

Parámetro que para cada hilo de carril representa la distancia en planta respecto a la alineación teórica. Puede generar pandeos en casos importantes y descarrilamientos.

- Alabeo

Diferencia de peraltes. Parámetro que representa la distancia existente entre un punto P de la vía y el plano formado por otros tres puntos A, B y C. Es un riesgo de descarrilamiento importante cuya medida podemos ver en la figura 6.15 a continuación.

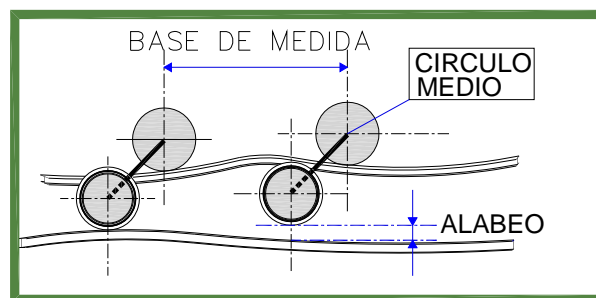


Fig. 6.15 Elaboración del autor basado en la figura Infraestructuras Ferroviarias del Dr. ICCP, D. Andres López Pita

Todos estos parámetros que definen la calidad de una vía van a ser factores de mucha importancia que pueden propiciar el descarrilamiento de un vehículo y por arrastre de un tren que es precisamente el análisis de seguridad que deseamos realizar y sobre el que el trabajo trata de exponer cuanto esfuerzo y recursos se han aplicado en 35 años (1975-2009)

para llegar a la situación actual en que este tipo de accidente se produce raramente como acreditan las estadísticas.

c) La condición de descarrilamiento de un vehículo

El problema de la deformabilidad de la vía bajo la acción de esfuerzos transversales constituye la base para autorizar la circulación de un vehículo por una vía a una determinada velocidad, estableciendo la llamada condición de ripado que compara las sollicitaciones transversales con la capacidad resistente.

Si las acciones transversales ejercidas por el eje pueden originar el ripado de la vía bajo ciertas condiciones, la ejercida por una rueda sería la responsable del descarrilamiento de un vehículo. La condición necesaria para ello es que la pestaña logre remontar la cabeza del carril y haga que el vehículo se salga de la vía.

Para analizar bajo que condiciones este hecho podría producirse, el ferrocarril se ha basado en la llamada **condición de Nadal (1908)** que considera como punto de partida del esquema que se inserta a continuación, figura 6.16, a continuación.

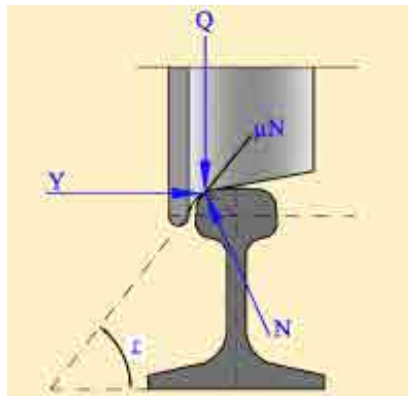


Fig. 6.16 Condición de descarrilamiento de Nadal (1908)

α → Angulo de la pestaña cara activa con la horizontal

Q → Peso por rueda

Y → Esfuerzo transversal del eje

N → Reacción de la resultante de Y y Q

μ → \cdot N componente de la reacción de N

Si $\beta = \text{arc tag } \mu$, se demuestra matemáticamente que $Y/Q = \text{tag } (\alpha - \beta)$

Esta fórmula corresponde al caso en que la pestaña tiene tendencia a deslizar para conseguir el remonte, es decir en las condiciones más desfavorables.

Si tenemos en cuenta los valores usualmente admitidos para:

$$\alpha = 60/70^\circ$$

$$\mu = 0,4$$

Resulta que para que no se produzca el descarrilamiento el cociente Y/Q , no debe superar el valor 0,80 para $\alpha = 60^\circ$ y 1,2 para $\alpha = 70^\circ$.

En este criterio queda la duda del tiempo, o sea, si el descarrilamiento se produce cuando Y/Q , alcanza en un instante dado el valor límite fijado anteriormente (0,8 a 1,2) o si por el contrario es preciso que dicha relación se mantenga un cierto intervalo de tiempo.

Experiencias efectuadas en Japón en 1968 pusieron de relieve que el descarrilamiento de un vehículo bajo la acción de esfuerzos transversales podría producirse por subida de la rueda sobre el carril o bien por salto de la rueda.

Matemáticamente el descarrilamiento se producirá cuando se verifique la relación:

$$\frac{Y}{Q} = \frac{0,04}{t}$$

Cuando t sea igual o menor a 0,05 segundos

$$\frac{Y}{Q} = \frac{0,08}{t}$$

Cuando t sea mayor que 0,05 segundos

La consideración de la condición de descarrilamiento antes indicada de Y/Q igual o menor que 0,8 conduce a pensar que tipo de vehículos son más propensos al descarrilamiento

deduciéndose el valor del esfuerzo “Y” para distintos valores de “Q”, y podemos examinar la siguiente tabla 6.1

Tabla 6.1 Valores de Y/Q³³

Q = 11t (locomotora)	Y = 8,8 toneladas	Y/Q = 0,8
Q = 10t (vagón a boggies)	Y = 8 toneladas	Y/Q = 0,8
Q = 5t (vagón a ejes)	Y = 4 toneladas	Y/Q = 0,8
Q = 6t (coche viajeros)	Y= 4,8 toneladas	Y/Q = 0,8

En general para una vía en buenas condiciones de calidad geométrica, la probabilidad de descarrilo es reducida por ser elevados los valores necesarios de “Y”, pero en presencia de defectos en la vía, esencialmente de alabeo, pueden producirse descargas de rueda que al disminuir el valor de “Q” por debajo del indicado que propicien el descarrilamiento del vehículo, o sea que son vagones de poco peso que circulan vacíos los que descarrilan con mayor frecuencia.

Con el aumento de la velocidad de circulación se realizaron ensayos en el Japón con velocidades de hasta 200 km/h y mostraron que el coeficiente de descarrilamiento era inferior a 0,6 quedando por debajo del límite aceptable de 0,8. Sin embargo si el movimiento lateral de un vehículo llega a ser inestable por cualquier causa, como defectos de la vía, oscilaciones de la caja y otros, el coeficiente de descarrilamiento se incrementa rápidamente con la velocidad al aumentar también los esfuerzos transversales.

d) Actuaciones para el control de la condición de descarrilamiento del vehículo (Nadal)

Si el peso por rueda “Q” se ve que no va a cumplir el límite aceptable de $Y/Q= 0,8$ es mejor segregar el vagón del tren, apartarlo en una estación y consultar con los Servicios Técnicos.

e) El carril

Los defectos de un carril y la necesidad de su sustitución vienen determinados por la existencia de desgaste de distintas características a causa de su desgaste vertical y lateral que

³³ Prof. Dr. ICCP D. Andrés Lopez Pita. Infraestructuras Ferroviarias

le incapacita para seguir desarrollando su función de soporte del material ferroviario y su guiado pudiendo existir carriles rotos, fisurados o averiados, que evidentemente pueden dar origen a un descarrilamiento.

En cuanto al desgaste de carriles, figura 6.17, se señala que se produce por causa de la carga dinámica de la rueda y la existencia de fenómenos corrosivos debiendo diferenciar entre desgaste vertical y desgaste lateral en curva y en recta. Las ruedas de los vehículos causan abrasión y los fenómenos de corrosión por sucesivos procesos de oxidación y reducción debidos a la intemperie. El criterio de sustitución de un carril vendrá determinado por la magnitud z de aplastamiento de la cabeza de carril o también el área perdida de la sección transversal del carril.

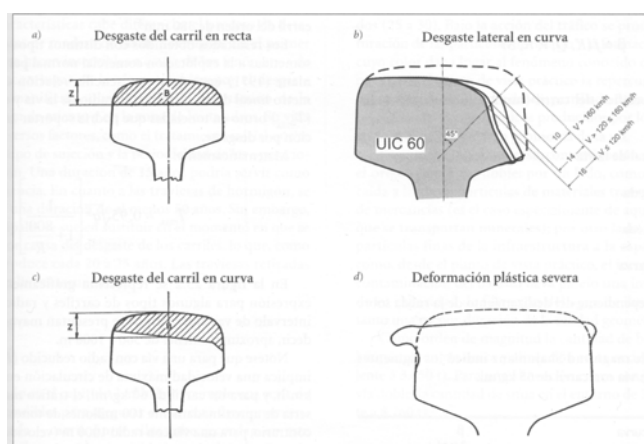


Fig. 6.17. Tipos de desgaste de cabeza de carril

Fuente: Prof. A. López Pita A 2006, Infraestructuras ferroviarias. 2006. Ediciones UPC. Cenit

En la figura 6.17 ya indicada, podemos apreciar los diferentes tipos de desgaste de carril de carácter distinto según la alineación donde han estado montados, en recta o en curva

f) El alabeo

Como ya se ha definido al inicio se trata de identificarlo y evaluarlo; para ello, se mide la distancia existente entre una rueda y el plano definido por las otras tres, se divide por la longitud de la base medida y se expresa en mm/m. Puede hacerse con taquímetro y una mira, o bien con medios del tren auscultador.

Si consideramos la influencia que el defecto de alabeo podría tener en el descarrilamiento de un boggie, la base de medida se situaría entre 2,3 y 3 m (valores correspondientes al empate de los distintos boogies). Por el contrario si se analizase el caso de un vagón de mercancías a ejes, la base de medida se correspondería con el valor del empate en este tipo de vehículos, es decir, de 6 a 9 m, que sería la medida del lado mayor del rectángulo correspondiente a los puntos de apoyo de las ruedas, como podemos ver en la figura 6.18.

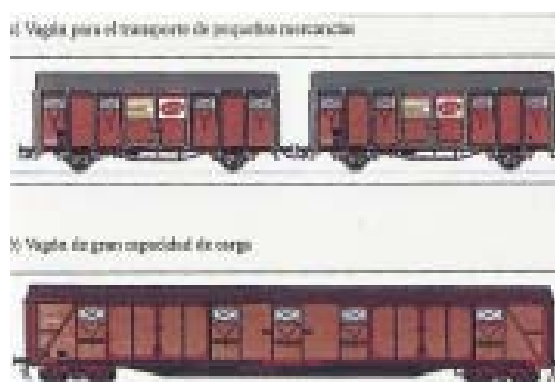


Fig. 6.18 Vagones a ejes y a boggies. Elaboración propia del Autor.

Fuente: RENFE Álbum de vagones

Así pues en la prevención de descarrilamientos, conocer la forma en que los parámetros que definen la calidad geométrica de una vía se modifican bajo las solicitaciones de los vehículos, ayuda mucho a actuar en tiempo oportuno y a mantenerla en correctas condiciones.

g) Las curvas de transición

Conocido que el peralte se materializa elevando convenientemente la cota de balasto bajo el carril exterior de la curva, sin disminuir la que existe bajo el carril interior, para pasar de una recta a una curva, no se puede materializar bruscamente y el hilo exterior debe elevarse progresivamente hasta alcanzar el peralte práctico que corresponda a la curva. Entre la recta y la curva circular se intercala una curva de curvatura creciente que se denomina de transición que es la clotoide por ser la más fácil de replantear en el terreno y experimenta un crecimiento lineal de la aceleración y fuerza centrífuga sin compensar.

La longitud de esta curva se determina en función del valor máximo de la rampa de peralte, del valor máximo de velocidad de elevación de la rueda exterior y del efecto de la sobre aceleración.

Para evitar que los cuatro puntos de apoyo de un vehículo dejen de ser coplanarios y se produzca el denominado alabeo, se limita el valor de la rampa a 2,5 mm/m en sus líneas principales de RENFE. Si por alguna causa o circunstancia se sobrepasa este valor existe el riesgo de descarrilamiento por defecto de alabeo.

h) La inestabilidad elástica de la vía en el plano horizontal. Pandeo de vía

En los casos que se ha producido se ha observado repetidamente que los viajeros del último coche de un tren rápido en un determinado tramo de línea han notado una fuerte sacudida en tiempo y lugar análogos de elevadas temperaturas ambientales.

Se trata de un caso de inestabilidad del equilibrio elástico de la vía por efecto de elevadas temperaturas, en el cual los carriles que no se pueden dilatar libremente, resultan comprimidos axialmente y si alcanzan una situación próxima al estado de equilibrio indiferente, una causa ocasional cualquiera conduce a la vía a un estado de equilibrio inestable produciéndose una deformación que se inicia y se aumenta (pandeo de vía).

Este estado afecta de una forma grave y directa a la seguridad en la circulación y puede originar un descarrilamiento de consecuencias imprevisibles. Este problema se empezó a manifestar a raíz de la generalización del carril continuo soldado. En la figura 6.19 siguiente, podemos ver un ejemplo de pandeo de vía.



Fig.6.19 Pandeo de vía. Prof. A. López Pita, 2006.

Fuente: Infraestructuras ferroviarias. 2006. Ediciones UPC. Cenit

i) Las roturas de carril

Uno de los factores que puede originar un descarrilamiento de graves consecuencias es la rotura de un carril, cuyo detalle podemos ver en la figura 6.20, que da origen a una discontinuidad de guiado, caída o remonte de una rueda que es preciso prevenir por todos los medios posibles como se indicará más adelante en los medios aplicados para prevenir descarrilamientos.



Fig. 6.20 Carril roto bajo carga

Prof. Dr. ICCP D. Andrés López Pita, Infraestructuras Ferroviarias

j) Dresina auscultadota de vía

Esta pequeña dresina, figura 6.21 recorre las líneas buscando fisuras e imperfecciones en los carriles. Se sirve de unas ruedas de goma con sensores, que van rodando por la vía lubricada con agua. Su incorporación y uso data de 1974.



Fig. 6.21 Dresina auscultadora de vía

Fuente: Internet. Web de RENFE. Auscultación de la vía

k) Las roturas de mangueta en los vagones. Detectores de caldeo.

Se trata de un sistema de apoyo a la seguridad en la circulación destinado a detectar la temperatura de todos los ejes de los vehículos ferroviarios indicando los aumentos peligrosos que pueden originar roturas de las manguetas o de las ruedas y muy probablemente descarrilamiento de consecuencias imprevisibles. Están instalados junto a la vía y cuando el tren pasa, los rayos infrarrojos emitidos por la temperatura de las ruedas al superar un valor crítico, envía una señal de alarma que se recibe en el Control de Tráfico Centralizado (CTC) que ordena detener el tren de forma inmediata en la primera estación para su revisión y medidas pertinentes.

l) Roturas de centro de rueda (velo)

Las ruedas están sujetas a sollicitaciones debido a las cargas por rueda y a las fuerzas de guiado. Además la banda de rodadura de las ruedas motrices y de las ruedas sobre las que se aplican los frenos, en particular de zapata, está sujeta a deslizamientos y a altas cargas térmicas, todo lo cual puede generar grietas en los velos de las ruedas y eventualmente roturas con descarrilamientos de graves consecuencias como ya ocurrió en otras Administraciones ferroviarias que causaron muchas víctimas por circunstancias particulares lamentables.³⁴

³⁴ Belén Molina Sánchez .Tesis doctoral

Se aplican sistemas ultrasónicos para detectar posibles defectos en centros de rueda en taller con objeto de prevenir accidentes por rotura de los mismos y consiguientes descarrilamientos.

m) El tren auscultador para el control del estado de la vía

También en el mantenimiento de vía sin duda alguna, es donde se han producido uno de los mayores aumentos de productividad con motivo de la aparición de maquinas especializadas que llevan a cabo trabajos que antes se realizaban a mano y la bateadora es la máquina más representativa especialmente las que incorporan sistemas de medida y nivelación automática.³⁵

Se dispone de un coche de auscultación geométrico de la vía, para anchos ibérico y UIC, capaz de operar a velocidades de hasta 200 km/h, que mide la geometría de la vía, geometría y desgaste de carril, desgaste ondulatorio, en aras de un óptimo mantenimiento según estado, que garantice la calidad y seguridad de las circulaciones. Con este vehículo se persigue el conocimiento preciso y exacto de cara a la ejecución de las tareas de mantenimiento. En este coche se ha instalado un sistema de tratamiento de imágenes para detectar defectos apreciables visualmente a 200 km/h sobre carril, traviesas y sujeciones.

Igualmente existe también un vehículo dotado de un sistema de auscultación ultrasónico de carriles, que cuenta con un conjunto innovador de sondas-rueda y un sistema informático para la detección automática y localización de los defectos internos de carril. En la figura del Grafico GR-7, podemos ver la hoja de registros de un tren auscultador que genera cuatro tipos de registro:

- Nivelación longitudinal
- Nivelación transversal
- Alineación
- Ancho de vía

³⁵ Arques J.L. Abril 2007 b. Ejemplo de adaptación de un vehículo tractor para la auscultación de vía y catenaria. Madrid. Seminario de Tecnología de vía. Foro del ferrocarril y del Transporte

Las indicaciones provienen de los palpadores cuya función se indica a continuación. El **coche auscultado Mauzin** fue de los primeros en aplicarse, posteriormente en el ferrocarril español se incorporaron otros basados en la misma filosofía que constan de una serie de ruedas palpadoras que se apoyan en las caras internas de las cabezas de los carriles a 14 mm por debajo de la superficie de rodadura. Estas ruedas palpadoras van montadas en un bastidor situado en el centro de cada uno de los bogies y el bastidor se concibió de forma que fuese independiente de las deformaciones del chasis de bogie.

El palpado vertical se realizaba a través de las propias ruedas del vehículo tomando como plano de comparación el bastidor del mismo. La medida de nivelación se realizaba independientemente para cada uno de los dos hilos de carril a partir de los desplazamientos verticales de las seis ruedas que circulan por el. Estos movimientos de palpado horizontal y vertical se convierten en señales eléctricas representativas de los desplazamientos de los puntos de medida y desde ellos a unos registradores sobre papel.

Actualmente existe un nuevo modelo de coches auscultadores basados en rayos láser. Los equipos de medición de vía están basados en tecnología láser³⁶ sin contacto y se complementan con sistemas para elaborar imágenes digitales, con ocho láseres y ocho cámaras. Los equipos de medición de catenaria se componen de una caja con lámparas que envía rayos de luz no láser a la zona inferior del hilo de trabajo, los datos son adquiridos a 36 km/h o más, pueden realizar una medición por centímetro, y de cámaras de video para realizar la termografía dinámica.

n) Registros del tren auscultador de vía

De los registros obtenidos los defectos se clasifican por grupos:

- Valores límites de los defectos geométricos (tolerancias) de la calidad exigida a la vía en el momento de deprecionar trabajos realizados en ella.
- Valores de referencia que servirán como referencia para efectuar la conservación de la vía.
- Defectos que necesitan en razón de su magnitud ser eliminados a corto plazo.

³⁶ Molina Sánchez Belen. Tesis doctoral. Internet. Universidad Politécnica de Madrid

En las líneas convencionales a las que se refiere el presente estudio las decisiones de mantenimiento de la vía se han basado en la observación visual de los gráficos proporcionados por los coches de registro, la cual tiene un cierto carácter subjetivo por parte del personal de cada administración ferroviaria.

Con objeto de representar numéricamente los resultados de las apreciaciones de los citados expertos se incorporaron a los vehículos de registro del estado geométrico de la vía, analizadores electrónicos de las señales. El objetivo final era obtener una escala de unidades objetiva y unificar la calidad de la vía, para poder fijar el momento técnico y económicamente óptimo de llevar a cabo las operaciones de mantenimiento.

o) *La prevención del alabeo en la vía*

El control de la nivelación longitudinal, la nivelación transversal, la alineación y el ancho de vía que son parámetros que proporciona el tren auscultador en sus recorridos periódicos por todas las líneas de la Red, y la correcta actuación preventiva en la vía acorde con los resultados de los valores obtenidos, han constituido y constituyen una garantía de prevención de descarrilamientos como así se ha comprobado.

Hasta aquí, la aplicación de nuevos tipos de elementos de componentes de la vía cuya aplicación y resultados en relación con la seguridad y en particular con la disminución de descarrilamientos, vistas las estadísticas de fechas y reducción de accidentes es favorable.

Presentadas estas innovaciones existe otro aspecto que constituye una innovación en el sentido de conservar la vía de forma totalmente distinta a como se había realizado anteriormente y que será descrito brevemente, proponiendo también la investigación de su aplicación con un mejor estado de la vía, es decir, con una geometría y condiciones sensiblemente igual a la que presenta después de su primera puesta en servicio por nueva construcción.

La circulación del tráfico sobre la vía ocasiona con el tiempo el deterioro de la infraestructura y superestructura ferroviaria a causa de las acciones que genera sobre ambas. De una manera

sintética, el citado deterioro, se concentra en los efectos que se producen en cada uno de los elementos que configuran la vía por un lado y en la incidencia global que el tráfico tiene en la vía, es decir, en la calidad geométrica de la misma.

p) Nuevo diseño de vía sobre viaductos y puentes

Otro notable avance ha sido la mejora y nuevo diseño de vía sobre viaductos y puentes, especialmente en tramos metálicos con balasto. Se han implantado nuevas tecnologías de **encarriladoras** y **aparatos de dilatación**, que permiten el movimiento independiente de la vía y la estructura por las acciones de frenado y dilatación térmica. Con ello se consiguen aumentos de velocidad en tramos metálicos hasta los 160 km/h y todo ello contribuye también a una importante reducción de la repercusión de los costes de mantenimiento.

En cuanto a las sujeciones y elementos de fijación del carril a la traviesa, a lo largo de estos últimos años se ha trabajado en la mejora de sus prestaciones, precio, duración, etc., consiguiendo mejoras en su uso sobre cualquier tipo de traviesa de hormigón (sujeción VM), o sobre traviesas tipo RS (J2, sujeciones de patente propia). Asimismo se trabaja en la mejora de las juntas aislantes en vía, para aumentar su fiabilidad y vida útil.

En la actualidad se siguen desarrollando soluciones técnicas para la implantación continua de vía sin juntas sobre los tramos existentes con traviesas de madera, así como la mejora de los procedimientos e instrucciones para la reutilización y levante de materiales en vía para las rehabilitaciones y renovaciones de vía.

Además se trabaja en la homologación de autorizaciones de uso para herramientas y maquinaria ligera de trabajos en vía, así como en la redacción de instrucciones de utilización y normativa aplicable a la misma de cara a su mejor y más seguro y cómodo uso por los operadores propios y de contratistas.

6.3. Las actuaciones en la vía en planes anteriores a 1975

a) El Plan Decenal de Modernización 1964-1973 y el Plan RENFE 1972-1975

Durante la totalidad de la primera mitad del siglo XX es decir hasta los años 1950 la conservación de la vía se realizaba manualmente y con útiles rudimentarios pero a partir de

dicho año ya se disponía de los modernos equipos de maquinaria de vía existiendo bateadoras cuyo rendimiento era de 200 m/h y hacia 1975 el rendimiento ya era de 1000 m/h.

La operación de bateo consiste en la introducción en la capa de balasto de unos bates que realizan un movimiento de cierre de las partículas granulares bajo las traviesas. A este movimiento se superpone una vibración en forma de oscilación senoidal que tiene por objeto recalzar de nuevo el sistema de emparrillado de la vía dejándolo en condiciones geométricas similares a las de su nueva construcción.

En 1964 la situación del ferrocarril, en el aspecto técnico, era desfavorable ya que el número de vías dobles y electrificadas era muy reducido; la edad media de buena parte del carrilaje, superaba los 35 años, es decir, la vida útil del mismo tratándose además de carriles inferiores a 54 kg/m. lineal.

El Plan Decenal de Modernización, que derivaba del Plan de Desarrollo Económico y Social de 1963, perseguía dos objetivos fundamentales, la modernización tecnológica de la Red y la autosuficiencia económica de la Compañía.

A lo primero se destinaba un ambicioso programa de renovación de vías, estaciones, material motor y remolcado. Por lo que respecta a la renovación de vía ³⁷estaban previstos 7.520 kms de vía es decir un 60% del total de la Red, pero se realizaron 6.470 kms tal vez en razón de que el Plan no se completó y en 1972 se inició otro que era el Plan RENFE 1972-1975.

De acuerdo con lo previsto en el Plan Decenal de Modernización de RENFE (1964-1973) el programa de renovación afectaba a la totalidad de las líneas principales de la Red que posteriormente fue denominada Red Básica sustituyendo los carriles viejos, muchos de 45 kg por metro lineal por otros de 54 kgs por metro lineal, con renovación también del resto de material auxiliar y sustitución del balasto, soldando los carriles en barras largas para evitar la perturbación que en la conservación y en la rodadura producen las juntas, en beneficio del confort y disminución de la fatiga del material fijo.

³⁷ 150 años de Historia de los Ferrocarriles Españoles

El gráfico de la figura 6.22 que se inserta a continuación³⁸ refleja el detalle de la longitud de vía renovada en cada uno de los años 1964-1972 y el Plan RENFE 1972-1075 del que se dará referencia a continuación.

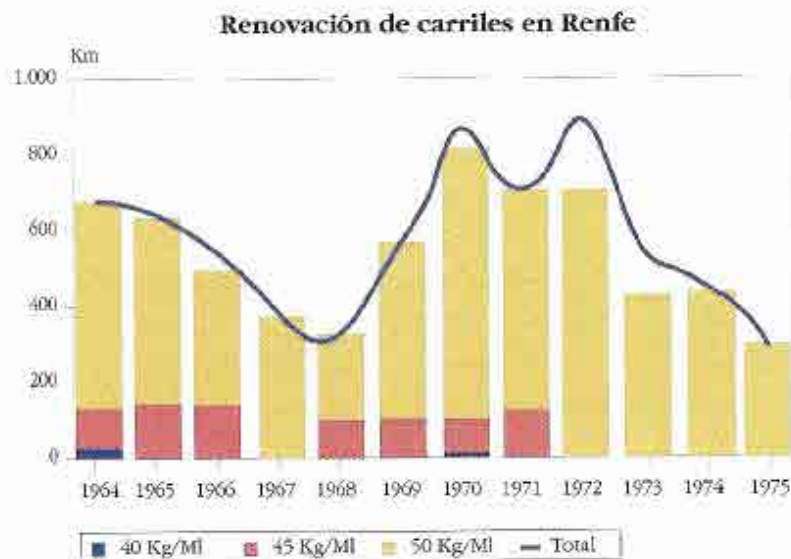


Fig. 6. 22 Renovación de vía 1964-1975 Plan de Modernización
Fuente: 150 años de Historia del Ferrocarril. F. Comin

Si expresamos la información en formato de tabla, podemos ver que el criterio de estas renovaciones fue en su mayor parte utilizar carril de 54 kgs, excepto en vías secundarias de algunas estaciones y alguna línea de escaso tráfico. Tabla 6.2.

Tabla 6.2 Renovaciones de vía 1964-1975

Año	40 kg, ml.	45 kg, ml.	54 kg ml.	Plan Decenal de Modernización 1964-1975
1964	20	100	550	
1965		120	500	
1966		120	400	
1967			350	
1968		120	200	
1969		120	480	
1970		100	700	
1971		100	600	
1972			700	Plan RENFE 72-75
1973			420	
1974			420	
1975			350	
Kms renovados de vía	20	780	5670	6470

³⁸ 150 años de Historia de los Ferrocarriles Españoles

b) Situación de la vía en 1975

En el “Mapa de renovación de vía” del periodo 1964-1975, que abarca los planes fundamentales, el Plan Decenal de Modernización 1964-1972 y el Plan RENFE 1972-1975, según datos obtenidos de las Memorias de RENFE de la época y del libro “150 años de Historia del Ferrocarril”, se detallan mediante simbología de trazos en colores que se indica al pie las renovaciones realizadas en cada uno de los planes mencionados y los posteriores, es decir, de 1975 a 1985. Figura 6.23.

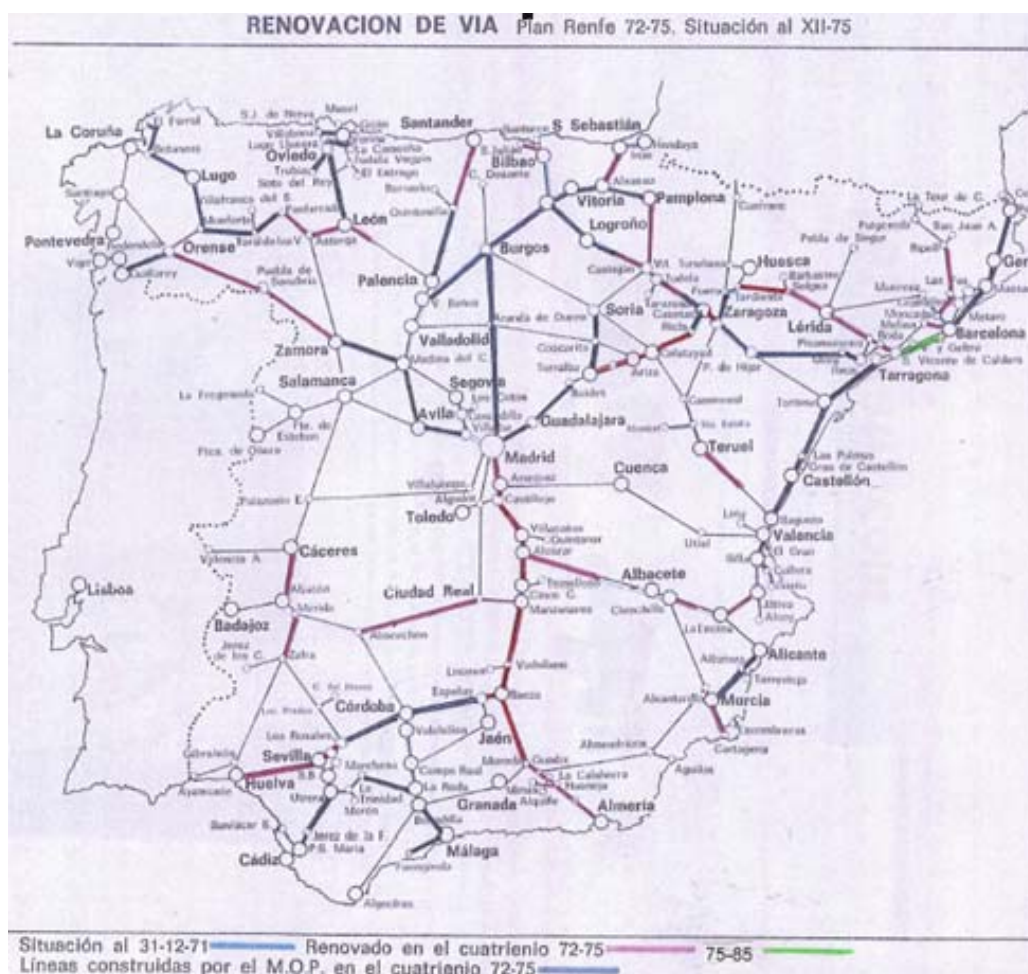


Fig. 6.23 Mapa de renovación de vía en el periodo 1964-1975

Fuente: Memoria de RENFE 1975

Como puede verse en el mismo mapa el criterio de actuación de ambos planes fue renovar inicialmente las líneas más importantes desde el punto de vista de tráfico de viajeros y mercancías, que posteriormente a 1975 se dividirían en Red básica, Red complementaria y otras líneas.

Esta actuación pone de relieve que con independencia de las mejoras en innovación tecnológica implementadas en el periodo del estudio 1975-2009, se entró en el mismo con una importante labor ya realizada de renovación de vía que dio sus frutos de entrada ya a partir de 1975, aumentando y mejorando posteriormente con otras actuaciones de mantenimiento y renovación aplicadas con notable eficacia.

Las líneas renovadas fueron fundamentalmente las radiales de Madrid a la periferia, algunas transversales como las del Valle del Ebro y el corredor Mediterráneo, y también las transversales de Barcelona.

6.4 Evolución de los descarrilamientos entre 1975 y 2009 en vías RENFE

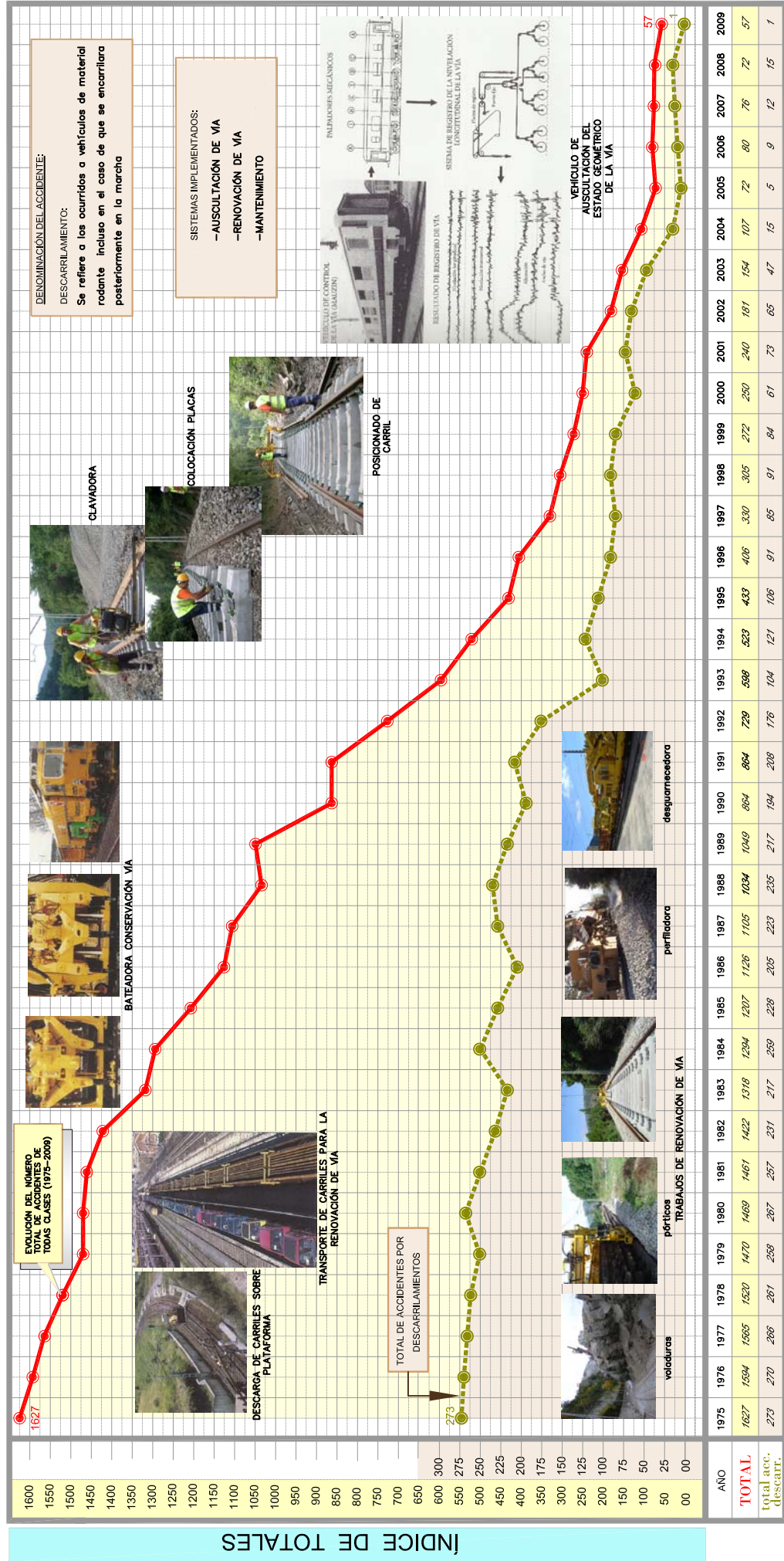
En el gráfico GR-7 (Evolución del número total de accidentes por descarrilamientos) que se incluye a continuación se detallan en ordenadas en doble escala la gráfica del número total de accidentes de todas clases ocurridos entre 1975 y 2007 (en color rojo, escala 00-1600) y también en color verde la escala del número de descarrilamientos ocurridos y acumulados al final de cada año, también con su evolución entre 1975 y 2009.

Si bien entre 1975 y 1987 se mantienen estabilizados en una media de 250 anuales, a partir de 1987 se inicia un descenso continuado cuya base fundamental son el total de kms de renovación de vía realizada que en aquel año alcanzaría ya los 8.500 kms y también las laboras de auscultación de vía, mantenimiento y corrección inmediata de defectos de vía señalados por el tren de auscultación. Algunos tramos de vía como el de la figura 6.16 necesitan una vigilancia especial por riesgos específicos.

El descenso de descarrilamientos es continuado hasta 2005 en cuyo año se estabiliza en torno a 9 descarrilamientos de media anual y ya en el año final del estudio 2009, un solo descarrilamiento que puede considerarse muy satisfactorio dados los kms-tren recorridos por el conjunto de los trenes que en esa fecha estaba en el entorno de los 180 millones de kms-tren.

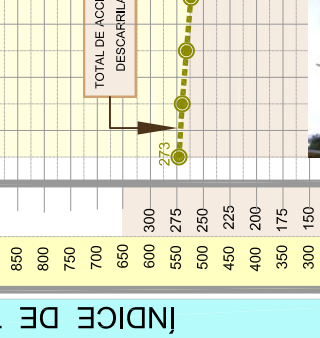
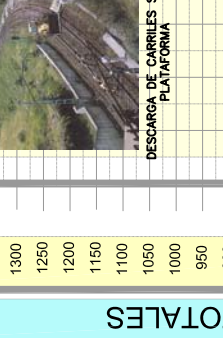
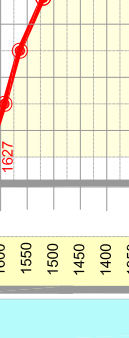
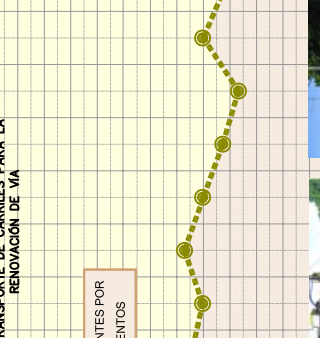
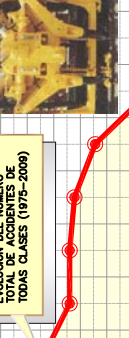
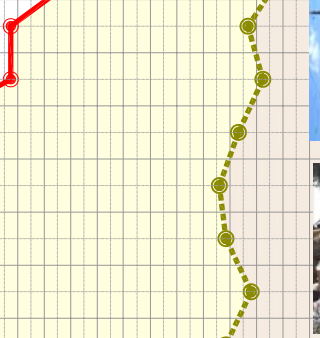
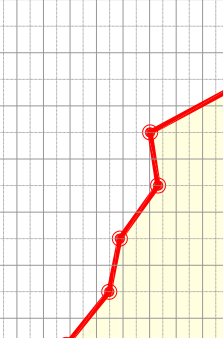
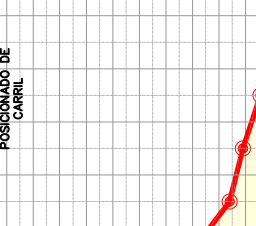
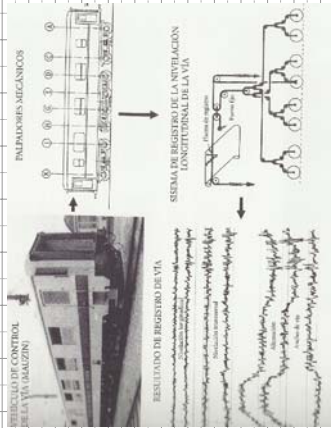
CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES POR DESCARRILAMIENTOS



DENOMINACIÓN DEL ACCIDENTE:
DESCARRILAMIENTO:
Se refiere a los ocurridos a vehículos de material rodante incluso en el caso de que se encarrilara posteriormente en la marcha

SISTEMAS IMPLEMENTADOS:
-AUSCULTACIÓN DE VÍA
-RENOVACIÓN DE VÍA
-MANTENIMIENTO



6.5 Las actuaciones innovadoras en mantenimiento y renovación de vía

a) El nuevo mantenimiento

La conservación de las vías de una red ferroviaria es una actividad imprescindible para mantener los estándares de calidad geométrica y seguridad que necesita la circulación, de forma que las operaciones de mantenimiento de una vía se concretan en los siguientes ámbitos:

- Mantenimiento de explanaciones, puentes o viaductos y túneles
- Control sobre el estado de la geometría de la vía y actuaciones que se deriven
- Auscultación ultrasónica de carriles; detectar los posibles defectos internos del carril
- Control de desgaste ondulatorio de los carriles
- Control del desgaste lateral de los carriles
- Otros controles, traviesas, sujeción, etc.

Las posibilidades de explotación del material rodante vienen determinadas, entre otros factores, por las características de la superestructura de la vía. Hay que tener en cuenta su trazado, radio de curvatura y pendiente, materiales, calidad, etc. Por ello uno de los retos de los Servicios de Vía es proporcionar la mejor infraestructura posible para que los operadores puedan desarrollar el objetivo de incrementar su capacidad de tráfico, como en Cercanías, o de elevar la velocidad comercial en el caso de media y larga distancia, todo ello garantizando los niveles adecuados de seguridad, calidad, fiabilidad y disponibilidad. A parte de ejecutar las labores habituales de mantenimiento, hay otros hitos a destacar en esta especialidad.

En la actualidad se sigue el “mantenimiento según estado” se realizan los trabajos de conservación en aquellos elementos o parámetros sobre los que existe la certeza de que se está desarrollando algún tipo de defecto y para ello se cuenta con:

- **El vehículo de control geométrico de la vía (auscultación)**
- **Vehículo de control de los defectos de los carriles (auscultación ultrasónica)**
- **Vehículo de control del desgaste ondulatorio de carriles**

El mantenimiento actual se aborda mediante un Plan de Tratamiento de la infraestructura vía e incidencias de la red convencional. Ello implica una inversión con una duración de 36 meses, se destinará al mantenimiento preventivo y correctivo, y afectará a las líneas de ancho ibérico o convencional (1.668 mm), además del trayecto de ancho métrico Cercedilla-Cotos (Madrid).

Por razones de operatividad, este Plan de Tratamiento de Infraestructura Vía e Incidencias ha sido dividido en áreas geográficas, por lo que el contrato se subdivide en 18 lotes diferenciados.

Cada lote da lugar al establecimiento de dos contratos. El primero, de tipo ordinario, comprende las actividades de tratamiento preventivo, y el segundo, con carácter de contrato marco, abarca los trabajos de primeras y segundas intervenciones. En ambos casos el adjudicatario es el mismo. El tratamiento preventivo es un tipo de mantenimiento que se anticipa a las posibles incidencias, centrando los esfuerzos en los elementos/instalaciones críticas con los medios disponibles. Se considera mantenimiento preventivo el ejecutado a intervalos predeterminados o de acuerdo con unos criterios previstos y destinado a reducir la probabilidad de fallo o la degradación de vía.

Por su parte, el mantenimiento correctivo abarca todas las actividades que han sido necesarias para devolver las instalaciones a su estado correcto. Tiene su origen en un acontecimiento excepcional que produzca una alteración de las instalaciones o elementos, provocando anomalía en el funcionamiento de los mismos.

En este sentido, el contrato incluye, entre otros, los trabajos de bateo continuo del balasto, tratamiento de defectos puntuales de la infraestructura, rehabilitación general o parcial de la vía, tratamiento de pasos a nivel, sustitución de carril, así como cualquier otra actuación sobre la correspondiente a la superestructura ferroviaria (catenaria, carril, traviesas, etc.), inspección y tratamientos puntuales de infraestructura, como limpieza de drenajes y saneamientos de trincheras, terraplenes y túneles.

b) Nuevos sistemas de renovación de vía

La renovación de vía de ferrocarril se deriva de alguno de los siguientes hechos. Cuando el deterioro de algunos de los componentes de la vía alcanza niveles que pueden afectar a la seguridad de las circulaciones, también cuando por modificaciones sustanciales de tráfico en una línea por diversas causas obligan a mejorar las características del armamento de la vía (empleo de carriles de mayor peso traviesas de mayor superficie de apoyo, balasto con mayor coeficiente de Los Ángeles, etc.).

Otras veces puede ser necesario aumentar la velocidad de circulación de los trenes o incrementar la carga por eje de los vagones de mercancías. En el ámbito técnico las limitaciones de velocidad obligan a elevar el mantenimiento, los intervalos de circulación para este limitan el tráfico o la explotación comercial de la línea se resiente.

Los procedimientos de renovación de vía, a lo largo de la historia del ferrocarril, fueron evolucionando en función de dos aspectos principales, la tipología estructural de la vía, con o sin juntas y los plazos disponibles para su ejecución, es decir, que se pasó del montaje de vía por parejas a los trenes de renovación.

Hasta los años 1955 del pasado siglo en que se generalizó el uso del carril continuo soldado, la renovación de una vía tenía como primeras etapas el montaje en parque preparando conjuntos de parrillas formadas por carril, traviesas y sujeciones de 18 m de longitud trasladándose después dichas parrillas al punto kilométrico y su colocación se llevaba a cabo por medio de grúas o pórticos.

La necesidad de reducir los tiempos de renovación en la explotación ferroviaria llevó a la industria especializada a la fabricación de maquinaria de trenes de renovación rápida (TRR) que permitía unos rendimientos de 2500 a 3000 m en un corte de 9 horas.

Este sistema comprendía básicamente tres centros de actividad: la mecánica de elevación que permitía la retirada de la vía antigua incluyendo las traviesas de la vía existente en posición de transporte; la motoniveladora que colocaba la capa de balasto a la altura necesaria y

finalmente la mecánica de colocación de traviesas nuevas. La casa Matisa fabricó este tren que cuya fotografía se reproduce a continuación en la figura 6.24.³⁹



Fig. 6.24 Tren de renovación rápida de la casa Matisa.

Fuente: Infraestructuras Ferroviarias Dr. ICCP, D Andrés López Pita

6.6 Causas de los descarrilamientos en el periodo 1975-2009

El autor ha elaborado la siguiente tabla 6.3 de descarrilamientos importantes o significativos (que se incluye en B Anejo).

La información que la compone, ha sido obtenida de la documentación acumulada por el autor en su etapa profesional en RENFE, complementada con la información que ha podido obtener posteriormente de la Dirección de Seguridad y la obtenida de Internet, si bien no es exhaustiva, el autor considera que es una buena base de muestreo para después poder, a continuación, redactar su resumen agrupado por causas, con objeto de presentar con claridad cuales son las causas de los descarrilamientos y en que proporción porcentual se dividen y de como se ha hecho frente a las mismas.

³⁹Dr. ICCP, Prof Andrés López Pita

Tabla 6.3 Resumen de las causas de los descarrilamientos en la tabla examinada anteriormente

Causa más probable del descarrilamiento	Numero de descarrilamientos	Casos registrados en el sondeo de la tabla	Medios innovadores preventivos
Defecto de vía	3 (23%)	Nº 2, 6, 10	Tren auscultador Mantenimiento Renovación
Grandes lluvias	3 (23%)	Nº 4, 5 y 12	Infraestructura preparada
Fallo en un desvío	2 (15,35%)	Nº 1 y 7	Revisión de desvíos Enclavamientos eléctricos y ASFA
Movimientos intempestivos de desvíos	2 (15,35)	Nº 8 ,13	Respetar Norma Formación Factor humano
Exceso de velocidad	1 (7,75%)	Nº 9	Respetar Norma Formación Factor humano
Arrollamiento de obstáculos	1 (7,75%)	Nº 3	Prevención
Rotura de una barra de una locomotora	1 (7,75%)	Nº 11	Mantenimiento del material motor

La tabla 6.3 anterior indica que los descarrilamientos no se producen únicamente por defectos de vía sino que estos aunque representan un 23%, tiene la misma proporción de causas los grandes temporales de lluvia que afectan a la infraestructura y en algunos casos (15,35%) el fallo de desvíos. La instalación de enclavamientos eléctricos imposibilita la maniobra intempestiva de las agujas, que tiene su origen en fallos humanos de establecimiento del itinerario que se intentan corregir en el último momento.

También es preciso revisar los registros de velocidad para comprobar que se aplica correctamente por parte del personal de conducción el respeto a la velocidad máxima lo que evidentemente a veces no se cumple y finalmente hay un 7,75% de casos de arrollamiento de obstáculos y de algún fallo del material motor que también ocasionan el descarrilamiento.

6.7 Conclusiones

En el periodo de 1964-1972 anterior al estudio, se realizaron a través del Plan Decenal de Modernización renovaciones en 6.400 kms de vía con el criterio acertado de aplicarlas a la Red Básica de RENFE.

El Plan RENFE vigente durante el periodo, 1972-1975, completó la actuación llegando a un total de vía renovada del orden de 10.000 kms de manera que en la fecha en que se inicia este estudio, 1975, se contaba ya con más del 50% de la vía de la Red renovada con media de 5 o 6

años que empezó a dar sus frutos como se ve en la gráfica GR-7 de 1975 a 1985 pasan de 273 a 205 es decir se reducen en un 25%. Posteriormente a 1985, se van realizando renovaciones a determinados tramos de línea pero con menores inversiones ya que surge la decisión alternativa de la construcción de la línea de alta velocidad Madrid – Sevilla.

Las renovaciones de vía realizadas completando la Red Básica y parte de la complementaria influyen sin duda como factor de reducción del número de descarrilamientos como acusa la gráfica general. Las innovaciones en el sistema de mantenimiento ayudan a mejorar notablemente también el estado de la vía y la reducción de descarrilamientos sigue constante con valores ya muy aceptables en el periodo 2000-2009.

En el análisis efectuado en el punto 6.1, al principio del capítulo presente, relativo a aquellos elementos de la vía que su estado deficiente puede dar lugar a descarrilamientos podemos ver que en una renovación de vía se relevan todos y se sustituyen por elementos nuevos, muchos de ellos con innovaciones que elevan el nivel de seguridad de la vía como compactar la plataforma, la calidad del su balasto y del balasto, traviesas nuevas de hormigón indeformables e inalterables al paso del tiempo, carril de 54 kg/ml en lugar de 45 kg/m notable mejora para la seguridad, descarte de roturas de carril nuevas sujeciones elásticas, descarte del riesgo de alabeo, peraltes deficientes, curvas de transición inadecuadas, prevención de pandeo, confort que aporta la soldadura de carril, cerrojos de uña en los desvíos y de aquí que un kilómetro de vía renovado aporta un plus extraordinario de nivel de seguridad.

Por lo anterior, si paralelamente revisamos como en el periodo 1975-2009 y anterior se ha realizado una renovación de 10.000 kms, sobre los que gravita la mayor parte de la circulación de trenes, el autor considera que existe una correlación muy directa entre renovación de vía y ausencia de descarrilamientos por defectos de esta.

No obstante, lo anterior no es suficiente ya que como vemos en la estadística de muestreo de descarrilamientos y sus causas un 23% de defectos de vía un 15% de fallos en desvíos un 23% de grandes lluvias y un 7% de arrollamiento de obstáculos imputables con gran probabilidad a

desprendimiento de tierras nos daría un 71 de la reducción de descarrilamientos registrada sería gracias a la renovación y un 29% a otras causas como fallos humanos y en el material.

Por otra parte es importante para mantener las condiciones de vía post-renovación una auscultación permanente de la vía, detección de cualquier defecto de los mencionados y actuación inmediata de corrección como así se ha estado haciendo especialmente en el periodo final de estudio, lo que explica la consolidación de la mejora en que se han registrado muy pocos accidentes por esta causa.

Por todo ello el autor estima que ha habido una correlación clara de las actuaciones técnicas realizadas por RENFE-ADIF que han conducido a los excelentes resultados que se registran al final del estudio en 2009, pues se ha pasado de 261 descarrilamientos en 1975 a 1 en 2009, y estima que esta es la metodología correcta para aplicar a cualquier red ferroviaria cuya situación de accidentes por descarrilamientos fuera similar a la registrada en RENFE en 1975.

7. INCENDIOS Y EXPLOSIONES Y EL CASO PARTICULAR DE QUE SE PRODUZCAN EN TÚNELES

7.1 Riesgo de incendios y explosiones en el ferrocarril. Definiciones

La forma de abordar este punto por el autor será definir los conceptos de incendio y explosión presentarse, es decir en el interior de los trenes, en marcha o parados, en las estaciones, en las proximidades de la vía con riesgo de afectar a los trenes que no respetaran las normas en vigor y especialmente en los túneles urbanos con sus riesgos específicos sin descuidar otros túneles interurbanos que también tienen riesgos importantes.

Expuesto lo anterior presentaremos una breve referencia como ejemplo de cada uno de los tipos de incendios y explosiones expuestos y sus consecuencias.

Para un examen global de la evolución de incendios y explosiones en el periodo de estudio de 1975 a 2009 se presentará una grafica que es la GR-8 (Evolución del número de accidentes por incendios y explosiones), que resume la evolución de estos accidentes en el periodo y una referencia simple sobre aplicaciones adecuadas que serán comentadas brevemente como medios implementados con distintos grados de eficacia.

Ya en la parte final como síntesis del capítulo 7 se presenta una tabla resumen que agrupa lo anteriormente expuesto y también una breve referencia a los planes de autoprotección de RENFE que incluyen de forma estructurada la prevención de este tipo de accidentes y si desgraciadamente se produce alguno como afrontar sus efectos y mitigarlos, adoptando al mismo tiempo conductas previstas que minimicen los daños.

a) *Incendio*

Un **incendio** es un suceso de fuego no controlado que puede abrasar algo que no está destinado a quemarse. Puede afectar a estructuras y a seres vivos y también a los trenes en el caso de los ferrocarriles.

La exposición de las personas y de los seres vivos en general a un incendio puede producir daños muy graves y hasta la muerte, generalmente por inhalación de humo o por desvanecimiento producido por la intoxicación y posteriormente quemaduras graves, muchas de ellas indelebles.

En el aspecto ferroviario comprende el originado o propagado a un elemento de material rodante durante su servicio de circulación, pero no se considera si el material está sin servicio. También se incluye la derivación o cortocircuito en dispositivos eléctricos si el incendio se propaga fuera del dispositivo averiado; así como los derrames o escapes de materias peligrosas, siempre que produzcan incendio o explosión

b) Explosión

Una explosión es la liberación simultánea de energía calórica, luminosa y sonora (y posiblemente de otros tipos) en un intervalo temporal ínfimo. De esta forma, la potencia de la explosión es proporcional al tiempo requerido y su orden de magnitud ronda los gigavatios.

Los orígenes de las explosiones se suelen dividir en dos clases:

Se excluyen aquellos incendios o explosiones subsiguientes de otro accidente de los que este estudio se consideran, que son los de RENFE. Comprende también los accidentes múltiples originados por incendio o explosión.

- **Físicos:** mecánicos (choques de móviles), electromagnéticos (relámpagos) o neumáticos (presiones y gases).
- **Químicos:** de reacciones de cinética rápida.

Las experiencias ferroviarias que se conocen están relacionadas con cargas explosivas activadas por un temporizador con efectos mortales y gravísimos aunque no se generen incendios en los trenes por la labor realizada en estos 35 años últimos como se expondrá más adelante, en este mismo capítulo 7.

c) Referencias de incendios de trenes en marcha o parados

El gran temor que tienen en general las administraciones ferroviarias a los incendios de trenes y sobre todo en túneles, hace que la búsqueda de materiales cada vez menos propagadores de llama y con baja o nula emisión de humos sea una constante preocupación por lograr cada vez mas materiales ignífugos e idóneos para emplear en la construcción.

En las experiencias existentes en Cataluña desde 1960 se ha revelado como especialmente importante el grado de combustibilidad de los materiales de los trenes pues tanto si el incendio se inicia como ya ha ocurrido por ejemplo por una derivación eléctrica en el techo como si es a causa de haber tirado un viajero una colilla o unos papeles pequeños a una rejilla de protección de las resistencias de calefacción eléctrica, lo que cuenta es la rapidez de propagación del incendio en los minutos siguientes.

Otras veces han sido los disyuntores extrarrápido de determinadas unidades de tren que por falta de capacidad de corte o de ionización de su cámara de disyuntor, han cebado el arco el cual se ha propagado rápidamente al los materiales circundantes y al tren dando paso a un incendio total que ya no podía controlarse cuando llegaban los servicios de extinción de incendios y en alguna ocasión dentro de túnel urbano entre dos estaciones (Arc de Triomf-Sant Andreu Arenal, noviembre 1964).

Entre 1962 y 1965, hay experiencias en Cataluña de haber tenido que reformar unidades de tren recién construidas, en Suiza, a causa de este problema y de la combustibilidad de materiales del techo e interiores, siendo los techos sustituidos totalmente en la primera serie de unidades de tren serie 436 a requerimiento de RENFE. El accidente era especialmente grave cuando además en algunos casos se producía en el interior de un túnel urbano.⁴⁰ También el arco eléctrico como el que se muestra en la figura 7.1 puede ser origen de incendio.

⁴⁰ Notas del autor, que participó en la investigación de accidentes.



Fig. 7.1 Arco eléctrico pantógrafo-hilo de contacto.

Fuente: Internet. Sistema electrificado interacción pantógrafo – catenaria

Estos incendios de unidades de tren obligaron a revisar las características de las unidades de tren y al propio tiempo, otros aspectos relativos a la capacidad del disyuntor extrarrápido, su cámara de alojamiento y la ventilación de la misma y también otros elementos de los trenes que habían causado incidencias de circulación como el movimiento de los ganchos y otras averías sistemáticas. En la figura 7.2 tenemos la vista de un pantógrafo moderno denominado de semipinza que ocupan menos espacio que e de la figura anterior son menos pesados cumplen correctamente la función de transmisión de la corriente eléctrica de la línea a la locomotora / unidad de tren tienen un coste de fabricación bastante menor que los de pinza.⁴¹



Fig. 7.2 Pantógrafo y equipo eléctrico de toma de corriente.

Fuente: Elaboración propia del autor.

Posteriormente la reacción de los materiales frente al fuego, o su no combustibilidad se contempla en la Norma UNE 23102 que si bien es específica para materiales de construcción es utilizada usualmente en el mundo ferroviario. Las clasificaciones que define dicha norma y la UNE 23727 ⁴² son: M0, M1, M2, M3, M4 y M5. La Norma UNE 23727 trata de los ensayos de

⁴¹ Alvarez Mantaras, aniel. Dr. ICCP. Ferrocarriles. Ingeniería e infraestructura de los transportes.

⁴² Norma UNE 23727. Ensayos de reacción al fuego de los materiales de construcción.

reacción al fuego de los materiales de construcción. Clasificación de los materiales utilizados en la construcción

Las definiciones de esta clasificación son del tipo siguiente: M0, materiales que pueden definirse como no combustibles. El resto de las definiciones corresponde a materiales combustibles, por ejemplo, clasificación M1: material combustible, bajo la influencia de un foco calorífico o de llamas su combustibilidad se limita a la zona afectada siendo la superficie destruida muy reducida

A favor de los buenos resultados obtenidos en la reducción de accidentes por incendio va la exigencia de RENFE en la adquisición de nuevo material ferroviario. En la figura 7.3 podemos ver el interior de un tren CIVIA de reciente construcción en 2007 que reúne las condiciones de materiales nada o poco combustibles según las indicaciones de la Directriz Técnica DT.PCI/5ª de RENFE sobre Protección contra incendios en vehículos ferroviarios y la norma NF F16101 Esta Norma trata de la selección de materiales que cumplan determinadas exigencias con relación al fuego, una vez conocidos los riesgos a que van a estar sometidos.



Fig. 7. 3 Interior de tren Civia Renfe

Referencia: Web RENFE, información sobre los trenes Civia

Ya en el ámbito de la CEE el proyecto de Norma Europea EN 45545, está llamado a ser un elemento clave en el campo de la seguridad contra incendios para el futuro del transporte ferroviario de pasajeros en Europa de forma que entre sus contenidos está la parte general, el

requisito del comportamiento al fuego de los materiales y componentes, la resistencia de las barreras de fuego y particiones, requisitos para el equipo eléctrico y otros aspectos como la seguridad contra incendios de líquidos inflamables.

7.2 Algunos ejemplos de accidentes por incendios y explosiones

a) *Incendio, explosión en una estación de materias peligrosas. Ciudad Real, el 30 de julio de 1977*

Dos cisternas de CAMPSA que contenían 30.000 litros de gasolina cada una, hicieron explosión en una de las vías de un apartadero vinculado a la estación de RENFE. Con cuyo motivo tuvieron que ser atendidas en centros sanitarios 84 personas. La totalidad de los vecinos de la barriada más próxima a la estación y un gran número de personas evacuaron la zona durante varias horas. Sorprendentemente no hubo que lamentar ninguna muerte.

Las cisternas se encontraban, en un apartadero de la estación de RENFE de Ciudad Real. A las once y media de la noche un número de la Guardia Civil observó que una cisterna ardía por una válvula. Los bomberos de Ciudad Real, con camiones de agua, no pudieron atajar las llamas. El personal de RENFE, entre tanto, desenganchó los vagones de cabeza del convoy y los alejó con una grúa, al entender que se podía producir un trágico siniestro.

Una cisterna, hizo explosión a las doce menos cuarto de la noche. La estructura de su carcasa se dispersó en una distancia de doscientos metros aproximadamente. A un enorme fogonazo siguieron llamas de considerable altura. Minutos después, y debido al calor que desprendía aquella, hizo explosión una segunda cisterna, que también repartió planchas de hierro por toda la zona. Contiguas a estas unidades había otras de fuel-oil, que no llegaron a estallar y sirvieron de parapeto para que los trozos de hierro incandescente que lanzaron las cisternas de RENFE no alcanzaran los depósitos que la CAMPSA tiene a doscientos metros, aproximadamente.

La decisión adoptada fue que toda cisterna cargada con gasolina, gas oil o fuel oil permaneciera controlada en vías interiores de CAMPSA hasta la hora de ser agregada a un tren de mercancías para realizar el servicio previsto.

Medidas de prevención adoptadas por RENFE

La decisión adoptada fue que toda cisterna cargada con gasolina, gas oil o fuel oil permaneciera controlada en vías interiores de CAMPSA hasta la hora de ser agregada a un tren de mercancías para realizar el servicio previsto. En el interior de las vías del Apartadero de CAMPSA es más fácil poder aplicar con rigor las medidas generales de RENFE para esta prevención:

- Limpieza esmerada de residuos
- Detectores de incendios
- Extinción automática
- Prohibición de fumar

b) Incendio en el túnel de Sabadell – Sur a Sabadell Centro de un tren de Cercanías el día 4-9-1988.

A las 15,25 del día 4-9-1988 un tren de Cercanías que procedía de L'Hospitalet de Llobregat con destino a Terrassa, al entrar en el túnel de Sabadell, se incendió en la parte eléctrica de su techo por derivación eléctrica y tratando de estacionarse, llegó a alcanzar el apeadero de Sabadell Centro donde los pasajeros del mismo pudieron ser desalojados del tren y salir a la calle. Figura 7.4.



Fig. 7.4 Apeadero de Sabadell Centre

Fuente: Internet Trenscatcat Sabadell Centro Apd

En la misma estación de Sabadell Centro, se encontraba parado otro tren procedente de Terrassa que también fue desalojado sin problemas. Sin embargo, desde la estación de Terrassa, a pesar de la incidencia ocurrida fue expedido un tren que debía pasar por el túnel y se detuvo por la señal en rojo en la entrada al apeadero de Sabadell Centro. El maquinista y el

Interventor al ver el humo en el mencionado apeadero optaron por hacer descender a los viajeros del tren sin percatarse que en el último coche quedaba una parte de los pasajeros a la espera de recibir auxilio. Estos pasajeros tardaron dos horas en ser auxiliados y a pesar de que cerraron todas las ventanillas la tardanza de los equipos de rescate provocó que 52 personas resultaran intoxicadas. El autor de este trabajo tuvo encomendado por su cargo, la investigación del accidente.

Medidas de prevención adoptadas por RENFE.

- Informe urgente de la Inspección General de RENFE
- Definición de responsabilidades de personal en el hecho
- Proyecto urgente de 2 salidas de emergencia en el túnel (4,7 kms.)
- Revisión y actualización del plan de emergencia
- Inauguración de salidas de emergencia con un simulacro e intervención de servicios de policía y médicos de Sabadell.

c) Explosión e incendio en las proximidades de la vía férrea de la línea Valencia a Tarragona de un rack de las instalaciones de la Empresa Repsol.8-9-1990.

El da 8-9-1990, probablemente por atentado, se produjeron varias explosiones en un rack de la Empresa Repsol Tarragona que provocaron un incendio en las proximidades de la vía de ferrocarril de Valencia a Tarragona, trayecto Salou–Tarragona con suspensión del servicio ferroviario, ya que además del riesgo de la proximidad del fuego el calor desprendido ocasionó una deformación importante de la vía que impedía toda circulación. También afectó a la autopista A7 y carretera nacional 420. Figura 7.5.

El incendio se detectó en 4 de las 25 tuberías que constituyen el rack y que transportan productos combustibles desde el pantalán de Repsol hasta el Polígono petroquímico de La Pobra de Mafumet

La vía de ferrocarril queda situada entre la autopista de Salou Tarragona y la carretera nacional nº 420. El autor de este trabajo tuvo encomendado por su cargo, la investigación del accidente.

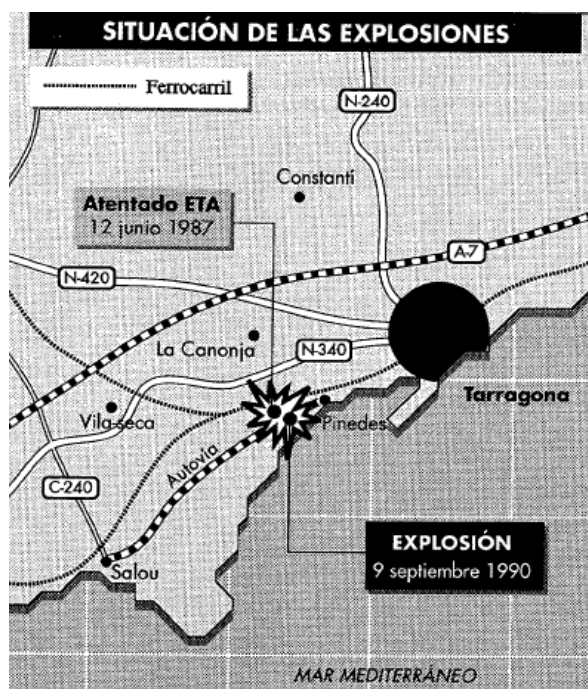


Fig. 7. 5 Esquema de la zona donde se produjeron las explosiones. El País
Fuente: Información elaborada por el autor por afectar profesionalmente el informe

Medidas de prevención adoptadas por RENFE.

- Informe urgente de la Inspección General de RENFE
- Definición de responsabilidades de personal en el hecho
- Proyecto urgente de 2 salidas de emergencia en el túnel (4,7 kms.)
- Revisión y actualización del Plan de Emergencia
- Inauguración de salidas de emergencia con un simulacro e intervención de servicios de policía y médicos de Sabadell.

d) Explosiones. 11 de marzo de 2004 en la estación de Madrid Atocha (Figura 7.6).

El resumen de este caso, relativo a un atentado provocando explosiones e incendios nos da un reflejo de la vulnerabilidad del ferrocarril y de la necesidad de protegerlo al máximo que sea posible por el daño que puede causarse con un incendio o una explosión.

En la mañana del jueves 11 de marzo de 2004 se produjeron 10 explosiones provocadas por diez mochilas cargadas con alto explosivo. Los análisis científicos de los restos tras las explosiones dieron como resultado que se trataba de un explosivo del tipo de la dinamita



Fig. 7.6 La Estación de Madrid Atocha, sector de Cercanías

Fuente: Internet: Web de RENFE sobre el atentado.

En los reconocimientos realizados posteriormente y la misma fotografía figura 7.7 permite verlo en parte que los efectos de las bombas colocadas y la explosión de las mismas afectaron a las personas que resultaron víctimas pero el material de las unidades de tren a pesar de las roturas y deformaciones no se incendió o al menos no tuvo las características de los incendios de unidades de tren antiguas en las que quedaba únicamente la estructura metálica de la armadura, lo cual podría ser prueba del satisfactorio resultado que en este aspecto ofrece la aplicación de las nuevas normas de construcción frente a una prueba tan brutal como esta.

- (a) **Víctimas:** El número oficial de muertos, a 23 de marzo de 2004, es de 191 (de ellos, 177 en el acto o durante los primeros minutos tras el atentado), y el recuento definitivo de heridos fue de 1.857 personas lesionadas, con lo que este atentado supone el segundo atentado más letal por el número de víctimas mortales, y el primero atendiendo al número de heridos, que había sufrido Europa hasta la fecha en tiempos de paz.

Medidas de prevención adoptadas por RENFE.

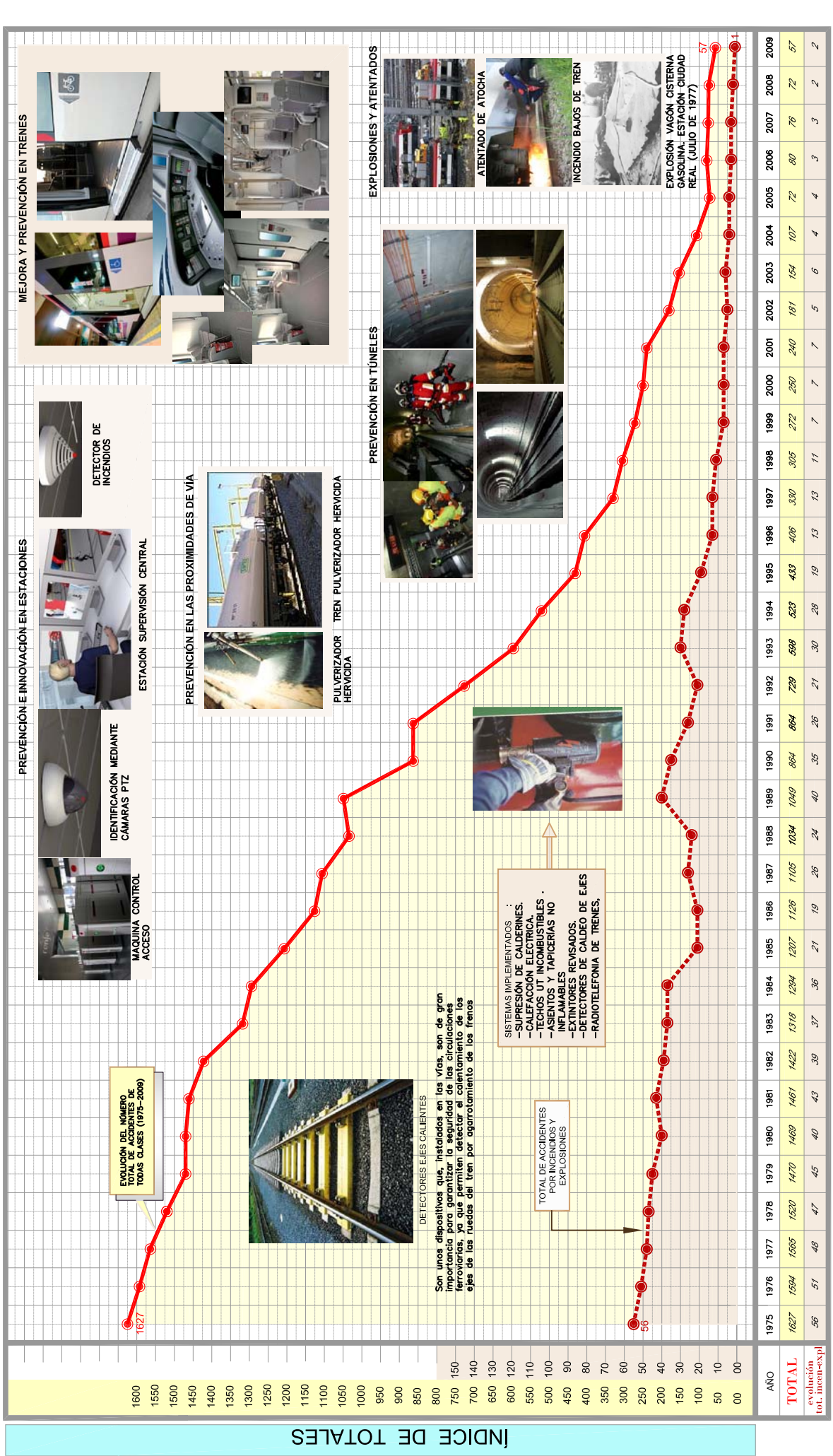
- El Autor no tiene conocimiento de ello.

7.3 Gráfica de la evolución del total de accidentes por incendios y explosiones

En la página siguiente expondremos una gráfica GR-8 de la evolución de los accidentes totales ocurridos entre 1975 y 2009 de todas las clases (color rojo) y en su parte inferior la gráfica correspondiente a la componente relativa a incendios y explosiones.

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES POR INCENDIOS Y EXPLOSIONES



EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES POR INCENDIOS Y EXPLOSIONES (1975-2009)



DETECTORES EJES CALIENTES

Son unos dispositivos que, instalados en las vías, son de gran importancia para garantizar la seguridad de las circulaciones ferroviarias, ya que permiten detectar el calentamiento de los ejes de los ruedas del tren por agotamiento de los frenos

- SISTEMAS IMPLEMENTADOS :
- SUPRESIÓN DE CALDERINES.
 - CALEFACCIÓN ELÉCTRICA.
 - TECHOS UT INCOMBUSTIBLES .
 - ASIENTOS Y TAPICERÍAS NO INFLAMABLES
 - EXTINTORES REVISADOS.
 - DETECTORES DE CALDEO DE EJES
 - RADIOTELEFONÍA DE TRENES.

TOTAL DE ACCIDENTES POR INCENDIOS Y EXPLOSIONES



MEJORA Y PREVENCIÓN EN TRENES



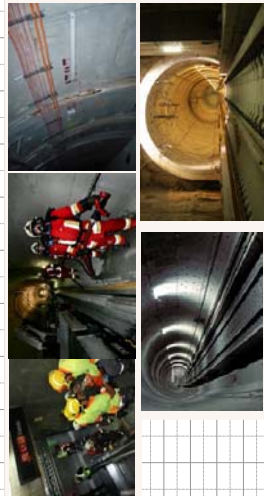
PREVENCIÓN E INNOVACIÓN EN ESTACIONES



PREVENCIÓN EN LAS PROXIMIDADES DE VÍA

PULVERIZADOR TREN PULVERIZADOR HERVICIDA

PREVENCIÓN EN TÚNELES



EXPLOSIONES Y ATENTADOS



ATENTADO DE ATOCHA

INCENDIO BAJOS DE TREN

EXPLOSIÓN VAGÓN CISTERNA GASOLINA - ESTACIÓN CIUDAD REAL (JULIO DE 1977)

Al mismo tiempo en la gráfica podemos ver aquellas actuaciones más sobresalientes que han contribuido a la reducción del número de accidentes por este concepto y en la figura 7.9 las características de un túnel en el que ya se han aplicado las normas Ministeriales de Instrucción para la Seguridad en Túneles Urbanos (ISTF).

Entre las medidas aplicadas que han resultado de gran eficacia destacamos:

- Supresión de vagones calderines
- Implantación de la calefacción eléctrica
- Techos de unidades de tren y paredes laterales incombustibles
- Asientos y tapicerías no inflamables
- Extintores revisados en el coche en su alojamiento
- Detectores de caldeo de ejes
- Radiotelefonía de trenes

7.4 Examen del problema y acciones preventivas

a) La seguridad contra incendios en una red ferroviaria

Esta seguridad se consigue mediante una mezcla de planificación adecuada, procedimientos y sistemas que se integran para garantizar unas condiciones óptimas de protección de la vida y la propiedad contra los efectos del fuego.

b) Características de los incendios en trenes.

Los vehículos ferroviarios actualmente en servicio están contruidos de acuerdo con el estado de la técnica en el momento de su aparición. Cumplen con un gran número de diversas exigencias en una relación equilibrada. En la figura 7.7 podemos ver los efectos de un incendio en el interior de un coche, antes de aplicar las normas actuales, probablemente es de los años 60-65.



Fig. 7.7 Efectos de un incendio en el interior de un coche. José Miguel La Costa. C.A.F.

Fuente: Artículo en Internet de los estudios de C.A.F sobre prevención de incendios

Los coches motores sufren la mayoría de los incendios. Las causas principales suelen ser exceso de grasa y aceite, mezclados con suciedad y polvo procedentes de un cojinete sobrecalentado, explosiones de interruptores, disyuntores y conmutadores de AxT. Debido a su alto punto de inflamación, el gasoil raramente prende. Incluso si hay numerosas fuentes potenciales de incendio en unidades o en locomotoras, una de las más frecuentes suele ser el goteo de combustible procedente de soldaduras rotas de los tubos de combustible situados encima de partes calientes o con movimiento.

Tales fuegos son normalmente localizados y muy raramente ocasionan daños si son detectados y combatidos por personal entrenado en una etapa inicial. Limpieza e inspección regular son las precauciones más efectivas contra incendios en este terreno.

c) Experiencias de análisis

De las experiencias obtenidas en diversos ferrocarriles europeos, y de los propios análisis de C.A.F., se pueden establecer hasta ahora las siguientes afirmaciones:

- En los coches actuales es difícil que los propios equipos del vehículo sean el origen de incendios.
- Los vehículos son puestos en situación de peligro, sobre todo por acciones incendiarias intencionadas.
- La limpieza y el mantenimiento son elementos fundamentales para evitar el desarrollo y propagación de unos incendios en el interior de los coches.

- Los coches cuya estructura interior es a base de departamentos presentan un mejor comportamiento al fuego que los de tipo abierto
- Un incendio en la zona de viajeros tiene casi siempre como consecuencia la pérdida de todo el vehículo si no se apaga entre los tres y los cinco primeros minutos
- Hasta la llegada de los bomberos, el incendio se habrá extendido tanto que para combatirlo será necesario emplear agua.
- Los incendios en túneles presentan las situaciones más difíciles, porque la evacuación de los pasajeros y de la tripulación se produce en espacios muy limitados.

d) Actuaciones sobre las estructuras.

Las estructuras resistentes de los vehículos, actualmente de acero, (hasta la actualidad se aplicaban de acero o no), dan mucha mejor garantía de seguridad, tanto en este material como en aluminio.

La disponibilidad cada vez mayor de nuevos materiales, junto con las crecientes exigencias de reducción de peso del vehículo por razones de ahorro energético, aumento de velocidad sin aumento de peso y disminución de los problemas de corrosión y mantenimiento favorece la prevención de incendios con estructuras ligeras.

e) Otras actuaciones: Reconocimiento previo del material. Las mejoras en el mantenimiento.

La caja de grasa es el órgano sobre el que se fijan los soportes o ballestas que soportan el bastidor del vehículo transmitiendo la carga a la parte final del eje de la rueda (mangueta). En este caso lleva un cojinete de rodamientos cilíndricos lubricados con grasa. En la Figura 7.8 podemos ver su aspecto exterior de la misma.

Los detectores de temperatura de caja de grasa y ejes calientes son instalaciones situadas en plena vía y que actúan en ambos sentidos de la marcha. Permiten conocer el sobrecalentamiento de las cajas de grasa y de las ruedas al paso de los vehículos motores y remolcados. La información de las temperaturas obtenidas en el punto de supervisión de la vía se transmite automáticamente a un registrador donde se obtienen gráficamente o a través de impresora las condiciones técnicas de todas las cajas de grasa y ruedas del tren.



Fig. 7.8. Caja de grasa de vagón

Fuente: Prof. D. Andrés López Pita A. Infraestructuras ferroviarias. Material motor

La información obtenida es transmitida al equipo registrador situado en el Control de Tráfico Centralizado, que produce una señal de alarma cuando la temperatura detectada rebasa los límites previamente determinados, a partir de los cuales se considera que existe riesgo.

Una caja de grasa caliente puede dar lugar a una rotura de mangueta y ésta al desequilibrio y descarrilamiento de un vagón. Los expertos de los administradores de infraestructuras, las empresas ferroviarias y los fabricantes de material rodante, junto con los científicos especialistas, reunidos en el Grupo de Trabajo sobre las ETI durante el período 2003-2005, iniciaron una selección estudiando estas recomendaciones de mejores prácticas.

Como los expertos de la UIC y la UNECE, los de la AEIF consideraron que el punto fuerte del ferrocarril está en la prevención de accidentes. Generalmente, las medidas preventivas ofrecen una mejor relación coste-eficacia que las de mitigación o rescate. La mejor manera de conseguir una seguridad óptima a un coste razonable es una combinación de medidas preventivas y paliativas completada con medidas de auto-rescate y rescate

A continuación se inserta un mapa de la Red Ferroviaria, figura 7.9, con la instalación de detectores de caldeo que han contribuido con eficacia a la prevención de incendios por dicha

causa facilitando la rápida detección de los mismos en su fase inicial y las actuaciones especializadas de los bomberos después de ser requeridos.

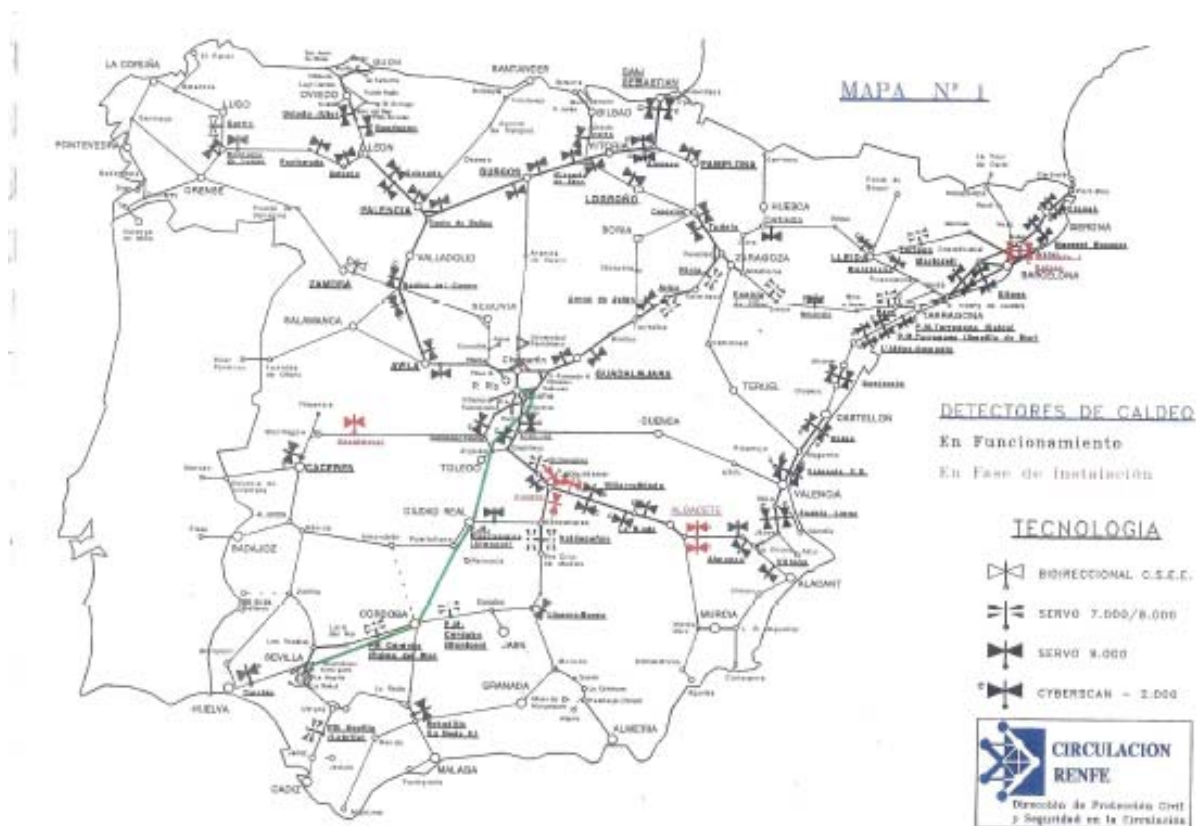


Fig. 7.9 Mapa de ubicación de detectores de caldeo en la Red

Fuente: Dirección de Protección Civil y Seguridad en la Circulación RENFE. Información profesional disponible del autor

7.5 Prevención de incendios en estaciones

Dada la diversidad de tipos de estaciones que en la red convencional y en el periodo de estudio han estado clasificadas por grupos del 1 al 4, por ejemplo Barcelona-França, Madrid-Príncipe Pio, Madrid-Atocha por señalar algunas han correspondido al grupo 1. Port Bou, Lleida, Guadalajara, Venta de Baños, al grupo 2, Manresa, Vic, Calatayud, al grupo 3 y las más simples como pueden ser, Gavá, Sigüenza, Torralba, al grupo 4, tienen distintos riesgos de incendio y explosión en función de los tráficos que realizan que pueden ser de viajeros y mercancías o solo viajeros.

En los casos más sencillos como pueden ser las de estaciones de 4º grupo normalmente fueron dotadas de extintores manuales para uso del personal formado para el caso de inicio de incendio y si además tenían servicio de mercancías de paquetería o vagón completo ya eran dotadas de medios adicionales como carros extintores o en algún caso de tubería de agua para extinción de incendio.

En estaciones de grupos superiores dotadas de sistemas de venta electrónica o instalaciones de circulación complejas previo estudio de riesgos y proyecto han sido dotadas según los casos de sistemas de alarma, de detección de humos, de extinción automática de incendios con rociadores y en el caso de grandes estaciones de mercancías y en particular de contenedores o de materias peligrosas, con tuberías continuas de agua a presión y sistemas de extinción adecuados para inflamables a disposición de los servicios de bomberos de la localidad, según el plan de contingencias establecido.

Modernamente con la ampliación de los túneles urbanos de las grandes ciudades y los riesgos de incendios en túneles ya existen en los mismos bocas de incendio equipadas y tuberías continuas de alta presión para actuaciones inmediatas que como se sabe son de gran importancia para el control inicial del fuego.

A título de ejemplo se inserta a continuación en la tabla 7.1 siguiente las clases de protecciones que como mínimo se aplican a una red subterránea de ferrocarriles y metros sin perjuicio de los sistemas de evacuación a realizar en caso de emergencia que se desarrollaran en el punto siguiente y que son instalaciones de construcción relativamente reciente pues se remontan a principios de los años 1990 como consecuencia de disposiciones de protección civil y seguridad decretadas por el Gobierno para un mayor rigor en la atención a estos riesgos y también en base a malas experiencias registradas en el ferrocarril con ocasión de incendios en túneles.

A continuación se inserta una tabla sencilla de elaboración propia del autor para definir los medios previstos de actuación en caso de incendio según la disponibilidad de los mismos, tabla 7.1.

Tabla 7.1 Medios de extinción

MEDIO DE EXTINCIÓN INSTALADO	EQUIPO	MEDIO DE EXTINCIÓN INSTALADO	EQUIPO
Extintores manuales		Sistema automático de extinción (radiadores)	
Carros extintores de gran capacidad		Tubería continua de agua a presión para combatir el fuego	
Manta apaga fuegos		Detección de humos	
Hidratantes		BIE's	
Motobombas		Sistema automático de alarma	

7.6 Prevención de Incendios en las proximidades de la vía

El objetivo fundamental del control de la vegetación en las infraestructuras ferroviarias se centra en la prevención de riesgos de cara a la explotación segura del ferrocarril, lo que incluye prevención de incendios (RENFE 1997) y de accidentes laborales, mejora de la visibilidad y mantenimiento ecológico de la infraestructura de la vía. El desarrollo de tallos y raíces en el balasto dificulta la rápida evacuación de las aguas de lluvia a través de este, a la vez que los residuos de la descomposición de los vegetales que brotan en él, van rellenando los huecos que lo componen, llegando a colmatarlo.

Como consecuencia se produce una desestabilización progresiva de la plataforma de la vía que conduce a su desnivelación. Por ello, desde los inicios del ferrocarril, las administraciones ferroviarias se han preocupado de forma constante de la eliminación de la vegetación no deseada de las infraestructuras ferroviarias, desarrollando diferentes sistemas para su

erradicación, entre los que destaca el control integral de la vegetación por métodos químicos, dado que hasta momento es el que ofrece la mayor eficacia y rentabilidad.

En la figura 7.10 podemos ver una vía tratada con estos productos.



Fig. 7.10 Vía tratada con productos herbicidas

Fuente: Web RENFE, prevención de incendios en las proximidades de la vía

El control de la vegetación se ejerce con el desherbado químico, limpieza mecánica, recogida de desechos en infraestructuras ferroviarias. El desherbado químico se realiza básicamente con trenes herbicidas aunque la función principal de estas composiciones es mantener libre de vegetación, hierbas, arbustos, matorrales la caja de la vía y sus proximidades, figura 7.11, para reducir riesgos y minimizar los daños derivados de los incendios que de forma accidental puedan producirse en las proximidades de las líneas ferroviarias.

Dos campañas anuales. Esta actividad se desarrolla en dos campañas la de primavera se extiende prácticamente a toda la red ferroviaria mientras que la de otoño tiene como misión insistir en los puntos donde se requiere mayor eficacia. Los riegos abarcan un ancho de siete metros cuando se trata de vía única o de seis metros cuando esta es doble.



Fig. 7.11 Prevención de incendios por desherbado.

Fuente: ADIF. Revista TRENES. Mayo 2009. Tren herbicida

Esta actuación requiere realizar cada primavera inversiones específicas pues deben prepararse las infraestructuras para el periodo estival y para dar un orden de magnitud en el año 2011 ha sido del orden de 15 millones de euros.

El control de la vegetación en las infraestructuras ferroviarias por métodos químicos se lleva a cabo mediante trenes herbicidas, equipados con sistemas de pulverización que permiten realizar el tratamiento químico en todos los elementos que componen el dominio de aplicación, pudiéndose efectuar tratamientos generales o selectivos.

Los métodos herbicidas.

Los herbicidas son sustancias químicas capaces de parar bruscamente o inhibir el desarrollo o la actividad vital de los vegetales, mediante el ataque a una o más funciones vitales. Cuando el tratamiento a realizar corresponde a la continuación de campañas anteriores, las características de la zona y de su vegetación son conocidas, al igual que los parámetros de la aplicación que fueron determinados en anteriores procesos.

Los trabajos de aplicación se realizan con los equipos y productos químicos asignados para el tratamiento herbicida, de acuerdo con la documentación entregada en la fase anterior. Los equipos de aplicación realizan las operaciones necesarias para la correcta ejecución de los trabajos en concordancia con las instrucciones recibidas, pudiendo realizar cambios sobre las mismas en función de imprevistos climatológicos, previa consulta con la dirección.

La gran mayoría de los tratamientos se realizan desde trenes herbicidas. Cada uno de estos presenta una composición formada por los siguientes elementos: centro productor herbicida, centro de almacenamiento de productos herbicidas, uno o varios centros de almacenamiento de agua y un centro de acompañamiento.

Los ferrocarriles encaran un problema de diversidad de especies vegetales y suelos, quizás más complejo que el pueda tener otro sector, como la agricultura o la industria. Consiste en que cada pocos metros de recorrido se producen grandes variaciones tanto en los tipos, densidad, grado de implantación y desarrollo de las especies vegetales, como en las características del suelo soporte de las mismas. Para dominar tales fluctuaciones, la técnica de

aplicación debe ser capaz de proporcionar rápidos cambios en el tipo de mezcla herbicida a utilizar. Por otro lado, el programa del tratamiento debe ser distinto en dirección longitudinal y en la sección transversal de la vía, lo que mejora la selectividad del control químico de la vegetación. En la figura 7.12 podemos ver las características de un tren herbicida.



Fig. 7.12 Tren herbicida y sistemas de control y registro
Fuente: ADIF. Revista TRENES. Mayo 2009. Tren herbicida

7.7. Prevención de incendios en túneles urbanos. Norma ISTF

La Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil, por primera vez integra la legislación sobre protección civil en el marco de la Constitución Española aprobada en 1978. Tal como dice en la exposición de motivos de la citada Ley: “la Protección Civil constituye la afirmación de una amplia política de seguridad, que encuentra actualmente su fundamento jurídico, dentro de la Constitución, en la obligación de los Poderes Públicos de garantizar el Derecho a la Vida y a la Integridad Física, como primero y más importante de todos los Derechos Fundamentales”.

A partir de la entrada en vigor de la Ley indicada RENFE adoptó las disposiciones oportunas para implementar en su organización la Dirección de Protección Civil y Seguridad que se integró en principio como Gerencias de Riesgos, en las Direcciones de Zona y posteriormente en la UNE de Circulación. La figura 7.13 agrupa las disposiciones relacionadas con la Protección Civil.



Fig. 7.13 Conjunto de disposiciones vigentes relativas a Protección Civil Ferroviaria

Fuente: ADIF. Plan de Autoprotección. Internet

Dentro de las actividades encomendadas, estaba la seguridad en el transporte abarcando por una parte las estaciones con sus riesgos diversos entre ellos el de incendios, también la línea con los riesgos de transporte de mercancías peligrosas, seguridad en los túneles urbanos y por otra parte la actuación procedente en casos singulares de amenazas de atentados o de producción de los mismos.

Como en los años siguientes se produjeron varias incidencias por incendios en túneles urbanos, se examinó la situación general de la protección de estos y se realizaron proyectos en orden a construir salidas de emergencia para la evacuación de los túneles en caso de incendio u otra eventualidad que pudiera requerirlo. Así, en primer lugar las grandes poblaciones en primer lugar con longitudes totales de túneles entre 20 y 30 kms según los casos fueron objeto de las primeras actuaciones constructivas que se desarrollaron en un año aproximadamente.

A título de ejemplo fueron dotados de salida de emergencia los 18 kms de túneles de Barcelona con salidas en Av. Roma, Plaza Letamendi, Paseo San Juan, Vila Olímpica, Can Dragó en San Andrés Arenal, en Sabadell, Lleida y Zaragoza además de Madrid por supuesto y algunas otras grandes ciudades de toda España.

Los apeaderos y estaciones dentro de los túneles son considerados salidas de emergencia naturales dentro de la red de túneles y entre ellos se ubicaron las salidas de emergencia de forma que entre unas y otras la mayor distancia fuera de 500 m desde el punto más desfavorable a la boca de salida.

Los túneles ya disponían de alumbrado permanente a lo largo de ellos pero además fueron dotados de alumbrado de emergencia de características idóneas en cuanto a capacidad de penetración en humos y también instalado a baja altura respecto al nivel de la vía teniendo en cuenta el comportamiento habitual de los humos en caso de incendio que suelen tardar unos 6 minutos en descender a la altura del plano de rodadura indicado permitiendo así orientarse en los primeros minutos para alcanzar las puertas en el túnel que dan acceso a la salida de emergencia.

Además los túneles en sus laterales tienen pintada una señalización blanca de dirección que indica donde se encuentra la salida de emergencia más próxima. Llegados a la parte interior de la doble puerta de salida de emergencia ya se considera la zona segura y a través de unas escaleras y una trampilla metálica de rejilla a nivel de calle puede conseguirse tanto la salida de los viajeros como el acceso de bomberos, sanitarios y medios de auxilio que ya habrían sido oportunamente avisados

En la figura 7.14 podemos ver una sección de dicha salida incluyendo el túnel y la escalera de salida a la calle.

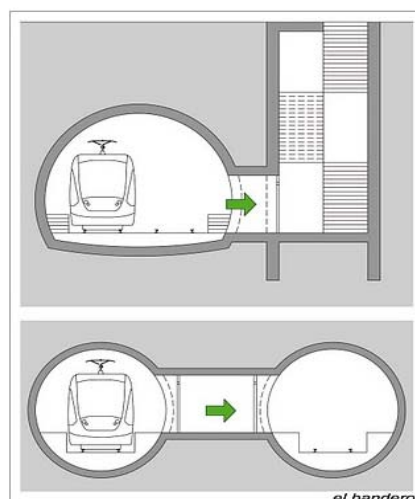


Fig. 7.14 Pasarelas y salida de emergencia. Galería de comunicación de túneles gemelos
Fuente: RENFE. Salidas de emergencia de túneles. Plan de Autoprotección

En los nuevos túneles la normativa de Instrucción de Seguridad para Túneles Ferroviarios y las Normas de la Especificación Técnica de Interoperabilidad de la CE ya establecen que se deben construir unas pasarelas laterales de dimensiones determinadas para facilitar el acceso desde el punto kilométrico donde se detiene el tren hacia la salida de emergencia más

próxima. En el caso de túneles gemelos se dispone también cada 250 metros de una galería de comunicación entre ambos tubos de forma que cada uno de ellos actúa como zona segura del otro.

En las fotografías de la figura 7.15 que se insertan a continuación podemos ver una salida de emergencia.



Fig. 7.15 Salida de emergencia, exterior la calle e interior

Fuente: Elaboración propia del autor en Barcelona en visita de seguridad

A la izquierda la parte de rejilla basculante y que puede elevarse desde el interior mediante barra antipático y desde el exterior acceso con llave maestra de la que disponen los bomberos y servicios de emergencia. Periódicamente se realizan simulacros de evacuación para mantener la disciplina y protocolos de ayuda en caso necesario.

A la derecha puede verse la puerta que da acceso a la vía y desde la cual hasta la calle se considera zona segura y la escalera de ascenso/descenso a la calle. En la mencionada puerta existe también un teléfono cabeza-cola para las comunicaciones entre la puerta del túnel y la trampilla de salida a la calle para comunicación de los bomberos. En alguna de las salidas de emergencia existe instalado un montacargas para caso de elevar camillas.

La Norma Básica de Protección Civil, aprobada por el Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, como complemento y desarrollo de la Ley 2/1985, de 21 de enero, sobre Protección Civil, incluyó entre los riesgos susceptibles de originar una situación catastrófica, y que por ello debían ser objeto de planificación especial, el concerniente al transporte de mercancías peligrosas por carretera y ferrocarril, debido a la posibilidad de que se produzca un accidente de circulación por carretera o ferroviario en el que se encuentren involucradas mercancías catalogadas como peligrosas, y puedan generar consecuencias desastrosas para la vida y la

integridad física de las personas y para el conjunto de elementos vulnerables situados en el entorno de la vía en que tales hechos se produzcan.

Norma ISTF 2005

Este Proyecto de Instrucción Técnica del Ministerio de Fomento concreta los criterios y requisitos de seguridad de los túneles ferroviario tanto técnicos como de organización para las distintas fases de proyecto, construcción y explotación de los mismos.

Contenidos

En el Capítulo I la Norma establece las disposiciones comunes referidas al objeto, ámbito y marco jurídico. En el Capítulo II se definen las bases conceptuales y los criterios generales para la clasificación y organización del control de la seguridad en los túneles atribuyendo al titular y en su caso al administrador de la infraestructura el cumplimiento de las Normas de prevención, protección y seguridad en todas las fases ya mencionadas en el párrafo anterior. Figura 7.16.



Fig. 7.16 Página de la Norma Básica de Autoprotección.

Fuente: RENFE Dirección de Seguridad

En el Capítulo III se analizan posibles riesgos indicando causas, efectos y medidas de protección asociadas con objeto de que sirvan de referencia en cada etapa. En los Capítulos IV y V se definen los criterios y requisitos técnicos a incluir en el Proyecto de obra civil de las instalaciones en cada una de las fases. En el Capítulo VI se recogen los criterios para la gestión de la seguridad en la explotación en particular relacionadas con el Plan de Autoprotección.

El Plan de Autoprotección contempla también la participación del personal en la medida de sus capacidades y responsabilidades en las situaciones de emergencia en las que deba asumir las funciones que le sean asignadas. Figura 7.17.



Fig. 7.17 Página de la Norma Básica de Autoprotección de RENFE.
Fuente: Dirección de Seguridad

7.8 Conclusiones

El resumen de las medidas adoptadas en el periodo 1975-2009 que se condensa en la tabla 7.2 que se inserta a continuación nos permitirá establecer las principales actuaciones que han resultado más eficaces en la labor realizada por la Administración y RENFE-ADIF para la prevención de incendio. En la tabla se disponen 3 columnas, la de la izquierda para el lugar donde se aplica la prevención, en el centro los distintos medios aplicados a cada lugar y a la derecha la etapa o año aproximado en que fue aplicada la prevención.

Tabla 7.2 Resumen de prevención de incendios y explosiones

LUGAR DE PREVENCIÓN	MEDIOS APLICADOS	ETAPA DE APLICACIÓN
EN TRENES	<ul style="list-style-type: none"> - Mejora Normas de construcción - Supresión calefacción por calderines - Sistemas de protección eléctrica normativos - Calefacción eléctrica protegida de residuos combustibles - Techos, asientos y materiales ignífugos - Dotación de extintores manuales - Prohibición de fumar - Aplicación Normativa más rigurosa en los años 1975-1985. 	<p>Años 1970-1980 Id Id 1980-1990 Id 1970 2000 En curso de aprobación</p>
EN LAS ESTACIONES	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza esmerada de residuos - Detectores de incendios - Extinción automática - Prohibición de fumar 	<p>1970 1970 2000 2000</p>
EN LAS PROXIMIDADES DE LA VÍA	<ul style="list-style-type: none"> - Desherbado de la vía - Tren herbicida. 2 Actuaciones anuales - Prevención chispas frenado - Prevención chispas pantógrafo - Evitar lanzar colillas asociado a la prohibición de fumar en el tren 	<p>1970 Id Id 1990 Id</p>
EN TÚNELES	<ul style="list-style-type: none"> - Limpieza de las vías y cunetas de residuos y combustibles - Prevención chispas frenado y pantógrafo - Prevención de derivaciones eléctricas - Cumplimiento de la INSTRUCCIÓN TÉCNICA DE SEGURIDAD TÚNELES FERROVIARIOS (ISTF 2008) y ETI EN VIGOR - Planes de autoprotección - Alumbrado de túneles - Salidas de emergencia y acceso servicios y señalización - Pasarelas de salida de emergencia BIE'S (bocas de incendio equipadas) 	<p>1970 1988 1995 2007 2005</p>
EXPLOSIONES	<p>Cumplimiento de la Normativa de materias peligrosas. Instrucción General nº 43</p>	<p>1970 y normativa anterior</p>
ATENTADOS	<p>Prevención Gubernativa. Cumplimiento de instrucciones oportunas exacto, en su caso</p>	<p>En cualquier momento en que se reciban</p>

Como observaciones deducidas de la investigación realizada en las actuaciones preventivas sobre este tipo de accidentes el autor resume lo siguiente:

El mayor rigor de la normativa aplicada a las construcciones de material ferroviario aplicado en los años 1970, las condiciones ignífugas de los materiales, las mejoras en los sistemas eléctricos de circuitos de potencia y de control del material motor eléctrico (UT serie 440) y el diesel motivaron una notable reducción de accidentes por incendio entre 1975 y 1990,

consolidándose esta labor con los criterios aplicados a las series 446, 447, 450 y otras así como en las locomotoras 250, 251, 252 .

El mejor equipamiento progresivo en las estaciones de elementos de lucha contra incendios y la reducción del tipo de transporte de vagón completo en productos distintos de combustibles líquidos y paquetería así como los detectores y extintores automáticos han contribuido también a la reducción general de casos de incendios.

La planificación y actuación rigurosa del desherbado de la vía y de la aplicación de los productos herbicidas de la vía desarrollada cada vez con mayor rigor y calidad de productos con doble actuación anual unido al control del frenado y del mejor contacto pantógrafo-catenaria logrado por detección del tren auscultador de catenaria contribuyó eficazmente a la reducción de incendios en las proximidades de la vía.

Toda la actuación llevada a cabo en materia de seguridad en túneles y muy en particular en túneles urbanos en cuanto a prevención de incendios por una parte y en cuanto a medios de protección civil y evacuación por emergencia en caso necesario han contribuido a la reducción de casos de incendio en túnel que dan seguridad al viajero que percibe claramente la labor realizada.

Por todo ello, el autor considera que a la vista del conjunto de realizaciones y las actuaciones específicas para cada tipo de riesgo y los resultados logrados, muy satisfactorios, existe una correlación evidente entre dichas actuaciones específicas expuestas en este capítulo y la reducción de incendios y explosiones, lograda en el periodo 1975-2009.

8. ARROLLAMIENTO DE OBSTÁCULOS EN LA VÍA Y LA APLICACIÓN DE MEDIDAS PARA EVITARLOS

8.1. Definición de este tipo de accidente y de las variantes que engloba

El concepto de esta clase de accidente engloba a las diversas modalidades de colisiones contra obstáculos o el arrollamiento de los mismos por los trenes en la caja de la vía o en el gálibo del tren, tal como se describen a continuación.

Consideraremos varios casos que a continuación se enuncian y en el siguiente punto 8.2, se definen brevemente para poder aclarar mejor que tipología abarcan.

Como en capítulos anteriores después de puesto un ejemplo de cada uno de ellos para comprender la modalidad de la clase de accidente de que se trata se expondrán las medidas de prevención que se han aplicado, identificadas en la investigación realizada y la evaluación de las mismas al efecto de contribuir a una reducción continuada del conjunto de accidentes por arrollamiento de obstáculos.

Las modalidades, definidas en la Norma Técnica de accidentes e incidencias en la circulación que estaban vigentes en el periodo de estudio son las siguientes:

- Elementos y dispositivos del material rodante que caen a la vía y pueden ser arrollados.
- Vehículos de carretera o maquinaria caídos a la vía desde una carretera
- Los elementos de vía, comunicaciones, señales, enclavamientos y en general todos los correspondientes a la superestructura y la catenaria solamente si resulta arrollada por una locomotora diesel.
- Caída a la vía de rocas, piedras, árboles tierras, etc.
- Diplormys, moto clavadoras y calces no abatidos
- Los animales, excepto los que están en pasos a nivel.

- Los contenedores, toldos, cargamentos, elementos del vagón caídos sobre la caja de la vía y que no se conoce de que tren proceden.
- Los parachoques y la no existencia de parachoques, es decir cuando la vía muerta carece de topera.
- Las nubes por fuga o emanación de gas de una fábrica o conducción (gaseoducto).

8.2. Ejemplos y análisis de cada uno de los distintos casos

a) Elementos y dispositivos del material rodante que caen a la vía y pueden ser arrollados.

Uno de los elementos de los vagones que puede caer a la vía son las **cajas de grasa de los ejes** en caso de caldeo o calentamiento de la misma, como ocurrió el día 11 de noviembre de 2010⁴³, a las 01:35 horas en el PK 89+850 de la línea 300 Madrid Chamartín – Valencia Estació del Nord, entre las estaciones de Algemés y Benifaió, se produjo el descarrilamiento del tren de mercancías COX26, de la empresa ferroviaria RENFE Operadora.



b)

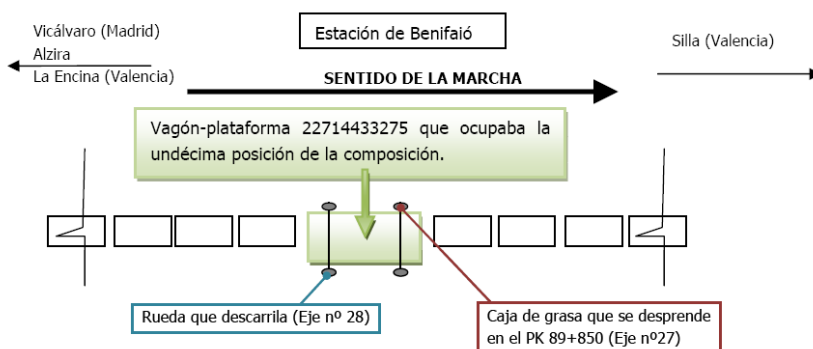


Fig. 8.1 Posición en el tren del vagón con la caja de grasa averiada y tipo de vagón

Fuente: Información de accidentes publicada por el Ministerio de Fomento (CIAC) en Internet

⁴³ El Autor incluye este caso, a pesar de que tuvo lugar el 11-11-2010 por dificultades de obtención de documentación relativa al periodo 1975-2009, aunque le consta que fueron numerosos.

Por efecto de la avería de calentamiento de la caja de grasa del vagón que ocupaba el 11º lugar por cabeza de la composición, en el sentido de la marcha se produjo la rotura de la mangueta sin que el tiempo disponible permitiera apartar el tren en la primera estación y segregar el vagón del tren.

Estos detectores facilitan información de las obtenidas en el punto de supervisión cuyos datos se transmite automáticamente a un registrador situado en el Puesto de Mando de la demarcación correspondiente de forma que el detector produce una señal de alarma al rebasar la temperatura unos límites previamente prefijados (superior a 72º C) detectando además los datos complementario de hora, ubicación y diferencia de temperaturas entre las dos cajas de grasa del mismo eje lo cual permite que el Puesto de Mando tome la decisión oportuna, que es generalmente segregar el vagón en la primera estación salvo que se produzca descarrilamiento, como en este caso que debido al descarrilamiento ha de acudir el Tren Taller o el de Gran Intervención según las consecuencias del mismo.

Este caso pone de relieve la importancia del mantenimiento del material tanto motor como remolcado y como complemento el control del funcionamiento en servicio en la vía con los detectores de caldeo que señalan irregularidades que precisan de intervención inmediata de los Puestos de Mando para apartarlos en una estación y someterlos a revisión – reparación de emergencia.

Medidas de prevención que ya se adoptaron durante el periodo de estudio para evitar este tipo de caídas de elementos a la vía:

En primer lugar se hizo un aumento de detectores de caldeo en la vía reduciendo la distancia entre ellos especialmente en aquellas líneas que por el número de trenes de mercancías mas lo precisaban.

En segundo lugar se intensificó la consistencia de las revisiones de cajas de grasa de los vagones y de las comprobaciones específicas que permiten prever en alguna medida un futuro calentamiento en función de un protocolo de máximo como se amplia a continuación.

Los detectores de caldeo se han instalado preferentemente en las líneas de la Red básica que es la que soporta la mayor parte del tráfico para prevenir accidentes en la misma y sus repercusiones en la alteración del tráfico.

c) Vehículos de carretera o maquinaria caídos a la vía desde una carretera.

La noche del 3 de enero de 2010, una persona resultó con heridas de carácter grave al caer el vehículo que conducía a la vía del tren, tras colisionar con otro vehículo en el municipio de O Porriño, en Pontevedra. Como consecuencia del impacto, uno de los vehículos se precipitó desde un puente de unos 15 m de altura a la vía del tren, por lo que el tráfico ferroviario quedó interrumpido durante dos horas, hasta que los operarios de ADIF retiraron el vehículo.

Figura 8.2.



Fig. 8.2 Caída a la vía de un vehículo desde la carretera

Fuente: Información de accidentes publicada por el Ministerio de Fomento (CIAC) en Internet

Medidas de prevención que se han adoptado durante el periodo de estudio para prevenir este tipo de caídas de elementos a la vía.

Se montaron guardarrailes en los puntos de la carretera de mayor riesgo. El guardarraíl es un elemento de protección de seguridad vial pasiva, colocado a los lados de la vía de carretera, para separar calzadas de sentido contrario, o en tramos peligrosos para impedir que los vehículos se salgan de la vía o puedan chocar con elementos más peligrosos que la misma barrera. Algunos poseen reflectores incorporados.

Existen modelos incluso forrados de madera, para tramos con categoría de parques naturales o similares. Figura 8.3.



Fig. 8.3 Guardarrail para protección de salidas de la carretera

Fuente: Información de accidentes publicada por el Ministerio de Fomento (CIAC) en Internet

Estos protectores de caída de los vehículos son eficaces pero habían creado serios problemas en casos de accidentes de motos en que el conductor sale proyectado contra ellos y los soportes verticales del guardarrais han causado traumatismos gravísimos e incluso amputaciones de miembros. No obstante dotados de una plancha que cubre dos soportes consecutivos aminora los efectos traumáticos de la caída si bien el golpe es inevitable.

d) Los elementos de vía, comunicaciones, señales, enclavamientos y en general todos los correspondientes a la superestructura y la catenaria solamente si resulta arrollada por una locomotora diesel.

El tren de larga distancia 5182 del día 27 de julio de 2011 con origen en la estación de Madrid Puerta de Atocha y destino Alicante Término al efectuar el paso por el Puesto de Control Auxiliar de Ocaña entre Valdemoro y Vilarrubia, se produjo el desprendimiento de la rejilla de ventilación del último coche del convertidor de cola y como consecuencia golpeó y rompió la cabeza de la señal avanzada de dicho PCA nº 694.

Efectuadas las correspondientes investigaciones en el taller de mantenimiento de dicho coche se constató que este tren había sido objeto de operaciones de mantenimiento en Madrid Fuencarral, de forma que la rejilla antes mencionada no quedó fijada de forma correcta rompiéndose los goznes y provocando el desprendimiento de la misma que como antes se ha indicado golpeó la señal yendo a parar a la vía y siendo arrollada posteriormente. Figura 8.4.

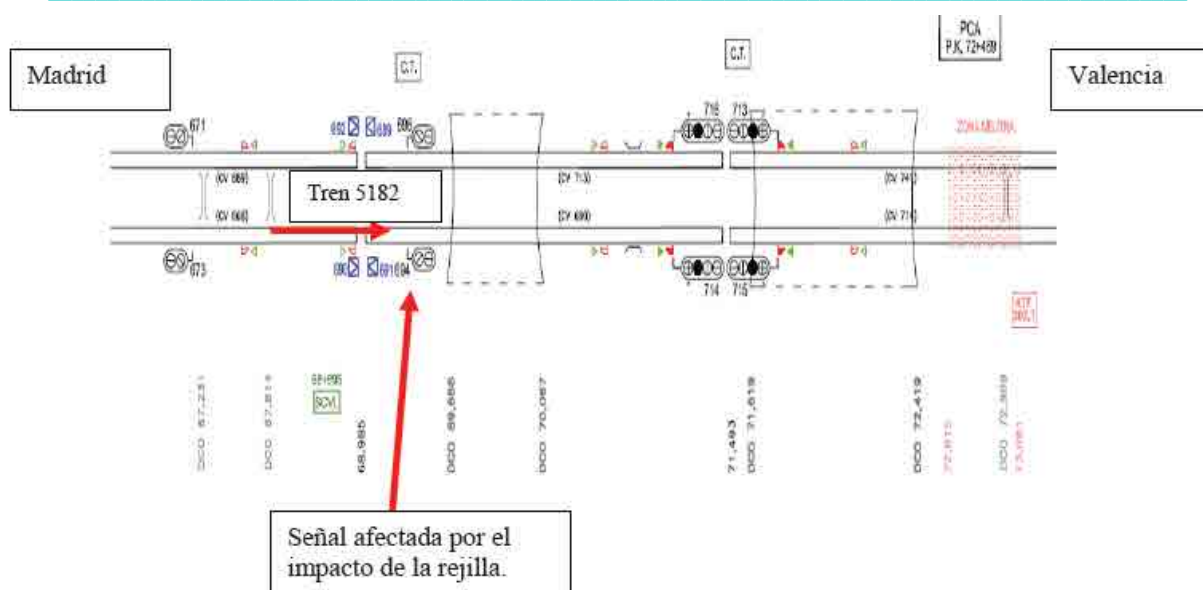


Fig. 8. 4 Esquema del tramo de la línea donde se produjo el hecho

Fuente: Información de accidentes publicada por el Ministerio de Fomento (CIAC) en Internet

Como consecuencia de la investigación se adoptaron medidas de taller para evitar la repetición de los hechos.

Esta clase de arrollamiento de obstáculos como consecuencia de una operación de mantenimiento incorrecta pone de relieve la necesidad de realizar este con la máxima corrección y verificación posterior, pues una deficiencia en el mismo puede provocar un accidente de consecuencias imprevisibles.

Medidas de prevención que se han adoptado durante el periodo de estudio para prevenir este tipo de caídas de elementos a la vía.

Aumento de consistencia de las revisiones a locomotoras y vagones para prevenir las averías que podrían producirse en ruta.

El mantenimiento en el tiempo de las características del material rodante debe ser asegurado por la puesta en práctica de un **dispositivo de mantenimiento**. Conjunto de medios humanos, organizativos, materiales (piezas de repuesto y utillajes) e inmateriales (documentación técnica y software) necesarios para la concepción, la realización, el seguimiento y la mejora del

mantenimiento conforme a las prescripciones de la UIC (Unión Internacional de Ferrocarriles) bien definidas y especificadas.

e) Caída a la vía de rocas, piedras, árboles tierras, etc.

Esta causa aparece en las estadísticas como una de las más repetitivas y de efectos muy variables. En función de que el maquinista al advertir el obstáculo tenga distancia de frenado suficiente para detener el tren o no. A título de ejemplo reseñamos un accidente ya antiguo pero de plena actualidad en cuanto a riesgo en la zona que se indica a pesar de haberlo eliminado en e tramo al que se aplicó la solución de túnel artificial.

Ejemplo: Arrollamiento de una piedra caída a la vía por un tren de Cercanías entre las estaciones de Sitges y Vallcarca el miércoles día 21 de octubre de 1981.

En la madrugada del día 21 de octubre, las lluvias habían producido un corrimiento de tierras en un talud de la vía desprendiéndose una piedra que cayó en la caja de la vía y al llegar al punto kilométrico 647/700, poco después de pasar el túnel 96 y en una zona donde la vía férrea queda encajonada entre una pared de piedra y roca, y un acantilado, el tren chocó contra la piedra de más de un metro cúbico que desprendida del talud, había quedado junto al carril derecho de la vía.

A raíz del golpe se produjo el descarrilamiento del tren y el choque contra el hastial derecho de la boca del túnel quedando empotrado ya dentro del túnel. El accidente se produjo en un lugar aislado no visible desde la carretera y debido a este aislamiento uno de los viajeros se desplazó a la estación de Vallcarca, para solicitar ayuda.

A continuación se inserta en la figura 8.5 una fotografía de la zona de la costa entre Sitges-Vallcarca donde se produjo el accidente, reflejándose también la zona donde se construyó el túnel artificial.

Posteriormente RENFE, en previsión de otro tipo de accidente similar y dado el elevado riesgo de la zona construyó un túnel artificial que en caso de caída de piedras caigan en su cubierta o directamente al mar según sus dimensiones y trayectoria de desprendimiento.



Fig. 8.5 Costas del Garraf. Zona del accidente y túnel artificial construido posteriormente
Fuente: Elaboración propia del autor que tuvo encargada la investigación del accidente

Estabilidad de taludes.

La teoría de estabilidad de taludes estudia la estabilidad o posible inestabilidad de un talud a la hora de realizar un proyecto, o llevar a cabo una obra de construcción de ingeniería civil, siendo un aspecto directamente relacionado con la geotecnia. La inestabilidad de un talud, se puede producir por diversas razones:

- **Razones geológicas:** laderas posiblemente inestables, orografía acusada, estratificación, meteorización, etc.
- **Variación del nivel freático:** situaciones estacionales, u obras realizadas por el hombre.
- **Obras de ingeniería:** rellenos o excavaciones tanto de obra civil, como de minería.

Los taludes además serán estables dependiendo de la resistencia del material del que estén compuestos, los empujes a los que son sometidos o las discontinuidades que presenten. Los taludes pueden ser de roca o de tierras. Ambos tienden a estudiarse de forma distinta.

(b) Desprendimientos o desplomes

Desprendimientos o desplomes son movimientos de inestabilidad producidos por falta de apoyo, englobando a una escasa cantidad de terreno. Suele tratarse de rocas que caen por una

ladera, debido a la pérdida del apoyo que las sustentaba. Entre los desprendimientos o desplomes, se puede incluir el caso del desplome de una columna rocosa en un acantilado, debido a la erosión en la base del mismo pueden ser ocasionados por la naturaleza o por las personas.

Corrimientos

Son movimientos que afectan a una gran cantidad de masa de terreno. Un tipo particular de corrimiento de tierra son los deslizamientos, que se producen cuando una gran masa de terreno o zona inestable, desliza con respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno de pequeño espesor. Los deslizamientos se producen cuando en la franja se alcanza la tensión tangencial máxima en todos sus puntos. Estos tipos de corrimiento son evitables mediante una actuación de ingeniería. Sin embargo, los siguientes no lo son:

- **Un flujo de arcilla** : generalmente expansiva, se produce en zonas muy lluviosas afectando a zonas muy grandes. Los terrenos arcillosos, al entrar en contacto con el agua, se comportan como si alcanzasen el límite líquido, y se mueven de manera más lenta que los deslizamientos. Se da en pequeñas pendientes, pero en gran cantidad.
- **Licuefacción**: se da en zonas de arenas limosas saturadas, o en arenas muy finas redondeadas (loes). Debido a la gran cantidad de agua intersticial que presentan, las presiones intersticiales son tan elevadas que un seísmo, o una carga dinámica, o la elevación del nivel freático, pueden aumentarlas, llegando a anular las tensiones efectivas. Esto motiva que las tensiones tangenciales se anulen, comportándose el terreno como un «pseudo líquido». Se produce, entre otros terrenos, en rellenos mineros.
- **Reptación**: movimiento muy lento que se da en capas superiores de laderas arcillosas, de en torno a 50 centímetros de espesor. Está relacionado con procesos de variación de humedad estacionales. Se manifiestan en forma de pequeñas ondulaciones, y suelen ser signo de una posible futura inestabilidad generalizada.

f) *Diplorlys, moto clavadoras y calces no abatidos*

Los diplorlys como es conocido son unos soportes constituidos por dos vigas transversales a la vía y apoyados sobre dos ruedas por cada lado de manera que con dos elementos de esta clase pueden transportarse carriles o traviesas de un punto a otro de la línea sin más que apoyarlos encima y empujarlos. Si se está operando con ellos y no fueran retirados con tiempo al paso de un tren pueden ser arrollados y generar un accidente de proporciones imprevisibles. En la figura 8.6 podemos ver una pareja de diplorlys.



Fig. 8.6 Diplorlys equipados de vía⁴⁴

Fuente: PROFERR Producciones Ferroviarias S.L. Catálogo de Internet

Las moto clavadoras utilizadas para clavar tirafondos roscando tienen un parecido a una carretilla con dos brazos y un pequeño motor capaz de clavar o desclavar un tirafondo en un tiempo mínimo y tienen el aspecto de la figura 8.7. Pueden y deben ser retiradas de la vía con tiempo suficiente cuando se reciba aviso del paso de un tren.



Fig. 8.7 Clavadora de tirafondos de vía

Fuente: PROFERR Producciones Ferroviarias S.L. Catálogo de Internet

Ejemplo: calces no abatidos oportunamente que son arrollados con descarrilamiento

⁴⁴ PROFERR Producciones Ferroviarias S.L. Catálogo de Internet.

Y en cuanto a los calces no abatidos también si no se respetan las normas pueden dar origen a un accidente como en el caso que vamos a referir aquí en el que no se respetó una señal de salida de la estación de Granollers en rojo, originándose un descarrilamiento.

Los hechos tuvieron lugar el día 27 de agosto de 2011 a las 21:27 horas, en la estación de Granollers Centre, situada en el PK135+306, de la línea 270 Bifurcación Sagrera – Cerbere, provincia de Barcelona. La composición del tren de viajeros de cercanías 28480, de Renfe Operadora, se encontraba estacionada en vía 7 de la estación de Granollers-Centre con la señal de salida S2/7-9 (ubicada en el P.K: 134+932) en indicación de parada. Figura 8.8 que se inserta a continuación.

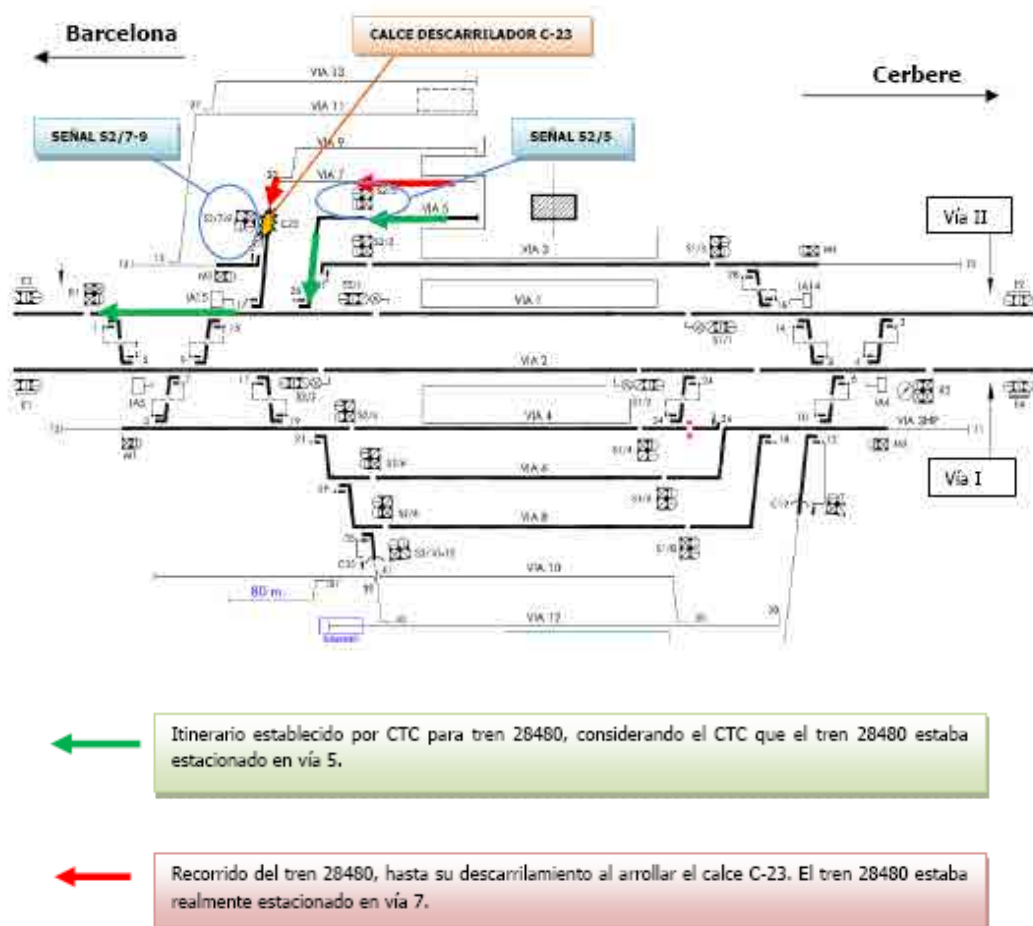


Fig. 8. 8 Esquema de la estación de Granollers Centre con el tren de cercanías 28480 y del calce descarrilador C- 23 en posición elevada, de protección

Fuente: Internet. Información del Ministerio de Fomento a través de CIAC

Esta vía 7 de la estación de Granollers Centre tiene instalada a su término junto al edificio de viajeros de la estación una topera y en esta vía se hacen entrar los trenes que terminan viaje en

la estación y vuelvan a salir al cabo de un tiempo. Se hace para evitar que viajeros de la Ciudad de Granollers con destino a Montmeló, Mollet y Barcelona, no hayan de cruzar las vías para tomar el tren y puedan subir con toda seguridad desde el andén principal.

A la salida de esta vía sentido Barcelona, hace años que se instaló un calce abatible con objeto de que ningún tren pudiera salir indebidamente con la señal en rojo y provocar una colisión con otro que procediera de Cardedeu o más allá ya que había habido una experiencia de un accidente de dicho tipo sin víctimas pero del que se sacó la conveniencia de esta medida de seguridad.

Al dar la orden de marcha con la señal de salida en sentido Barcelona el maquinista confundió su señal de salida, figura 8.9, que estaba en rojo con otra que estaba en verde y avanzó, arrollando el calce descarrilador y descarriló no llegando a la vía general, por lo que fue sometido a expediente de sanción.

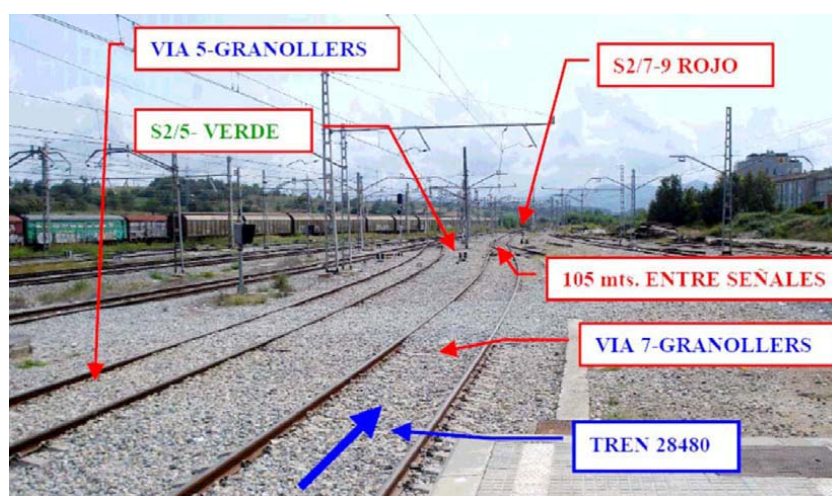


Fig. 8.9. Zona de ubicación de la señal S2 /7-9

Fuente: Internet. Información del Ministerio de Fomento a través de CIAC

Este accidente pone de relieve la importancia de disponer de enclavamientos de máxima seguridad incluso en algunos casos como el presente con calces descarriladores para evitar que un error humano de un maquinista confundido pueda dar lugar a una posible colisión de costado de consecuencias imprevisibles. En este caso el calce descarrilador evitó que el tren pudiera llegar a la vía general y generar un riesgo de colisión.

Arrojo de electrodomésticos y otros objetos a la vía.

En relación a lo que establece la clasificación respecto a arrojar electrodomésticos a las vías y evitar su cruce el Real Decreto 2387/2004 de 30 de diciembre⁴⁵ establece en sus artículos 39 y 40 la obligación de cerramiento de las líneas ferroviarias para garantizar la seguridad del tráfico ferroviario. En la figura 8.10, tenemos una línea de Cercanías con la playa a la derecha y una carretera local por el lado montaña debidamente vallados a una altura de 2 m para evitar cruces de personas y arrojar objetos.

Las líneas ferroviarias convencionales deberán tener instalado un cerramiento, a ambos lados de la vía, en los tramos en los que esté permitido circular a una velocidad superior a 160 km por hora y, en todo caso, en los calificados como suelo urbano. Por su importancia para la seguridad ferroviaria y de las personas y los bienes hacemos referencia a esta disposición legal:

“Artículo 39. Cerramiento de las líneas ferroviarias para garantizar la seguridad en el tráfico ferroviario”.

- Las líneas ferroviarias de alta velocidad deberán tener instalado un cerramiento, a ambos lados de la vía, en todo su recorrido.
- Las líneas ferroviarias convencionales deberán tener instalado un cerramiento, a ambos lados de la vía, en los tramos en los que esté permitido circular a una velocidad superior a 160 km por hora y, en todo caso, en los calificados como suelo urbano.

La calificación de un suelo no urbanizable como urbano o urbanizable obligará a su propietario a disponer en las líneas ferroviarias que lo atraviesen, a su costa y con los condicionamientos técnicos que determine el administrador de infraestructuras ferroviarias, de un cerramiento cuando se realicen las actuaciones urbanísticas correspondientes a la nueva calificación. Con carácter excepcional, por las especiales características de la línea ferroviaria de que se trate, la Dirección General de Ferrocarriles podrá ordenar la realización del citado cerramiento antes de que se inicie la actuación urbanística correspondiente.

⁴⁵ 21908. REAL DECRETO 2387/2004, de 30 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento del Sector Ferroviario, cerramiento de líneas con velocidades superiores a 160 km./h, suelo urbano y nuevas líneas

- Las nuevas líneas ferroviarias que se construyan deberán tener instalado un cerramiento, a ambos lados de la vía y en todo su recorrido.

Salvo autorización expresa del Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, se prohíbe la entrada de personas o vehículos en las vías férreas y el tránsito por ellas. Su cruce deberá realizarse por los lugares destinados al efecto, conforme a la normativa reguladora de pasos a nivel y con las limitaciones o condiciones que se establezcan.

Este es un aspecto muy importante en primer lugar para evitar el arrollamiento de personas que crucen la vía y también para prevenir que se dejen obstáculos sobre ella pues los accidentes ocurridos por arrollamiento de obstáculos han sido durante años muy elevados.

Aun cuando este cerramiento no está extendido en toda la longitud de las líneas, se procura que en las proximidades de las poblaciones estén dotadas de este elemento de protección. Además este tipo de protección a ambos lados de la vía se debe dotar con cerramientos las barandas de los pasos superiores y de viseras de protección sobre la catenaria para evitar que pueda alcanzarse la misma con algún palo u objeto alargado que si fuera metálico causaría, con toda probabilidad la muerte inmediata por contacto directo.

Las figuras 8.10 y 8.11 corresponden a zonas urbanas dotadas de cerramiento de la vía por ambos lados para evitar el cruce de las vías por las personas.



Fig. 8.10 y 8.11. Cerramiento de vía a ambos lados. Zona urbana y marítima

Fuente: Elaboración propia del autor en visitas de seguridad a la línea dentro de sus funciones.

Como importante innovación en este tipo de protecciones de accidentes se sabe que ADIF invertirá 250.000 euros en instalar cerramientos en tres tramos de la red de cercanías a su paso por Calafell (Tarragona) con un sistema de detección de intento de rotura, lo que reforzará la seguridad de ciudadanos y tráfico ferroviario. Figura 8.12

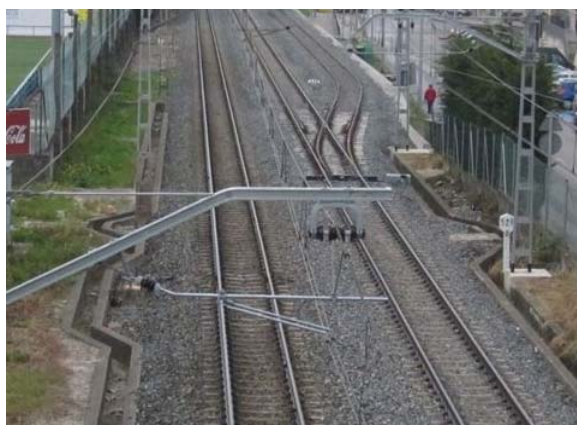


Fig. 8.12 Calafell instalara vallas de protección de la vía con detectores de rotura
Fuente: Internet. ADIF. Cerramientos de protección civil

“En un comunicado, el administrador de infraestructuras ferroviarias ha explicado que los trabajos tendrán un plazo de ejecución de un mes y medio, incluyendo el desmonte del terreno y la tala de árboles, así como la limpieza y desbroce de la zona paralela a las vías para instalar vallas de alambre de acero.

g) *Arrollamiento de animales, excepto los que están en pasos a nivel.*

En las zonas rurales donde existe pastoreo el cruce de las vías con rebaños es muy problemático salvo que se busquen puntos de cruce sin riesgo, veamos un caso, el día 26 de noviembre de 2008, el maquinista del tren de viajeros 18073 de RENFE Operadora, cuando circulaba por la vía 1, en el PK 70.200, entre las estaciones de Ribaforada y Tudela de Navarra, observa a un rebaño de ovejas interceptando la vía por donde circula.

Se percata también de la presencia del pastor que, de espaldas al tren, intenta sacar los animales de la vía. El maquinista hace uso del silbato y del freno de emergencia no pudiendo evitar el arrollamiento de la persona y de unas 100 ovejas. El pastor murió en el acto, como consecuencia del impacto. En la fotografía de la figura 8.13 podemos ver la zona donde se produjo el accidente.

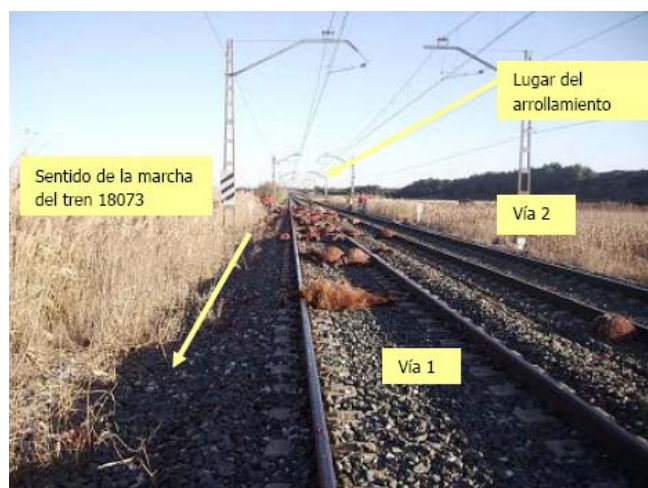


Fig. 8.13 Zona de vía del arrollamiento

Fuente: Informe del Ministerio de Fomento sobre el accidente (CIAC) en Internet

El lugar donde sucedió el accidente se encuentra ubicado en una zona rural, entre las estaciones de Ribaforada y Tudela de Navarra, en el PK 70.200, término municipal de Fontellas. Es un tramo recto de vía doble y buena visibilidad. En este tramo no existe cerramiento.

Las disposiciones vigentes de cerramientos de líneas ferroviarias de velocidades máximas inferiores a 160 km/hora no obligan en caso de líneas ya construidas al cerramiento de la vía para evitar casos como el presente y evidentemente es muy peligroso cruzar la vía con un rebaño de ovejas con tiempo de cruce y de difícil control.

h) Contenedores, toldos, cargamentos o elementos destinados a asegurar la carga

El día 1 de abril de 1977 un tren de mercancías que se dirigía de Zaragoza a Madrid al pasar por la localidad de Grisén y antes de llegar a esta estación, debido al fuerte viento reinante se produjo el desprendimiento del techo de un vagón y por efecto del viento fue arrastrado hacia el lado Zaragoza (este) cuando debía pasar por la vía en que había caído, el TALGO procedente de Madrid.

Un agricultor de la zona que lo observó tomó un saco de color rojo y se desplazó corriendo hacia el lado Madrid por donde debía llegar el tren TALGO al que hizo señas de alarma que el

maquinista comprendió y detuvo el tren 60 m del punto de la vía donde se encontraba el techo del vagón pudiendo evitar el arrollamiento y probable descarrilamiento de consecuencias imprevisibles.

El hecho pone de relieve la importancia del mantenimiento del material remolcado que cuando se pone en circulación puede originar serios accidentes y en especial en la doble vía como es el caso de Grisén, donde ocurrió el hecho.

i) Los parachoques y la no existencia de parachoques al final de una vía y también cuando la vía carece de topera

El día 2 de mayo de 2012 al apartar dos unidades de tren a una vía con topera, (muerta) se produjo el arrollamiento de la topera indicada y el remonte del primer coche de las dos unidades por el lado de la topera y la interceptación de las dos vías adyacentes. En la figura 8.14 podemos ver una imagen del accidente.

El accidente se produjo sobre las 8.30 h de la mañana, en la zona de depósitos de vehículos ferroviarios. Según ADIF el tren se subió 3 metros a una topera, y salió despedido, aunque tan solo se produjeron daños materiales. Se trataba de un vehículo de la serie 599 que cubría el recorrido desde Salamanca hasta Madrid y que estaba siendo revisado.



Fig. 8.14 Arrollamiento de una topera por dos unidades de tren maniobrando
Fuente: Internet. Informes de accidentes del Ministerio de Fomento (CIAC)

j) Las nubes por fuga o emanación de gas

El día 4 de septiembre de 2008 una fuga de dióxido de azufre en un tren de mercancías en Robledo de Chavela obligó al Centro de Control de Tráfico de Madrid a suspender el servicio

ferroviario entre Collado Villalba y Ávila. El suceso tuvo lugar a las 8,50 horas aproximadamente cuando el tren de mercancías detectó la fuga avisando el Maquinista al Centro de Control el cual llamó al Centro de Emergencias de la Comunidad y a los Bomberos.

Figura 8.15.



Fig. 8.15 Especialistas controlando una fuga de gas

Fuente: Internet. Informes de accidentes del Ministerio de Fomento (CIAC)

El servicio estuvo interrumpido hasta primeras horas de la tarde por lo que RENFE preparó un dispositivo alternativo que afectó a cinco trenes a lo largo de la mañana para facilitar el traslado de los viajeros por carretera.

Este tipo de accidente por sus características podría caer la duda de clasificarlo en el denominado **“descomposición de cargamentos”** que incluye las fugas de gases y de líquidos de materias peligrosas y tiene como referencia de reglamentación el Reglamento Internacional de Materias Peligrosas y la Instrucción General nº 43 de RENFE con normas específicas para asegurar el cargue del producto, la estanqueidad de las válvulas y elementos de trasvase y las actuaciones a realizar en caso de fuga por lo que se tratará en el próximo capítulo y el hecho de incluirlo inicialmente se debe a que dada la estructuración del índice un caso de esta naturaleza provoca una paralización del servicio más rigurosa tal vez que si se hubiera arrollado una piedra y por tanto cuenta como una variante de la clase arrollamiento de obstáculos.

8.3 Evolución de accidentes específicos por arrollamiento de obstáculos

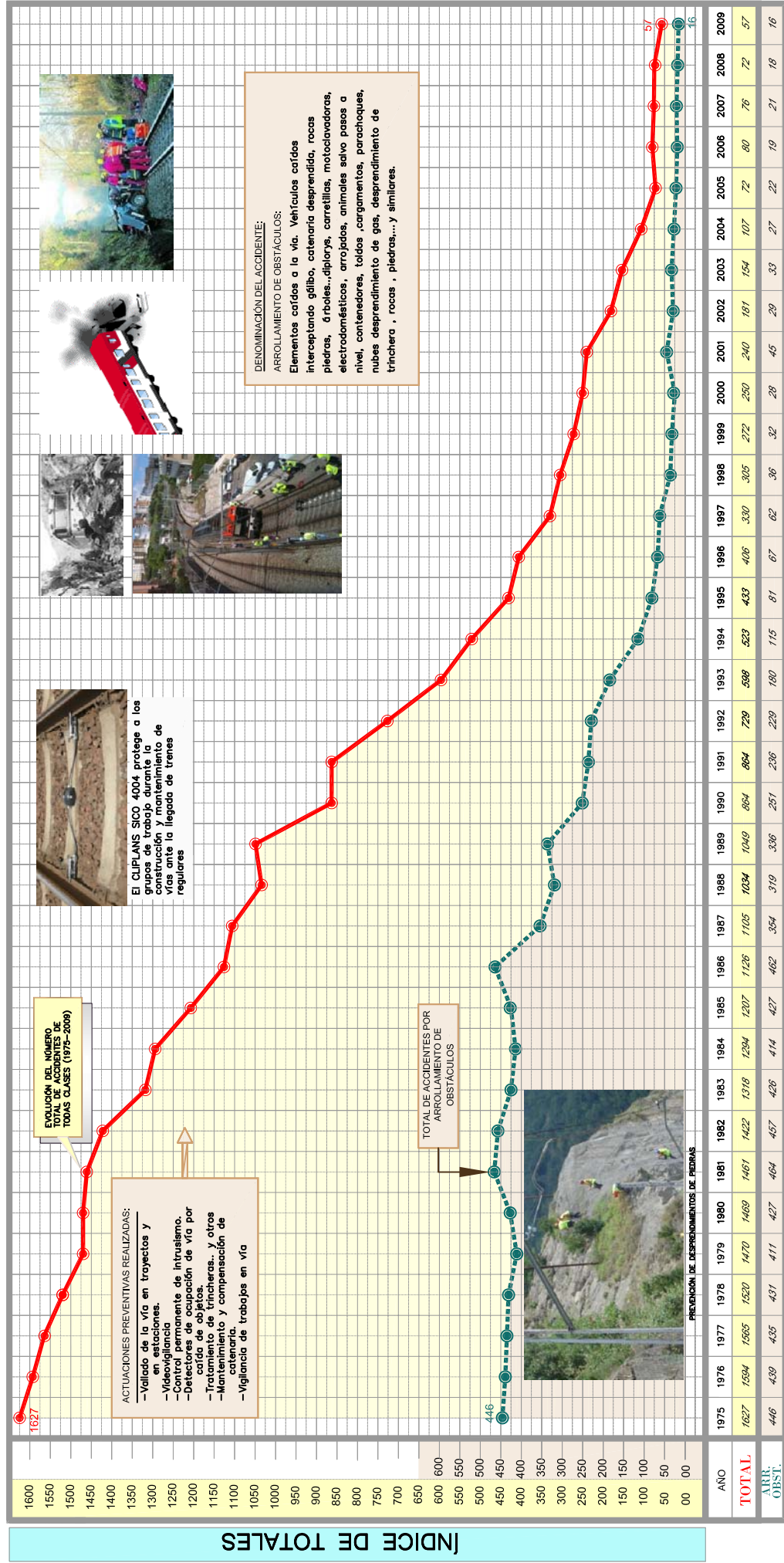
En la página siguiente incluimos el gráfico GR-9 (Evolución del número de accidentes por arrollamiento de obstáculos), en el cual como en capítulos anteriores, representamos la gráfica del total de accidentes de todas clases (color rojo) en cada uno de los años del periodo 1975-2009, y también los accidentes ocurridos específicamente por arrollamiento de obstáculos (color verde).

Entre los años 1975 y 1986 el número medio de accidentes por dicha causa era de 450 pero a partir de dicho año se inicia un descenso de los mismos que según las informaciones obtenidas de la Dirección Técnica correspondiente y de informaciones verbales de los responsables está en relación con las siguientes acciones:

- **Tratamiento de trincheras inestables y de especial riesgo**
- **Mantenimiento y compensación de la catenaria**
- **Vallado de la vía especialmente en el entorno de las grandes ciudades**
- **Vigilancia de la disciplina de los trabajos en la vía y de la retirada oportuna de la herramientas y medios**
- **Control permanente del intrusismo**
- **Video vigilancia**
- **Detectores de ocupación de vía por caída de objetos**
- **Disciplina de la ejecución correcta de maniobras evitando aquellas operaciones de riesgo que suponen conducir por cabina contraria en un movimiento sin visibilidad.**
- **Otras actuaciones específicas como depresión o soterramiento de vía**

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES POR ARROLAMIENTO DE OBSTÁCULOS



A partir del año 1998, puede decirse que los focos principales de accidentes que como ya se ha indicado eran elementos caídos a la vía o lanzados por personas, desplome de taludes, herramienta en la vía al paso de los trenes, toldos desprendidos, arrollamiento de parachoques, caída de piedras y otros, ya estaban muy controlados, restando en el periodo 1998-2009 unos 16 accidentes de este tipo, aun en proceso de reducción.

8.4 Conclusiones

Como resumen del capítulo, el autor relaciona en el mismo orden que ha hecho la exposición de cada una de las causas del arrollamiento de obstáculos la medida que se ha aplicado para evitar su repetición o en todo caso reducir accidentes por arrollamiento de obstáculos y también la calificación de la eficacia que estima ha proporcionado la medida implementada o aplicada en la reducción de accidentes.

Para los elementos y dispositivos del material rodante caídos a la vía los detectores de caldeo instalados en determinados puntos de la vía tienen por objeto detectar la temperatura de todos los ejes de los vehículos indicando los aumentos peligrosos de la misma y se estima que han aportado una eficacia elevada a la prevención de esta clase de accidentes.

Los vehículos de carretera o maquinaria caídos a la vía o que intercepten gálibo. A menudo las carreteras discurren paralelas a la vía o cruzan sobre ella pudiendo salirse de la misma y caer a la vía dentro de la misma o a un lado interceptando el gálibo del ferrocarril y colisionando con los trenes que circulan. El montaje de biondas en los puntos de la carretera de mayor riesgo con gestiones ante el Ministerio se considera que han sido de eficacia media pues no resuelve totalmente la causa de los accidentes si bien los ha reducido.

Los elementos de vía, comunicaciones señales, enclavamientos y en general todos los correspondientes a la superestructura. Además de los que se indican, la catenaria y sus elementos se consideran obstáculos sólo si resultan arrollados por un vehículo diesel ya que si lo fueran por una locomotora o unidad de tren con tracción eléctrica serían clasificados como

enganches de pantógrafo. Los accidentes de esta naturaleza son escasos y su prevención se basa siempre en cumplir los planes de mantenimiento. Su eficacia se estima media.

Las rocas, piedras, árboles, desprendimientos de muros, o trincheras, inundaciones y en general todos los correspondientes a la infraestructura. En este caso debe considerarse también que cuando al paso de una circulación se origine un desprendimiento del terreno que origine caídas de algún elemento de la infraestructura, rocas o piedras, sobre la propia circulación sin que esta llegue a arrollarlo se considerara igualmente un arrollamiento de obstáculos. Las soluciones aplicadas se basan siempre en lograr la estabilidad de taludes con los distintos métodos conocidos y su eficacia ha sido elevada.

Los diplotrys, carretillas, moto clavadoras, calces, aparatos industriales, electrodomésticos arrojados, etc. Se trata de elementos de trabajo en la vía en el primer caso que no han sido retirados a tiempo, o de residuos urbanos en el segundo. La base de prevención aplicada es la vigilancia del cumplimiento de la Normativa de apartado de estos elementos con la antelación suficiente a la llegada del tren y su eficacia se estima que ha sido media.

Los animales, excepto los que están en pasos a nivel.

Se entiende que podrían ser de propiedad del guardabarrera y no estar debidamente controlados. Las visitas periódicas de seguridad a los pasos a nivel son exigentes en cuanto a la prevención de los casos que se indican y su eficacia se considera elevada por el escaso número de accidentes de este tipo que se han producido.

Los contenedores toldos, cargamentos elementos del vagón destinados a asegurar la carga etc., caídos sobre la caja de la vía y que no se conoce de qué tren proceden.

En el caso de que se conozca de que tren se han caído de un tren, el accidente se considerará como descomposición de cargamento. La clave de esta prevención es el acondicionamiento correcto de los toldos en los cargues muy vigilado en las visitas de seguridad y su eficacia es elevada.

Los parachoques y la no existencia de parachoques al final de una vía también cuando la vía carece de topera, ha generado algunos casos de arrollamiento de la misma imputables a fallo humano por distracción o bien por conducir por cabina contraria. La eficacia de las medidas de vigilancia es media.

Las nubes por fuga o emanación de gas de una fábrica o conducción.

(Gaseoducto) generada en las proximidades del ferrocarril o un vagón cisterna de un tren en la zona. Su eficacia es elevada.

9. LA SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE DE MERCANCÍAS. PREVENCIÓN DE LAS DESCOMPOSICIONES DE CARGAMENTO

9.1. Definición de este tipo de accidente y las variantes que engloba

Incluye el arrollamiento, el roce con la catenaria o la caída a la vía del cargamento, de los toldos, de los contenedores, de los elementos del vagón destinados a asegurar la carga, bien sea por mal acondicionamiento del cargamento por presentar exceso de gálibo.

Expondremos algunos ejemplos y las decisiones adoptadas para evitar la repetición de este tipo de accidentes y con ello su reducción como así ha ocurrido.

a) Caída de un cargamento a la vía ⁴⁶

El día 3 de septiembre de 1979 a las 19:20 horas en el trayecto L'Hospitalet Vandellos - Vandellos, figura. 9.1, se produjo la caída de un contenedor de tren de mercancías 50724 desde la plataforma que los transportaba al terraplén del lado mar por coincidencia de dos causas, la primera un anclaje defectuoso del contenedor por rotura de una pieza y también el fuerte viento que era del orden de 95 kms/hora.

El contenedor iba vacío y no produjo defectos importantes en la infraestructura de la vía, si bien fue necesario un corte nocturno y el desplazamiento del tren de mediana intervención en accidentes equipado con un tren con una grúa, para retirarlo y cargarlo sobre una plataforma para llevarlo a los talleres de reparación de contenedores de la Casa propietaria.

Para prevenir hechos como este, las normas establecen que antes de cargar un contenedor deberá revisarse el sistema de anclaje de la plataforma, si es totalmente correcto y no tiene ninguna deformación que pueda garantizar que el contenedor va a quedar inmovilizado desde su carga en la estación de origen hasta su descarga en la estación de destino. Después de cargarlo se deberá verificar también el correcto anclaje del mismo.

⁴⁶ Documentación propia de los archivos del autor que el momento que ocurrió tenía responsabilidades relacionadas con la circulación de los trenes en la zona que se menciona.

En la figura 9.1 podemos ver el punto del trayecto donde se produjo la caída del contenedor al terraplén, no visible en la fotografía.



Fig. 9.1. P.K. de la línea donde se produjo la caída

Fuente: Archivos del Autor encargado de la investigación del accidente

b) Descomposición de los elementos destinados a asegurar la carga, por mal acondicionamiento o por exceso de gálibo. Ejemplo⁴⁷

Para poder evaluar la importancia de que los cargamentos que van en vagones abiertos se acondicionen con las sujeciones y procedimientos correctos con arreglo a las **Prescripciones de cargamento** que expondremos tras la descripción del accidente, presentamos un breve resumen de los datos y consecuencias del mismo.

Otro de los accidentes clasificables dentro de la descomposición de cargamentos de carácter importante por las 6 víctimas mortales que ocasionó, fue el ocurrido al tren Intercity Zaragoza – Madrid del día 3 de Julio de 1990 a las 23:10 horas cuando se encontraba circulando en el trayecto Alcalá de Henares – Torrejón, figura 9.2, sección de doble vía, cruzó en plena vía con el mercancías de Madrid – Abroñigal a Granollers Centro, cuyos vagones, que ocupaba el octavo lugar por cabeza y era una plataforma cargada con unas viguetas metálicas desplazadas por probable defecto de sujeción de las mismas las cuales atravesaron de parte a parte el primer coche de viajeros del Intercity, causando seis muertos y ocho heridos entre los viajeros y empleados que ocupaban la posición afectada.

⁴⁷ Referencias del periódico ABC del 4-7-1990 y notas del autor que perteneciendo a la Inspección General, colaboró en la investigación de las causas con el Grupo de Trabajo designado para realizar la investigación de causas.

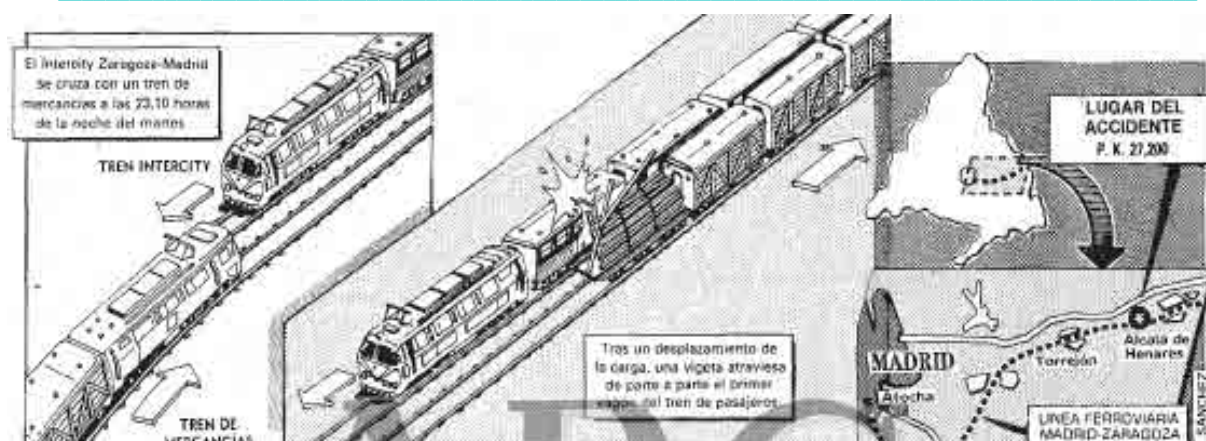


Fig. 9.2 Descomposición del cargamento de un tren de mercancías y afectación a uno de viajeros
Fuente: Croquis del periódico ABC (4-7-1990) con un gráfico del hecho que causó el accidente

El tren de mercancías en el momento de cruzar con el Intercity de viajeros Zaragoza – Madrid llevaba una velocidad de 100 km/h. La Inspección General de RENFE inició inmediatamente la investigación examinando primero el vagón con la carga de elementos metálicos que se desplazaron el tipo de sujeción que llevaban, su resistencia y grado de idoneidad de acuerdo con las prescripciones de cargamento existentes y también efectuó las investigaciones necesarias en el recorrido de Madrid Abroñigal a Torrejón de Ardoz.

Muy especialmente, dicha Inspección General, analizó como se realizó el cargue en Madrid Abroñigal, personas que lo llevaron a cabo, condiciones y garantías de sujeción, estableciendo las responsabilidades que se derivaron de los incumplimientos constatados en la operación. Estas viguetas que constituían el cargamento y que tenían riesgo de desplazamientos transversales disponían como elementos de inmovilización unas cintas resistentes que actuaban como amarres provistas de unos tensores para afianzar la sujeción todo lo posible pero pudo comprobarse que se había roto una de ellas por desgaste a la fricción y esta rotura permitió el desplazamiento lateral y el accidente.

9.2 Normativa sobre seguridad en la inmovilización de cargamentos

a) Amarre directo

El amarre directo actúa en el sentido de las solicitudes y se opone al desplazamiento de la mercancía. Según la naturaleza de la mercancía, su peso y el modo de carga adoptado, puede

ser conveniente utilizar cadenas de acero, cables de acero o cintas sintéticas trenzadas o no (1). El **fleje de acero** no está permitido debido a los riesgos de accidente en caso de rotura. Para las mercancías de hasta 3 t está permitido utilizar, también, alambre de acero recocido.

Si las **mercancías** están aseguradas sólo por amarre directo, las amarras deberán actuar tanto en sentido longitudinal como transversal. Se utilizarán un mínimo de 2 amarras en cada sentido. Se puede considerar que los amarres directos, figura 9.3, colocados en sentido longitudinal están correctamente dimensionados si el **esfuerzo de rotura (2)** en cada sentido equivale, por cada 1.000 kg de carga, a un mínimo de: 3200 daN 1000 daN.

El **alambre de acero recocido** deberá tener un diámetro mínimo de 4 mm. Cada amarra debe estar compuesta, al menos de: 4 hilos a 2 hilos (1). Las cintas no trenzadas, en el sentido de estas prescripciones, están compuestas de hilos paralelos constituidos, al menos, por tres fibras retorcidas de poliéster de marca (alta tensión de rotura) recubiertos de material termoplástico de alta polimerización (intervalo de funcionamiento de -25°C a $+70^{\circ}\text{C}$).

(2) **Esfuerzo de rotura = esfuerzo de tracción x 2.**

Las **cadenas, cables y cintas trenzadas** deberán llevar un tensor integrado y no se podrán utilizar dispositivos de tensado separados.

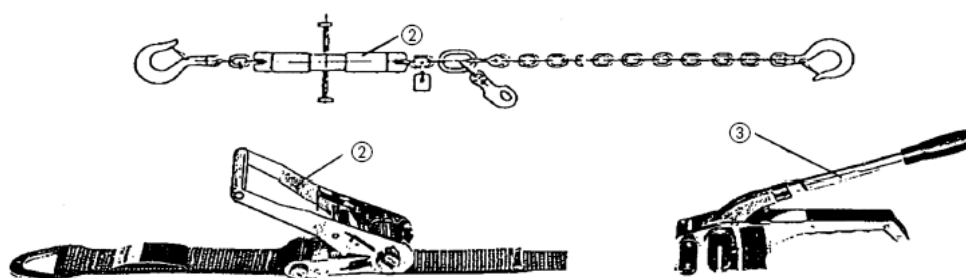


Fig. 9.3 .Tipo de amarre que se rompió dando origen al accidente
Instrucción general para seguridad en cargamentos. ADIF

Las **argollas** y cierres de las eslingas deberán estar adaptados al tipo de cinta utilizado, tanto desde el punto de vista de calidades funcionales como de resistencia.

Las **amarras** deberán estar tensadas en forma de lazo, o bien, fijadas con ayuda de ganchos.

Las **eslingas** colocadas sobre aristas vivas deberán estar protegidas con cantoneras.

Para tensar los amarres de alambre de acero recocido es necesario retorcer las hebras por pares. Figura 9.4.

- ⑥ Con el fin de evitar el basculamiento transversal, como regla general, la altura de las pilas no debe ser superior a su anchura. En caso contrario, la estabilidad del cargamento deberá estar asegurada por otros medios apropiados.
- ⑦ Por otra parte, se admite que, cuando las mercancías tienen forma de paralelepípedo (por ej. cajas o pilas de madera serrada unida), se puede colocar una unidad centrada en la parte superior de cargamento.

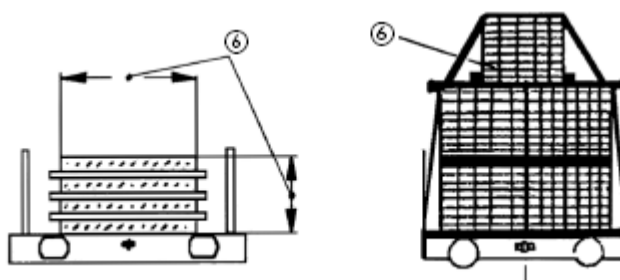


Fig. 9.4 Amarre

b) Puertas abiertas en vagones o contenedores

Una puerta mal cerrada de un contenedor, figura 9.5, que por cualquier eventualidad pueda abrirse durante la marcha del tren, puede generar un accidente de consecuencias imprevisibles por cuyo motivo es absolutamente preciso que después del cargue del mismo en la estación de origen sea efectuado el cierre del mismo correctamente por razones de seguridad y además precintado por razones de estanqueidad y garantía de que no se ha sustraído nada de la mercancía que transporta.



Fig. 9.5. Tren de contenedores (cola)

Fuente: Archivos del Autor encargado de la investigación del accidente

A título de ejemplo, revisando archivos encontramos un caso sucedido el día 4 de Marzo de 1997 en el trayecto comprendido entre las estaciones de Torredembarra y Tarragona, en el que un tren de contenedores procedente de Port Bou, que había salido a las 9:15 horas de dicha estación con destino a Tarragona detuvo su marcha entre las estaciones de Torredembarra y Tarragona por orden del Puesto del Mando, que había recibido por radiotelefonía, una información de un tren regional que al cruzar con el mercancías había observado que la puerta de un contenedor situado en penúltimo lugar de la composición del tren estaba mal cerrada., figura 9.6 y bamboleaba con riesgo de abrirse hacia la entrevía y ser motivo de accidente por golpe con otro tren al cruce si se hubiera dado el caso.



Fig. 9.6 Sistema de cierre de puertas de un contenedor de 20 pies
Fuente: Archivos del Autor encargado de la investigación del accidente

El puesto de mando que tenía otro tren en Tarragona para expedir en sentido Barcelona Morrot, lo retuvo en dicha estación ordenando al maquinista del tren de contenedores su detención y cierre de la puerta adoptando todas las precauciones necesarias con el ayudante de maquinista con que contaba dicho tren al no estar establecido todavía el sistema de maquinista único. La operación se llevó a cabo tal como dispuso el puesto de mando en pocos minutos sin incidencias ni afectaciones al personal, pudiendo continuar la marcha en sentido Tarragona con la autorización del puesto de mando tan pronto como se dio por resuelta la incidencia.

c) Derrames o escapes de mercancías peligrosas

Fuga de trimetilamina - anhídrido detectada anoche en un vagón cisterna de la citada compañía en la terminal de RENFE Huelva 18/09/2003 13:45:50 h.

En la empresa Ertisa, perteneciente al Polo Químico, de Huelva, se produjo una pequeña fuga de trimetilamina anhidra, una sustancia inflamable, de fuerte olor, cuya inhalación puede resultar tóxica.

Se dio aviso a la Empresa Pública de Emergencias Sanitarias (SEPES) por si era necesario atender a alguna persona afectada, al Centro de Emergencias de Huelva, figura 9.7, al Servicio de Emergencias 112 Andalucía adscrito a la Consejería de Gobernación que recibió ayer a las 22:56 horas una llamada de aviso del técnico de regulación de RENFE alertado, por el olor que desprendía un vagón que se encontraba en la estación de carga de RENFE y que procedía del Puerto de Huelva, según un comunicado del servicio de emergencias 112.

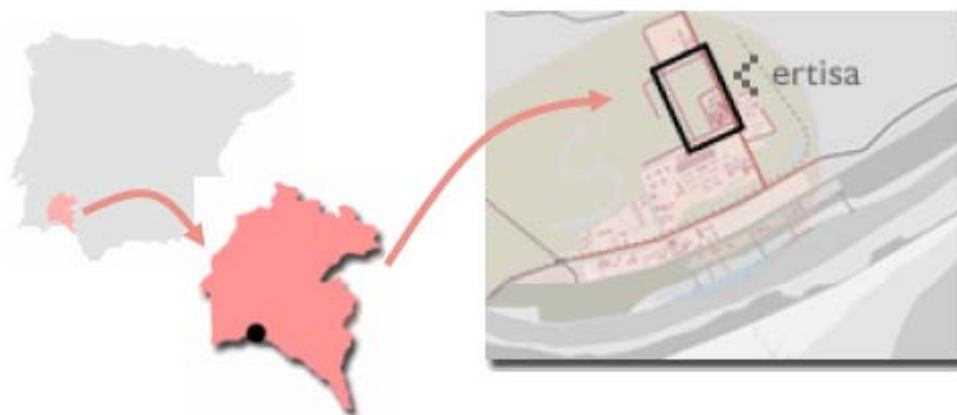


Fig. 9.7 Localización de la fábrica de ERTISA en Huelva

Fuente: Internet. Informe de El País, 19-9-2003

La Junta activó inmediatamente a los Bomberos de Huelva, a la Policía Local, a Protección Civil y también, como ya se ha indicado antes a la Empresa Pública de Emergencias Sanitarias, que no llegó a intervenir. El incidente no produjo ningún daño.

El olor provenía de una mínima fuga de trimetilamina, que se había filtrado a través de un pequeño poro en la soldadura de brida de una válvula, según informó la Junta. Para detectar esta fuga fue necesario utilizar SO₂ que reacciona en contacto con esta sustancia.

9.3 Normativa sobre el transporte de materias peligrosas

La estrategia preventiva de RENFE en el transporte de materias peligrosas tiene la finalidad de aumentar la seguridad y aminorar los riesgos y efectos que pudieran ocasionarse en caso de accidente.

El transporte de Materias peligrosas por ferrocarril, está regulado por una Legislación Internacional y una Normativa Nacional las cuales RENFE, figura 9.8, cumple disponiendo además de su INSTRUCCIÓN GENERAL N° 43, de obligado cumplimiento para todo el personal que interviene en el proceso de este transporte. En C Anejo, se reproduce un resumen de la misma que da idea del alcance y consistencia de las disposiciones que se adoptan para hacer este transporte seguro.

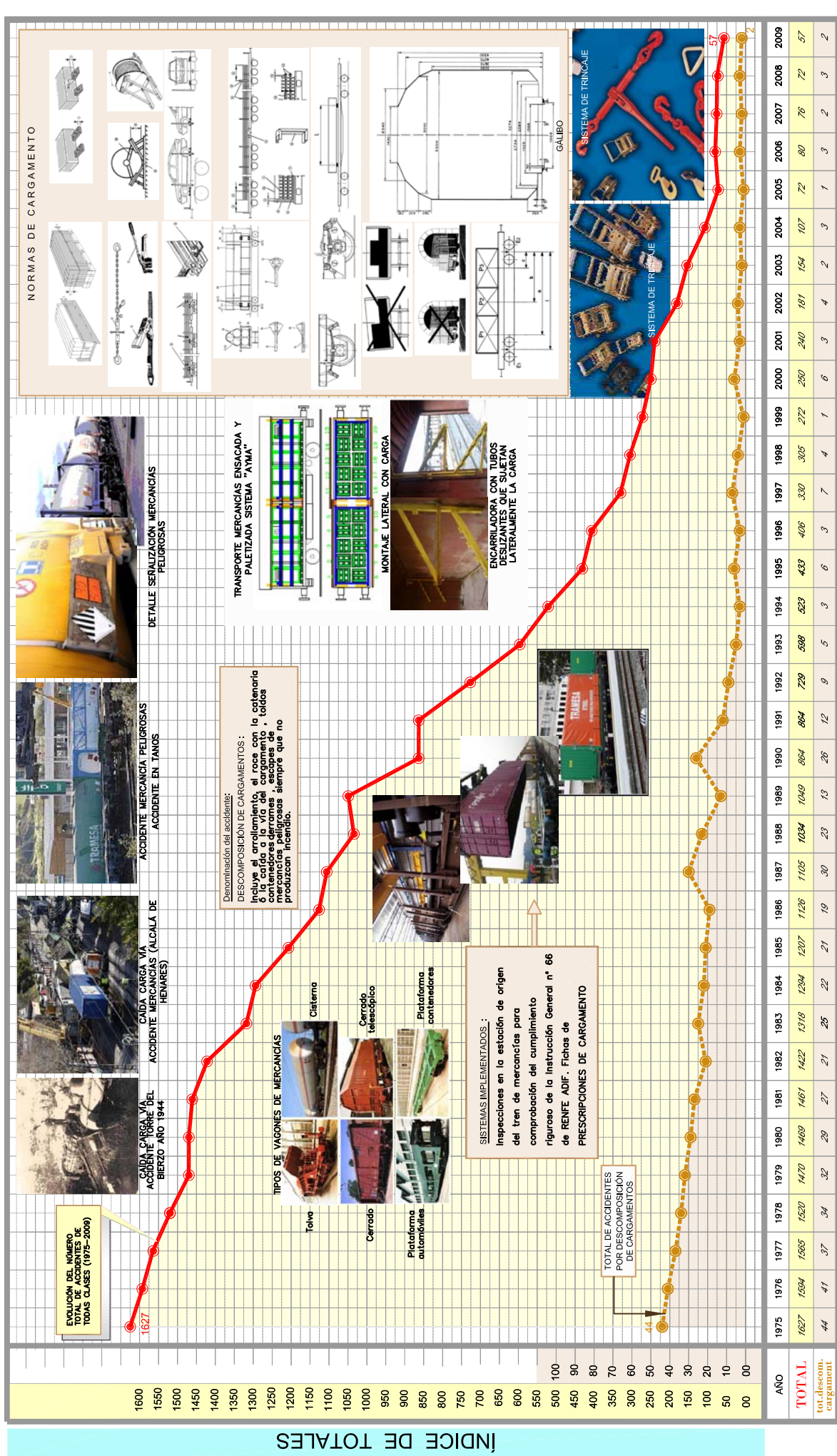
En D Anejo, se inserta un resumen de la mencionada Instrucción General n° 43, que da visión de conjunto del rigor y la precisión de la misma.

9.4 Gráfica de accidentes por descomposición de cargamentos

En la página siguiente se incluye la gráfica GR-10 (evolución del número de accidentes por descomposiciones de cargamentos) (color rojo) en el periodo 1975-2009 y en la parte inferior de la misma la evolución de los correspondientes al transporte de materias peligrosas así como gráficos y medios implementados para lograr la máxima seguridad en el transporte de ambos.

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES POR DESCOMPOSICIÓN DE CARGAMENTOS



9.5 Conclusiones

Los accidentes que se han generado por la descomposición de un cargamento en vagón abierto, cuya seguridad se basa en una aplicación muy rigurosa de las Normas específicas (Instrucciones Generales nº 3 y 66) de RENFE, con el cumplimiento de las prescripciones relativo a los sistemas de sujeción, amarre e inmovilización de las mercancías han sido escasos y se han ido reduciendo en la medida que se ha intensificado la inspección y vigilancia por parte de los responsables de seguridad de cada una de las gerencias y por el propio personal de las estaciones de carga con su exigencia al cargador del cumplimiento exacto de las normas remarcando esta actividad entre 1992 y 2009.

En lo que se refiere a las fugas de productos de materias peligrosas tienen su seguridad básica en las revisiones del propietario de los vagones y de los cargadores, si bien la estación que admite el vagón al transporte debe ser muy exigente también en su cumplimiento y rechazar el vagón cuando observe cualquier defecto, pues las consecuencias de una fuga pueden ser muy graves en función de las características del producto que se transporta.

El autor estima que en el periodo 1975-2009, tanto las medidas aplicadas al logro de la seguridad en el transporte de mercancías en vagones abiertos para su eficaz inmovilización como en medidas de estanqueidad en el transporte de materias peligrosas han sido de elevada eficacia.

10. REBASE DE SEÑALES Y TALONAMIENTOS

10.1. Definición de este tipo de accidentes. Introducción

Se consideran con esta denominación de talonamiento aquellos sucesos en que se talona la aguja del cambio siempre que no produzcan un descarrilamiento o colisión en cuyo caso les correspondería estas de denominaciones.

En la siguiente figura 10.1 podemos ver la parte de un desvío correspondiente al lado de las agujas que están en disposición de que un tren que entre de frente se dirija a la vía del lado izquierdo de la fotografía.

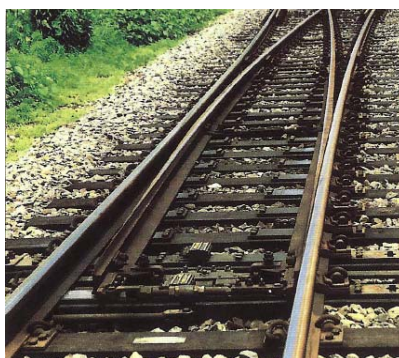


Fig. 10.1 .Vista de un desvío ordinario

Fuente: Infraestructuras Ferroviarias del Prof. Dr. ICCP, D. Andrés López Pita

Esta disposición que tienen las agujas, también es correcta para que pueda pasar por ellas un tren que proceda de la vía del lado izquierdo y cruzar el desvío y seguir su movimiento.

Por el contrario, si en esta disposición de las agujas el tren que accede al desvío procediera de la vía del lado derecho accediera al mismo las ruedas del lado izquierdo del primer vehículo producirían una deformación de la aguja que esta adherida a la contraguja dando el lugar a la clase de accidente que se denomina talonamiento y que generalmente deforma las agujas y otros elementos del desvío dejándolo inútil.

Para que este tipo de accidente no suceda cada desvíos relacionado y protegido por una señal de forma que si las agujas no están correctamente dispuestas para el paso del tren en forma que no se pueda producir el talonamiento, dicha señal está en rojo para que el tren se detenga ante ella esperando que las condiciones de circulación y la posición del desvío accionado por el Centro de Control esté correcta y la señal autorice en verde (vía libre) el avance del tren para continuar su recorrido.

Para evitar estos accidentes por talonamiento ya desde 1978 se implemento en las señales el sistema ASFA (Aviso de Señales y Frenado Automático) que normalmente si el tren no respeta la indicación de parada ante la señal (rojo) el sistema ASFA acciona el frenado de emergencia del tren. No obstante en algunos casos, la distancia que queda entre la señal que protege un desvío y el desvío no es suficiente para lograr el frenado debido a la velocidad con que el tren ha llegado a la señal se produce el talonamiento del desvío.

10.2 Rebase de una señal que ordena parada

Se denomina **rebase de señal** a cualquier infracción a la orden de una señal y en particular la de parada (rojo) que ordene al maquinista parar ante la misma, sin rebasarla.

En la figura 10.2 que podemos ver a continuación están las señales luminosas con los aspectos de parada absoluta (A) y permisivas (B), que son las que permiten detenerse ante la misma y continuar la marcha con marcha a la vista muy atentos a ver el tren que va delante detenido o en marcha y con riesgo del alcance (colisión por la cola del mismo).

Esta señales pueden presentar alguno de los aspectos que pueden verse en la figura 10.2 y en cualquier caso ordenan la parada ante ellas sin rebasarlas, hasta que se autorice su rebase. Pueden presentar los siguientes aspectos.

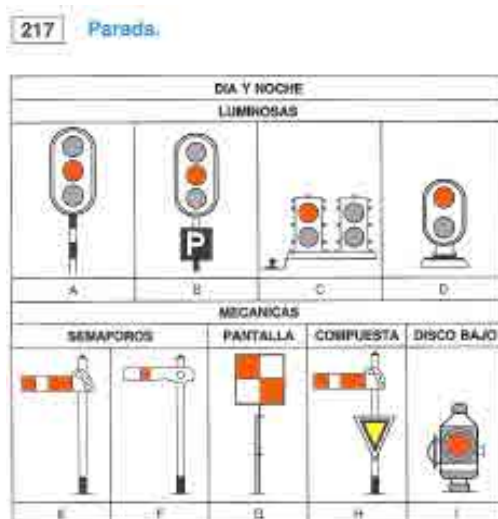


Fig. 10.2 Distintos aspectos de una señal de parada⁴⁸

Fuente: Reglamento General de Circulación, RENFE-ADIF. Título 2. Señales

Caso A. Ordena al maquinista parar ante la misma sin rebasarla. Cuando tienen un foco blanco debajo encendido, que podría ocurrir en las figuras C y D, le autoriza a parar ante la señal y reanudar la marcha hasta el punto de estacionamiento o la señal siguiente.

Cuando la señal tenga en el mástil la letra P, imagen 217B de la figura 10.2, se reanudará la marcha, si nada se opone, después de efectuar parada, y se circulará sin exceder la velocidad de 40 km/h, con **marcha a la vista** hasta la señal siguiente, cualquiera que sea la indicación que esta presente.

Si a continuación de la señal siguiente existen agujas, no se excederá la velocidad de 30 km/h al paso por ellas. A menudo esta señal es origen de problemas como veremos en este mismo capítulo más adelante.

A continuación en la figura 10.3 podemos ver en el esquema del desvío los distintos nombres de las partes del mismo; en particular del talón que es el objeto de esta definición.

El desvío está dispuesto para que el tren procedente del lado izquierdo de la figura tome la vía.

⁴⁸ Reglamento General de Circulación ADIF

Desviada o para que si procede de dicha vía desviada acceda a la vía directa a través del desvío.

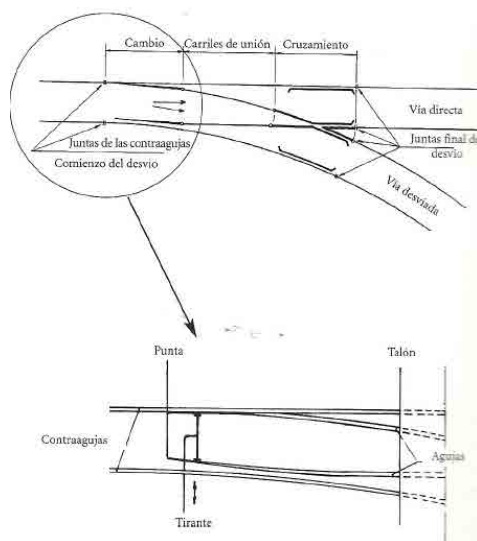


Fig. 10.3 Partes de un desvío, punta, agujas, contraaguas, cruzamiento, talón, contracarriles.
Fuente: Infraestructuras Ferroviarias del Prof. Dr. ICCP D. Andrés López Pita

10.3 Desvíos talonables o de retorno automático.⁴⁹

Existen también desvíos talonables o de retorno automático, que son talonados en servicio de manera regular. En este caso no es necesario realizar maniobras en la aguja del desvío mediante accionamientos o manualmente. Después del paso del tren, el desvío vuelve automáticamente a la posición inicial gracias al dispositivo de recuperación. Esto se hace mediante un muelle, que actúa dentro de un cilindro relleno de aceite y que vuelve a poner las agujas del desvío en su posición inicial mediante el cerrojo o las barras de maniobra.

A continuación en la figura 10.4 podemos ver el aspecto de un desvío talonable y las distintas partes del mismo.

⁴⁹ Norma técnica de accidentes. Dirección de Inspección y Seguridad. RENFE. 1997



Figura 10.4 Desvío talonable de retorno automático, con cerrojo de uña y cilindro de recuperación⁵⁰
Fuente: Infraestructuras Ferroviarias del Prof. Dr. ICCP, D. Andrés López Pita

Los cerrojos que se utilizan en desvíos de retorno automático tienen que ser talonables. Así pues, el cerrojo de uña es talonable y en el caso de que el tren tome el cambio por el talón, las ruedas pueden desplazar la aguja y en el movimiento correspondiente no se producen daños ni en las agujas ni en otros elementos del cerrojo, bajo condición de que el tren pase a una velocidad relativamente baja. En el presente estudio y a efectos de talonamiento, como una infracción de reglamento el autor se referirá exclusivamente a desvíos no talonables.

10.4 Posición de las señales

Normalmente un tren necesita una distancia importante para frenar, que puede ser superior a un kilómetro. Es por ello que las señales anuncian al tren cuándo debe parar con bastantes metros de antelación al punto de parada. Esto también es aplicable a las reducciones de velocidad, que deben ser anunciadas con mayor antelación cuanto mayor es la reducción.

Esta situación se resuelve con pares de señales: la que se sitúa en primer lugar indica que se debe comenzar a frenar, y la segunda indica el punto donde el tren debe detenerse o haber reducido su velocidad. En el caso de las señales, la secuencia que se encuentra el tren para detenerse es una primera señal de anuncio de parada (brazo inclinado en señales mecánicas, o ámbar en señales luminosas) y una segunda señal de parada (brazo horizontal en señales mecánicas, o rojo en señales luminosas) que es la que el tren no debe rebasar. En el caso de las señales de límite de velocidad, el tren en primer lugar se encuentra una señal que le indica

⁵⁰ Información de ADIF sobre evolución de los desvíos.

que debe comenzar a frenar y la velocidad hasta la que debe hacerlo, y en segundo lugar que indica el punto a partir del cual la velocidad está limitada.

Clases de señales

Las señales son muy variables de unos sistemas ferroviarios a otros, existiendo numerosas excepciones. Asimismo, en líneas con una gran capacidad de frenada, como las líneas de metro, puede no ser necesario la existencia de señales de anuncio ya que los trenes son capaces de frenar sin problemas ante una señal en parada.

En un origen, el control de tráfico se realizaba entre estación y estación, de modo que se garantizaba que dos trenes no coincidían en la misma vía manteniendo un único tren entre dos estaciones contiguas. Para ello las señales se sitúan a la entrada y salida de la estación:

- **Señal de entrada** indica si el tren tiene vía libre dentro de la estación, en verde o si debe entrar y parar (en amarillo). Esta señal de entrada tiene otra 1.500 m antes llamada avanzada que anuncia el estado de la de entrada por si ha de detenerse en la entrada (amarillo, anuncio de parada). Es una señal absoluta, si bien algunas veces tiene un foco blanco para el caso de que haya que autorizar el rebase.
- **Señal de salida** indica que puede salir cuando se le de la orden de marcha o se le presente la señal de paso y si tiene vía libre hasta la siguiente estación.

La generalización de bloqueos automáticos permitió situar más de un tren entre estaciones contiguas, dividiendo la vía en varios cantones. Con ellos se introdujeron las **señales intermedias**, que protegen cada uno de los cantones.

Al existir varias señales entre estaciones contiguas cada una de las señales actúan como señal avanzada de la siguiente, situándose en anuncio de parada si la señal siguiente indica parada.

10.5 Riesgos de los rebases

Señales permisivas en los trayectos (con la letra P). Figura 10.5

En aquellas señales intermedias en vías en las que sólo se circula en un sentido y no hay aparatos de vía se puede asumir que una señal de parada indica que nos estamos acercando al tren precedente. En este caso, entrar en un cantón ocupado no implica peligro siempre que no se produzca una colisión por alcance con el tren precedente. Por ello este tipo de señales se pueden rebasar cuando se tomen las precauciones necesarias para evitar la colisión, siendo estas condiciones habitualmente detenerse ante la señal en rojo para después reiniciar la marcha a muy poca velocidad hasta la señal siguiente (marcha a la vista). La escasa velocidad permite al maquinista del tren detenerse antes de la cola del tren anterior en caso de cualquier incidencia.



Fig. 10.5 Señal de parada permisiva (P)

Fuente: Internet. Señalización RENFE. Señales de parada permisiva (P)

Este tipo de señales se denominan habitualmente «permisivas» ya que permiten ser rebasadas en rojo bajo ciertas condiciones. Se identifican con un cartelón en el poste de la señal que indica la permisividad (o la **no permisividad** en sistemas que consideran todas las señales permisivas por defecto), cartelón diferente según la normativa de cada país.

Cuando es posible entrar en un tramo donde hay otro tren con precaución pero existen otros elementos protegidos por las señales (como que los aparatos de vía estén correctamente configurados) es necesario que el rebase sea autorizado por el gabinete de circulación, considerándose una señal no permisiva

10.6 Rebases autorizados en una estación sobre vía ocupada

Por la importancia que tiene en los riesgos de los rebases autorizados de señal con orden de parada y los movimientos autorizados en el análisis y comprensión de los riesgos e infracciones que dan lugar a accidentes, detallamos a continuación cuales son los aspectos de estas señales indicadas y las órdenes que transmiten al maquinista que se detiene inicialmente frente a ellas.

Ejemplo de rebases

Consideraremos varios ejemplos de rebases de señales con sus características principales y los efectos, en cuanto a daños, a los que dan lugar.

Rebase, permitido por el Reglamento, de una señal de bloqueo **en rojo dotada de la letra P** y accidente de trenes al alcanzar el tren que la rebasa al precedente detenido en otra señal más adelante.

Supongamos en primer lugar una sección de línea en doble vía con bloqueo automático y control de tráfico centralizado, en túnel, que es el caso presente en el que las señales intermedias en general están dotadas de la letra P, que permite a los trenes detenerse ante ellas y si la vía lo permite **seguir avanzando con marcha a la vista** con el maquinista muy atento ya que va un tren por delante que tal vez esté detenido detrás de una curva.

Estos casos que se repiten diariamente, muchas veces cada día en especial en tramos donde la densidad de circulación lo propicia como son los túneles de las grandes ciudades y en especial Barcelona y Madrid.

Descripción del área ferroviaria donde se produjo el accidente

Situamos primero el área ferroviaria de Barcelona de gran complejidad donde se ha producido este accidente y otros o conatos de accidente, figura 10.6 que podemos ver a continuación.

Centraremos la descripción del accidente y los datos para su concepto en dos aspectos, el primero urbanístico de identificación del lugar donde ocurrió y sus características de instalaciones ferroviarias. A continuación como se desarrolló el movimiento de los trenes, su regulación mediante las señales, como se originó el accidente y finalmente a quien procede imputar la responsabilidad del mismo por la Normativa de aplicación en el hecho que resultó incumplida.



Fig. 10.6 Nudo ferroviario subterráneo de Glories. Barcelona

Fuente: Elaboración propia del Autor con mapa de ferrocarriles de Barcelona

En la figura podemos observar un área delimitada por el paseo de San Juan (izquierda) calle Aragón parte superior, calle Navas (derecha) y calle Pere IV (abajo). En el centro el anillo superior de la Plaza de las Glorias, tenemos la línea de Pº Gracia a la estación de França que proviene de la diagonal y sigue hacia la Villa Olímpica en nivel superior y bajo ella transversalmente las líneas de cercanías L1 Mataró, L3 Vic, L4, Manresa (por Sant Andreu Arenal). En el cruce Aragó – Marina la línea se bifurca en dirección Barcelona - França y continuando por la calle Aragó a Barcelona Clot - Aragón, Sagrera y Maçanet Maçanes. L2 norte. Figura 10.7.

De arriba abajo podemos ver:

- Línea 2 Metro
- Línea Aragón Sagrera ADIF-RENFE
- Línea Aragón-Barcelona França (gris)
- Línea P. Catalunya a Montcada Bifurcación (Vic y Manresa)
- Línea 1 Metro P. Catalunya St.Coloma de Gramanet (roja)
- Línea Barcelona França –Sagrera – Granollers Cº/Badalona-Mataró
- Línea Tranvía Besos (verde claro con puntos)

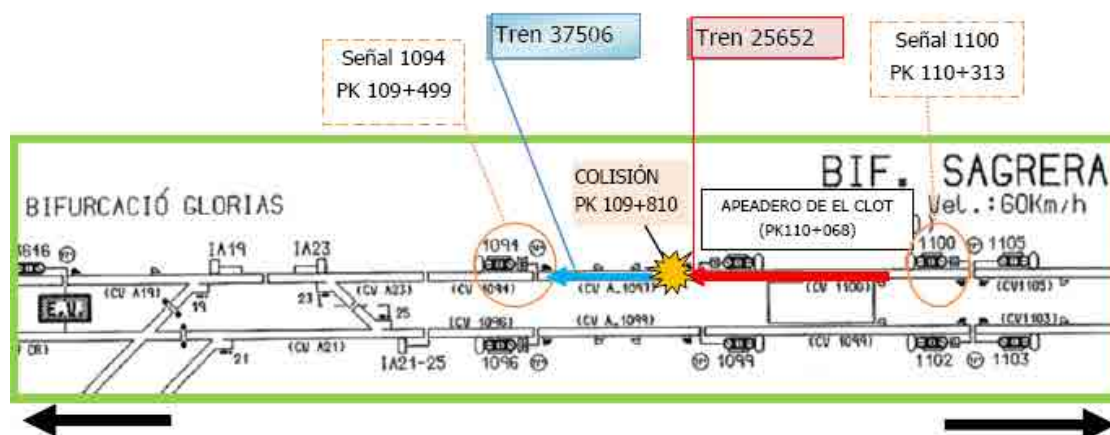
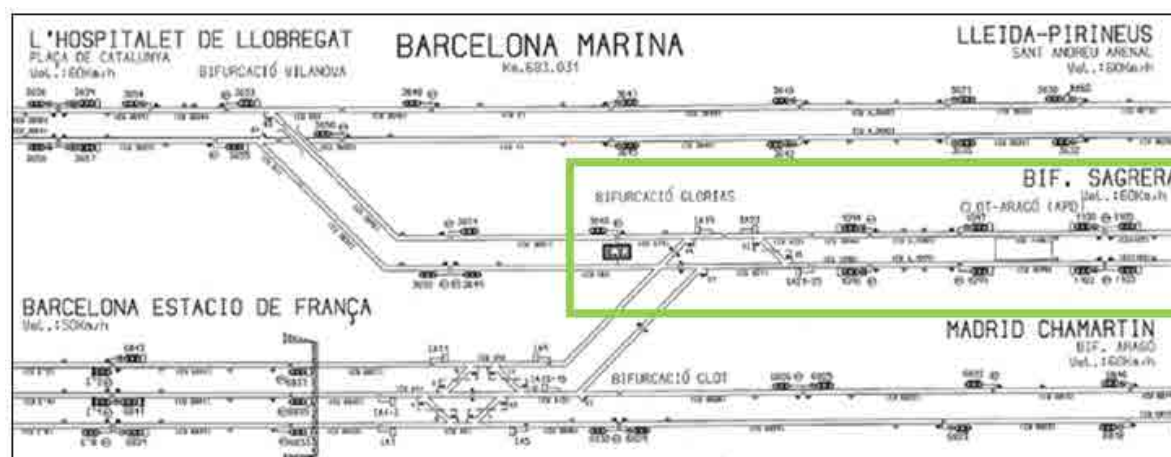


Fig. 10.7 Esquema del accidente.
Fuente: Informe del Ministerio de Fomento. CIAC

Comentarios:

- Vista global de los enlaces ferroviarios y de su complejidad bajo la Plaça de les Glories.
- Descripción de la línea de doble vía Moncada Bifurcación-San Andrés Arenal-Bifurcación Glorias – Arc Triomf-Plaça. Catalunya-Barcelona Sants
- Mataró –Est. Sagrera P.B.-Bifurcación Sagrera-Bif. Glorias, Barcelona França.

Sigue el informe del Ministerio de Fomento (CIAF)⁵¹:

Víctimas y daños materiales:

Como consecuencia del accidente resultan heridas leves 27 personas (dos empleados de la tripulación del tren 37.506 y 25 viajeros del tren 25652, 175.539 euros de daños materiales de los trenes y retrasos de consideración en el servicio.



Tren 25652, Fuente Renfe Operadora

Fig. 10.8 Cabina frontal del tren 25562 después de embestir al TALGO por cola
Fuente: Informe del Ministerio de Fomento. CIAC

Por tanto, vista la descripción de los hechos entrevistados los agentes que intervinieron, así como los informes particulares de ADIF y RENFE Operadora, el técnico responsable de la investigación concluye que:

“El accidente tuvo su origen en un fallo humano del personal de conducción, **al no cumplimentar el maquinista, la marcha a la vista** en la forma que reglamentariamente está establecida.”

Nota del autor: Con las normas vigentes actualmente, la actuación que precedía era: detenerse en la señal en rojo con la P, reanudar de la marcha, con **marcha a la vista** para detenerse a 5 m de la cola del tren precedente.

⁵¹ CIAF. COMISIÓN INVESTIGADORA DE ACCIDENTES FERROVIARIOS, DEPENDIENTE DEL MINISTERIO DE FOMENTO.

10.7 Sucesos anteriores de características similares.

El 28 de abril de 2011 tuvo lugar un suceso muy similar en el apeadero de Clot Aragó de Barcelona. Se produjo en la vía impar y en sentido contrario al del presente suceso. Un tren de cercanías colisionó con una composición de material vacío Talgo, estacionada en dicho apeadero.

El accidente provocó 18 heridos leves. Dicho suceso fue investigado por la CIAF. El material vacío TALGO se encontraba iniciando la marcha tras estar parado ante la señal 1.103 (absoluta, de entrada a Bif. Sagrera), momento en el que es alcanzado por cola por un tren de cercanías que había rebasado la señal 1095 (permisiva) en indicación de parada. El apeadero de El Clot Aragó se encontraba entre ambas señales. Un mal cumplimiento de la “marcha a la vista” por el tren de cercanías fue la causa del accidente.

En base a las medidas adoptadas no se establecieron recomendaciones. Sin embargo llama la atención que en los dos accidentes el maquinista que infringe la norma de la marcha a la vista es el de Cercanías, que por otra parte tienen un servicio muy repetitivo a través de los túneles de Barcelona.

El accidente ocurrido el 19 de enero de 2012 antes resumido, tuvo referencia en EL PERIÓDICO de Barcelona el 15-7-2012, relativo a las inversiones en seguridad previstas por el Ministerio de Fomento a las actuaciones de refuerzo de repasos en formación como el referenciado aquí a continuación”.

Por el momento, que sea conocido únicamente se ha realizado una acción de reforzar la vigilancia de la conducción y la instrucción en temas de Reglamento General de Circulación y otros documentos en vigor con supervisores, como vemos en la fotografía de El Periódico y en la referencia de la misma y la insistencia en el exacto cumplimiento de la normativa que define la forma de realizar la **marcha a la vista** que es el origen de estos accidentes.

Las figuras 10.9 y 10.10 son referencias en El Periódico de Catalunya de las medidas adoptadas.



Fig. 10.9 Referencia en El Periódico de Catalunya 15-07-2012



Fig. 10.10 Referencia en El Periódico de Catalunya 15-07-2012. Maquinista de Cercanías y Supervisor

Otro tipo de rebases con riesgo son los que se autorizan en grandes estaciones, permitiendo la entrada de un tren en una vía ocupada por otro por limitación del número de vías. Esta práctica constituye un riesgo repetitivo importante donde la repetición de la misma puede ser causa de que el maquinista del tren autorizado a rebasar la señal que debe ir muy atento a detenerse a 5 metros de la cola del que está estacionado colisione por detrás con probables daños personales de las personas que están subiendo/bajando y además daños materiales en los trenes.

218 Rebase autorizado.



Fig. 12

1. Ordena al Maquinista:

■ De un tren en la entrada de las estaciones.

Parar ante la señal y reanudar la marcha seguidamente, si nada se opone, con marcha de maniobras hasta el punto de estacionamiento o hasta la señal siguiente. Cuando la señal presente el aspecto de la fig. A procederá de igual forma, pero no efectuará parada.

Fig. 10-11 Señales de rebase autorizado de una señal en parada

Fuente: R.G.C. RENFE-ADIF

10.8 Rebase, sin autorización, de una señal de salida en parada por un tren

En determinadas estaciones de una línea de bloqueo automático con CTC y en particular en vía única, para casos de cruces, o en doble vía para adelantamientos, el tren debe iniciar su marcha, cuando hayan terminado, subida, bajada de viajeros y el interventor se lo comunique al Maquinista, sea la hora prescrita de salida y la señal de salida este en vía libre (verde) en anuncio de parada (amarillo) pero nunca en rojo.

10.9 Zona donde se produce el rebase de señal y talonamiento

En la figura 10.12, podemos ver la cabecera de una estación y una de las vías generales de la misma en primer plano que tiene su final de andén al lado derecho. Dicha vía entronca mediante un desvío, al fondo, con la vía de la derecha del andén. Este entroncamiento al que pueden acceder dicha vía de la derecha y la vía general, está protegido por una señal absoluta de salida dotada en su cúpula de una señal indicadora de bifurcación que indica al tren que va a salir si está establecido un itinerario directo, vertical, o desviado, inclinado a la izquierda.



Fig. 10.12 Zona de rebase de señal y talonamiento
Fuente: Elaboración propia del autor en sus visitas de inspección de seguridad

En dicha figura 10.12, vemos que la señal de salida en su foco central da la indicación de rojo (que ordena al tren, parada ante la misma sin rebasarla). Podemos ver también en la caja de la vía a la derecha, una baliza de madera encargada de transmitir al tren dicha orden de parada y si esta orden de parada no se respetara y el tren rebasara la señal, la baliza enviaría una orden al captador del tren de frenado de emergencia y si por su velocidad llegara al desvío preparado para la salida o entrada de otro tren existiría un talonamiento del desvío, y un conato de colisión o una colisión. Con ello vemos como con el rebase de señal en rojo, se genera el talonamiento que puede terminar o no con accidente grave de colisión, lateral o frontal.

Debemos tener en cuenta que el ASFA instalado inicialmente aun cuando accione el frenado de emergencia del tren al rebasar este la señal en rojo, puede haber llegado con una velocidad que requiera una distancia de frenado mayor que la distancia de la señal al piquete de entrevía, (bordillo horizontal blanco que se ve al fondo y limite de seguridad para no colisionar de costado con otro tren que saliera o entrara a la vía de la derecha). Esta distancia variable en cada caso, se llama **distancia de deslizamiento** y es deseable que siempre sea la mayor posible por seguridad de frenado de emergencia.

Se dan algunos casos en que por no cumplir el maquinista la condición de que la señal este en verde o amarillo que autorizaría al maquinista a emprender la marcha y salir indebidamente y

aun funcionando el ASFA por estar la señal rebasada en rojo al salir de la estación, ha colisionado frontalmente o de costado con un tren que entraba en la estación para cruzar con el numerosas víctimas y dando lugar a un accidente importante como ocurrió en Almacelles en 1987, en Torredembarra en 2003, o en Guiamets en 1979.

Para evitar este tipo de accidente la Dirección de Seguridad en la Circulación, ha diseñado un dispositivo de seguridad (DASS) que irá instalado en el pupitre de conducción, se activará en las paradas e impedirá el arranque del tren, si previamente no se ha reconocido la indicación de la señal sobre su botonera al mantener abierto el circuito del lazo de tracción.

Según sea el aspecto de la señal, el maquinista deberá presionar el pulsador del color correspondiente al color del foco mostrado por la señal (verde, amarillo o rojo). La pulsación del botón rojo no impide el movimiento del tren, pero recordará al maquinista que no puede rebasarla si está en rojo.

En la figura 10.13 podemos ver la imagen de una señal cuya observación oportuna, comprensión y comprobación de su orden en el sistema requiere una atención permanente que el maquinista debe tener en todo momento por razones evidentes de seguridad en la circulación.

10.10 Medidas correctoras y actuaciones en el periodo 1975-2009

Han contribuido a evitar talonamientos y rebases de señal al igual que colisiones la implantación de los siguientes elementos de seguridad:

- Implantación del ASFA
- Bloqueos automáticos
- Control de Tráfico Centralizado (CTC)
- ASFA digital
- Enclavamientos eléctricos y electrónicos

10.11 El fallo humano en talonamientos y rebases de señal⁵²

Las Normas y criterios de seguridad de RENFE, han evolucionado de formas importantes en los últimos años, ayudadas, entre otras, por cambios técnicos en los vehículos, mejoras en las instalaciones y sistemas de seguridad, pero sobre todo por un cambio de pensamiento y mentalidad de los profesionales directamente implicados en la seguridad.

La falta de seguridad tanto en los medios de transporte como en otros sistemas de producción, se manifiesta en ocasiones de forma pública a través de graves accidentes con gran impacto social. Sin embargo, es comúnmente conocido que las causas raíces principales de esos accidentes e incidentes, se encuentran, además en los fallos técnicos de los sistemas como en los errores humanos por actuaciones u omisiones erróneas. Consideremos algunos de los aspectos que influyen en el fallo humano se esta tratando de transmitir al personal de conducción:

- a) Las capacidades psíquicas y físicas mantenidas en todo el horario de servicio de un agente ferroviario de conducción y otros que intervienen en la circulación. Figura 10.13



Fig. 10.13 La atención permanente a las órdenes de las señales. ADIF anual de buenas prácticas de conducción

Es por tanto muy importante en cualquier momento del trabajo que el agente no haga una sobrevaloración de sus aptitudes, que podría incluir un factor muy peligroso para asumir la responsabilidad de sus actos con riesgo de fallo humano.

⁵² Manual de buenas practicas de conducción RENFE. Dirección de Seguridad en la Circulación.

b) En cualquiera de los momentos de la conducción de un tren o la realización de maniobras con el material, se debe de ser consciente de que se está aceptando el riesgo de sufrir algún tipo de incidente o accidente aunque se trate de un recorrido, en apariencia, sencillo y sin dificultad o riesgo. Asumirlo es empezar a evitarlo.

El riesgo siempre está presente. Las condiciones de riesgo bajo las que normalmente conducimos, tienden a ser ciertamente moderadas la mayor parte del tiempo. Las probabilidades de verse involucrado en un suceso no son realmente elevadas.

c) Sin embargo durante la conducción, no hay ningún periodo de tiempo en el que no exista la posibilidad de que ocurra un suceso no deseado por alguno de los siguientes fallos:

- No supervisión de velocidades máximas de vía y vehículo
- No supervisión/control de la velocidad prefijada o dispositivos ATO, según el caso.
- No vigilancia de apertura de disyuntores al paso por los cambios de fase/tensión en trenes con sistemas de señalización en cabina.
- No supervisar que no entren en cabina personas no autorizadas y con servicio que puedan causar una distracción al maquinista en momentos críticos.

d) También contribuyen, básicamente a la seguridad, la infraestructura en correcto estado que debe apreciar el maquinista atento a la marcha y a la parte de vía que va apareciendo en su campo de visión, el correcto estado de los túneles, con la vía libre de obstáculos, debidamente alumbrado y la vía y sus aparatos, así como la catenaria, los puentes y el propio material del tren que se conduce, todo lo cual requiere atención permanente del agente de conducción o maquinista para adoptar las disposiciones normativas relativas a la circulación de los trenes siempre que el caso lo requiera.

e) Es importante también la atenta observación de la señalización informativa del estado de protección de los pasos a nivel, la catenaria, los itinerarios establecidos desde la distancia que puedan verse o mediante los sistemas informativos que tienen.

Cuando las condiciones atmosféricas de la línea empeoran como en el caso de la figura 10.14, el agente de conducción debe redoblar más aun la atención y la prudencia ante posibles situaciones de riesgo previsibles.



Fig. 10.14 Las condiciones atmosféricas aumentan las dificultades de conducción
Fuente: ADIF. Manual de buenas prácticas de conducción.

10.12 Gráfica de la evolución de accidentes por talonamientos

A continuación insertamos la gráfica GR-11 (evolución del número total de accidentes por talonamiento y rebase de señales) y también la correspondiente a los talonamientos que como puede verse han descendido satisfactoriamente aunque como se ha indicado anteriormente todavía quedan situaciones a resolver o elevar el nivel de seguridad en los casos de rebase de señal en parada.

En el punto siguiente 10.13 se detallan aquellas innovaciones y medios que han sido de mayor eficacia para la prevención de esta clase de accidentes.

Las Normas y criterios de seguridad de RENFE, ha evolucionado de forma importante en los últimos años, ayudadas entre otras, por cambios técnicos en los vehículos, mejoras en las instalaciones y sistemas de seguridad, pero sobretodo, por un cambio de pensamiento y mentalidad de los profesionales directamente implicados en la seguridad.

10.13 Conclusiones

Las implementaciones de sistemas que han contribuido con alta eficacia a la reducción de rebases de señal y talonamientos son las siguientes:

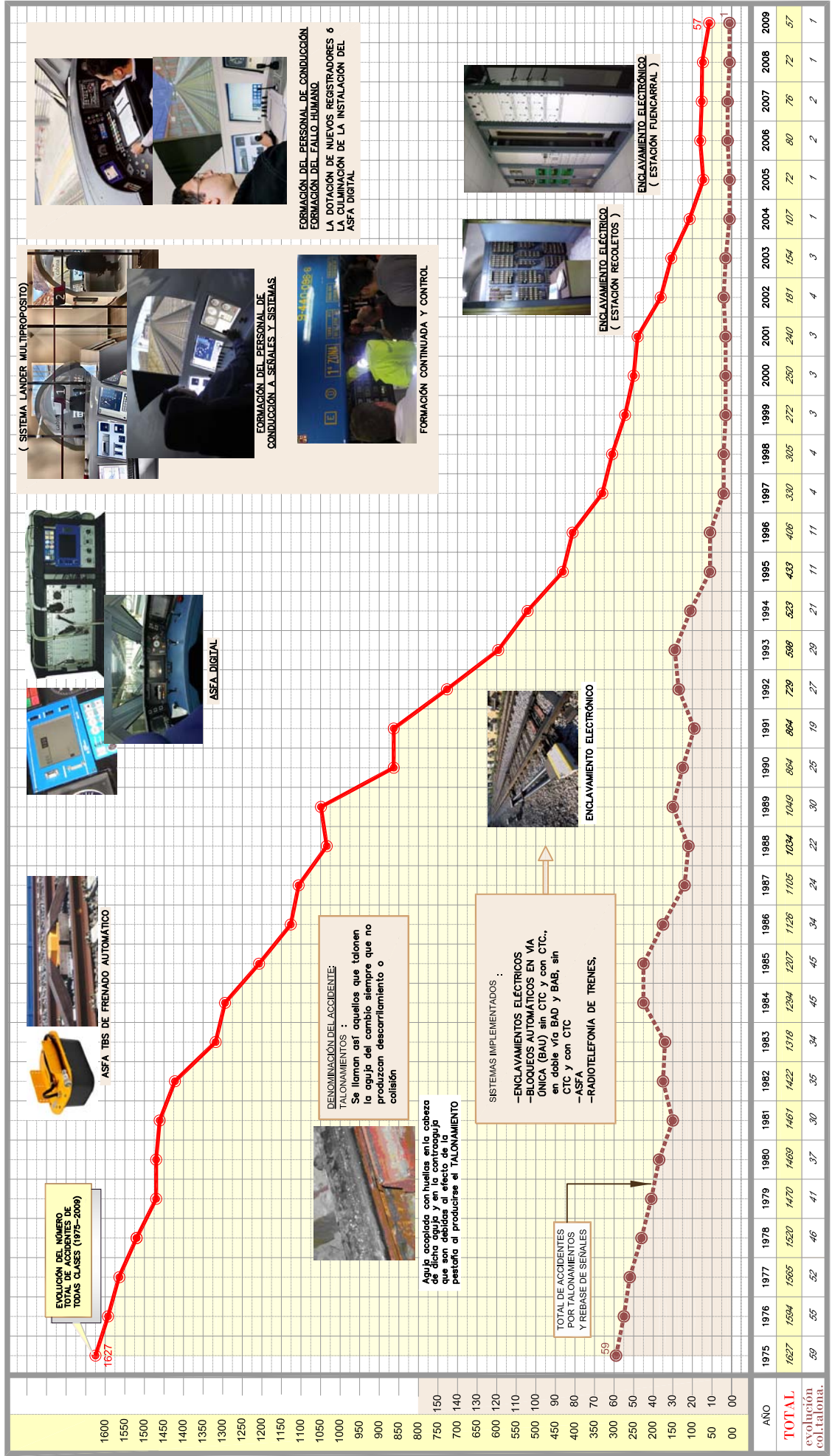
- Implantación del ASFA
- Bloqueos automáticos
- Enclavamientos eléctricos y electrónicos

Quedan no obstante aun procesos muy dependientes del factor humano, que puede estar afectado en un momento dado crítico de una distracción que puede ocasionar un rebase simple que puede ocasionar un talonamiento con deformación de las agujas del desvío o colisiones frontales, por cola o de costado de consecuencias imprevisibles y sobre los que ya se están estudiando sistemas de ayuda a la conducción que eviten totalmente los accidentes que aun se han producido últimamente y los conatos de accidente.

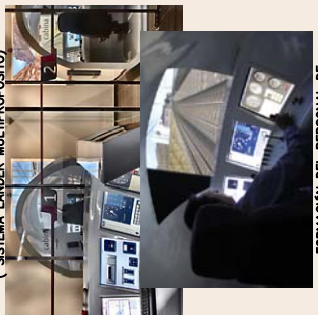
En general todas las medidas definidas como muy eficaces en el capítulo 4, para prevenir colisiones son igualmente de gran eficacia para prevenir los talonamientos.

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES POR TALONAMIENTOS Y REBASE DE SEÑALES



EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES EN TODOS CLASES (1975-2009)



LA CULMINACIÓN DE LA INSTALACIÓN DEL ASFA DIGITAL

DENOMINACIÓN DEL ACCIDENTE:
TALONAMIENTOS :
Se llaman así aquellos que tocan la aguja del cambio siempre que no producen descarrilamiento o colisión



SISTEMAS IMPLEMENTADOS :
-ENCLAVAMIENTOS ELÉCTRICOS
-BLOQUEOS AUTOMÁTICOS EN VIA ÚNICA (BAU) sin CTC y con CTC., en doble vía BAD y BAB, sin CTC y con CTC
-ASFA
-RADIOFONÍA DE TRENES,



11. TECNOLOGÍA EN ELECTRIFICACIÓN, INNOVACIONES INCORPORADAS Y SUS EFECTOS EN LA REDUCCIÓN DE ENGANCHES DE PANTÓGRAFO.

11.1 Introducción y objetivo. Antecedentes técnicos.

Los enganches de pantógrafo son una clase de accidentes originados por interacción de la catenaria con el pantógrafo durante la marcha de las circulaciones. El concepto incluye también el arrollamiento de catenaria o sus elementos por un vehículo motor eléctrico. Comprende también los accidentes múltiples originados por enganches de pantógrafo.

El objeto de este capítulo 11, dentro de la tesis es estudiar todas aquellas acciones que han contribuido a que el número de accidentes de esta clase era de 448 en 1975 en 2009, 35 años después es de 9 enganches. Para ello desarrollaremos la exposición con el siguiente orden y contenidos:

1. Antecedentes técnicos

Breve referencia del periodo de la electrificación entre 1929 y 1975

2. Tecnología del sistema de electrificación ferroviaria

- Partes del sistema.
- Líneas de alimentación de alta tensión.
- Subestaciones convertidoras
- Línea catenaria
- Funcionamiento de la regulación automática de la tensión mecánica de la catenaria
- Pantógrafo

3. Análisis de los distintos problemas de esta tecnología

- El problema técnico de la interacción pantógrafo-catenaria

4. Situación de la accidentalidad por enganches en 1975

- Análisis por periodos de las actuaciones realizadas para resolver el problema

5. La actuación desarrollada por la Dirección de la Energía

- Investigación realizada por la Dirección de Electrificación de RENFE
- La catenaria en 1975. Líneas en servicio y en construcción
- Implementación del sistema automático de regulación de la tensión
- Funcionamiento de este sistema de regulación automática
- Actuaciones en cada uno de los subperiodos de actuación
- Estudio de las averías y elementos afectados
- Rediseño de piezas fundamentales para la seguridad.

6. Rediseño de ingeniería de las piezas objeto de estudio por fallos repetidos

- Resumen de actuaciones principales realizadas y logro de objetivos

7. Implantación de la catenaria rígida en túneles urbanos.

8. Conclusiones relativas a la disminución del número de enganches

1. Antecedentes técnicos

Breve referencia del periodo de la electrificación entre 1929 y 1975

En España, en el año 1950 la tracción del ferrocarril, excepto en pequeños núcleos de Cercanías de Madrid y Barcelona, el servicio se realizaba con locomotoras de vapor en la mayor parte de las líneas, dando lugar a diversos inconvenientes debidos a los humos expelidos por las locomotoras de vapor que molestaban a los viajeros, especialmente en los túneles, generando molestias de respiración y suciedad a los viajeros y empleados.



Fig. 11.1. Vista de la zanja del ferrocarril de la calle Aragón de Barcelona antes de la electrificación de (1956) y su cobertura.

Fuente: Internet fotos. Barcelona antigua (1915)

Por otra parte en las grandes ciudades los trenes que discurrían por el medio de las calles habían evolucionado a una situación algo menos molesta para la población, ya que de la fase de circulación por superficie se pasó a la de circulación por zanjas (figura 11.1), con la expectativa de poderlas convertir en túneles cuando estuviera resuelto el problema de la tracción vapor, que forzosamente habría de conducir a la utilización de la tracción eléctrica ya que la diesel también expelía humos nocivos y molestos en su circulación por túnel.

En general, la tensión habitual era la de 1.500 Vcc, hasta que Compañía del Norte empleó 3.000 Vcc por primera vez para su línea de Ujo a Busdongo en 1925 y que RENFE posteriormente estandarizó para su plan de electrificación. En la figura 11.2, podemos ver una de las primeras locomotoras eléctricas construidas en Estados Unidos y utilizadas en dicha línea ferroviaria.

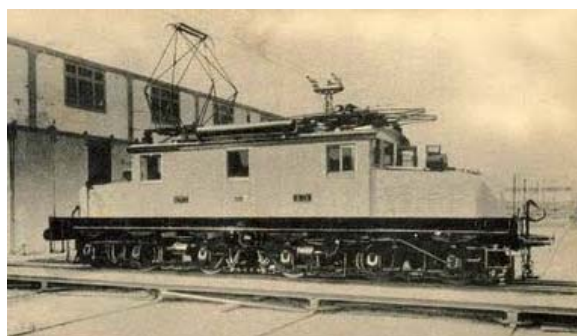


Fig. 11.2 Locomotora 6101 Whestinghouse y Baldwin. Estados Unidos 1926.

Fuente: Internet, la electrificación ferroviaria de Asturias. Compañía del Norte

Las locomotoras serie 6100, prestaron servicio en el tramo electrificado de Asturias hasta los años 1950 en que fueron sustituidas por otras más potentes pertenecientes a la series 7700.

A pesar de ser la tensión minoritaria en su momento, para las nuevas electrificaciones se constituyó un grupo de expertos para estudiar cuáles habrían de ser los tipos de locomotoras más convenientes, teniendo en cuenta las necesidades de tracción el perfil longitudinal de cada línea, las posibilidades de cada serie en líneas donde deberían utilizarse; finalmente se decidió que las 7.600 serían destinadas a Cataluña, figura 11.3, las 7700 a Asturias y la 7800 a Andalucía.



Fig 11.3. Locomotora 7622 en cabeza del Sevillano tren expreso Barcelona-Sevilla
Fuente: Archivos de trabajo en RENFE del autor, responsable de Tracción Eléctrica

La serie 7.600 fue puesta en servicio el 1956 en la línea Barcelona–Tarragona, la 7.700 en 1952 y la 7800 a partir de 1954 en Andalucía y se mantuvieron en servicio hasta la llegada masiva de las locomotoras 269 (conocidas como las japonesas) en el año 1969.

A partir de 19 en julio de 1975 se produjo el apagado simbólico de la última locomotora de vapor y con ello los únicos sistemas de tracción existentes en RENFE eran la tracción eléctrica y la tracción diesel.

Como por otra parte la crisis de la energía de diciembre de 1973 había obligado a adoptar planes de extensión de la electrificación, a medida que avanzaba la misma a 3000 Vcc en distintas zonas de España, fueron desapareciendo las locomotoras eléctricas construidas anteriormente que funcionaban a 1.500 Vcc, ya que esta tensión sólo se mantuvo en la red de vía UIC o métrica. El incremento de los costes derivado de la crisis del petróleo de 1973 impulsó el Plan de Urgencia de Electrificación de 1974 que completó las acciones de electrificación de las líneas iniciadas con anterioridad.

La red de vía ancha ha mantenido la tensión de 3.000 Vcc hasta la introducción de la alta velocidad, en sus líneas, ya que las grandes potencias que ésta demanda aconsejaron la electrificación a 25 kV, 50 Hz (al igual que en la mayoría de los países europeos), que permite reducir los costes asociados al transporte de energía para la tracción y la inversión necesaria en instalaciones fijas eléctricas.

11.2 Tecnología del sistema de electrificación ferroviaria

a) Partes del sistema

Para hacer una breve exposición lo dividiremos en las siguientes partes, líneas de alta tensión que alimentan las subestaciones, las propias subestaciones convertidoras y la línea catenaria. También haremos referencia al pantógrafo del material motor eléctrico que es el elemento que toma la corriente de la catenaria por ser uno de los implicados en los enganches de pantógrafo y ser oportuno hacer una descripción detallada del mismo así como una descripción del circuito de tierra por ser una parte importante del sistema.

a) Líneas de alimentación de alta tensión.

Las líneas de alta tensión, generalmente dos para cada subestación de RENFE de uso alternativo, por razones de seguridad y continuidad de suministro a los servicios ferroviarios, proceden del Sistema REDESA y alimentan las subestaciones convertidoras de ADIF a 25000 o 45000 voltios en corriente según las líneas de A.T. de las que se derivan.

Figura 11.4



Fig. 11.4 Línea de AT en Corriente alterna que alimenta una subestación convertidora.

Fuente: Archivos propios del autor

b) Subestaciones convertidoras

Las subestaciones convertidoras de ADIF, distribuidas a lo largo de la línea ferroviaria cuyas catenarias alimentan, están ubicadas cada 10 kms aproximadamente y su función es convertir la corriente alterna a la tensión que se reciba, 25.000 o 45.0000 voltios en corriente continua 3.300 voltios en barras de subestación y voltios en la línea catenaria.

Las líneas de alta tensión procedentes de las Compañías suministradoras son recibidas en el patio exterior de la subestación con el aparellaje de maniobra, contadores de energía, los transformadores principales de 25.000 o 45.000 a 600 voltios, los equipos rectificadores de la corriente alterna en continua, generalmente tipo silicio, la bobina de aplanamiento de las ondas, equipo de filtrado de armónicos, barra omnibus de 3.000 voltios y feeders o alimentadores que se derivan de ella para salir al exterior a alimentar cada uno de los tramos de vía planificados. Se incluye también en alta tensión un transformador para servicios auxiliares de corriente alterna de la subestación y elementos de seguridad y protección de líneas y equipos así como una batería de acumuladores de alta capacidad.

A continuación podemos ver una imagen de una subestación de línea ferroviaria de montaña, figura 11.5, con el puesto exterior para la llegada de las líneas de alta tensión y la salida de los tres feeders mencionados para una estación cuyo diagrama de vías coincide con el esquema de la figura 11.5 que también se presenta a continuación y en la figura 11.6 el esquema de alimentación de la línea.



Figura 11.5 Vista de una subestación de línea de montaña. Planotes, Línea de Ripoll a Puigcerdá
Fuente: Elaboración propia del autor en visitas de seguridad.

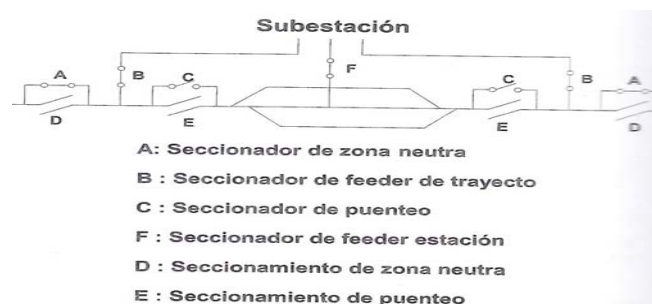


Fig. 11.6 Esquema de alimentación de una estación en vía única con subestación
Fuente: Elaboración propia del autor

El primer proyecto de electrificación con catenaria RENFE en 1949, situaba las subestaciones consecutivas a 20 kms de distancia pero el aumento de circulación ferroviaria y especialmente en el entorno de las grandes ciudades hizo necesario situarlas más próximas intercalando una entre cada dos, quedando a 10 kms aproximadamente.

c) Línea catenaria

El elemento fundamental de la catenaria es el cable de frotación con el pantógrafo de la locomotora / tren, que se le denomina **hilo de contacto** cuya altura respecto al plano de rodadura, debe mantenerse lo más constante posible

Como el tense mecánico del hilo de contacto no puede aumentar indefinidamente, para conseguir esa distancia constante entre el hilo de contacto y el plano de rodadura se recurre al *sustentador*, cable superior que apoyado en dos puntos adopta una curva catenaria de la cual se suspende el hilo de contacto mediante unas varillas conductoras llamadas **péndolas**.

Las péndolas sujetan a los hilos de contacto en su posición correcta mediante una pinza llamada **grifa**, manteniendo los hilos a una determinada altura sobre el plano de rodadura de los carriles y al mismo tiempo proporcionan la conexión eléctrica adecuada entre el sustentador y el hilo de contacto.

Normalmente la catenaria descrita anteriormente se apoya en postes dotados ubicados cada 30, 40, 50 o 60 metros según los radios de la curva de la vía los cuales a su vez van provistos de una brazos horizontales llamados **ménsulas** que soportan partes de la catenaria y disponen de elementos para estabilizarla centrada con la vía permitiendo unas desviaciones en zigzag de hasta 20 cms a cada lado del eje de vía para homogenizar el desgaste de los frotadores o mesillas con pletinas de cobre u otro material buen conductor y de dureza inferior al hilo de contacto.

Este conjunto de suspensión de la catenaria lleva diversos aisladores y piezas que constituyen conjuntos y en los cuales está la clave de una catenaria correctamente diseñada con elementos

seguros y resistentes para evitar los enganches de pantógrafo y que se estudiará después en el punto 2 de este mismo capítulo.

Las ménsulas pueden estar fijas a la parte superior del poste de forma rígida o ser capaces de girar sobre un plano horizontal cuando se regula la tensión mecánica del sustentador a cuyo efecto se intercala una rótula en el elemento de fijación del poste lo cual, facilita los desplazamientos longitudinales del sustentador.

Los **pórticos**, son elementos de unión de la parte superior de los postes que pueden unirse mediante una viga o un cable de acero en el que se suspenden varias catenarias correspondientes a las vías que abarca. Cuando la unión es con cables se llama **funicular** y cuando es mediante una estructura adecuada, pórtico rígido.

Los postes de electrificación que sustentan la catenaria se montan en el suelo sobre unas cimentaciones de hormigón que se llaman macizos de fundación en desmante o en terraplén y en otros casos cuando equilibra el tiro al que está sujeto una catenaria terminal, macizo de anclaje. La compensación de las dilataciones o contracciones de la catenaria se realiza principalmente mediante un sistema automático a base de poleas y contrapesos, bien de forma conjunta para el sustentador y los hilos de contacto o de forma independiente para cada uno de ellos, en esta última forma el cable sustentador y los hilos de contacto se compensan en poleas distintas aunque con las mismas características.

Las **agujas aéreas** se clasifican en dos tipos, denominadas agujas aéreas tangenciales y agujas aéreas y tanto unas como otras permiten a los trenes pasar de una vía a otra. El montaje de las agujas se ha ido modificando para evitar que el pantógrafo rozara al pasar por una aguja tanto en la catenaria de vía directa como en la vía desviada y para evitar estos inconvenientes se ha desarrollado la llamada aguja aérea tangencial que los evita

La línea catenaria denominada de tipo RENFE sirvió de base para la electrificación de 4250 kms de línea férrea que era la desarrollada en dicho año 1949 y al finalizar el Plan de Electrificación en vigor que en aquel momento estaba previsto que llegara a los 8.200 km el

cual, sobre el total electrificado con diversos tipos de catenaria representaba el 91,2%⁵³. En la figura 11.7 este tipo de catenaria base.



Figura 11.7 Doble vía electrificada sin compensar. Tipo RENFE. Años 1950-60

Fuente: Archivos del autor electrificación 8 catalán 1956

Posteriormente la Dirección de Innovación de RENFE, introdujo diversas modificaciones, como la compensación de catenaria para su regulación automática y en las últimas electrificaciones realizadas con este tipo de catenaria la mayoría tendentes a alcanzar mayores velocidades de circulación, evitando bolsas en verano y roturas en invierno por las tensiones no compensadas.

El circuito aéreo positivo para alimentar las cargas que son los trenes, está constituido por la línea aérea de contacto. Evidentemente pertenecen a este circuito, no solo la línea aérea de contacto, también todos aquellos cables que la alimentan o la ayudan a transportar la corriente, es decir, los feeders de refuerzo o positivos de la catenaria que contribuyen aumentando la sección de los cables que transportan la energía, disminuyen su resistencia y la caída de tensión en los puntos de alimentación. Por extensión, en el argot ferroviario, catenaria representa también todos aquellos elementos relacionados con el cable de contacto: elementos de sujeción y herrajes, postes, aisladores y otros cables del circuito de retorno.

El Memorando de electrificación de la catenaria RENFE

La complejidad de elementos y piezas de la catenaria requirió ya desde los primeros momentos de la puesta en servicio de las electrificaciones, redactar un manual de trabajo,

⁵³ Memorando de Renfe de la línea catenaria del Dr. Ingeniero. Industrial .D.Gonzalo Pérez Morales

denominado **Memorando de electrificación de la catenaria RENFE**, figura 11.8 para el personal de Electrificación de RENFE-ADIF que se dedica al proyecto, montaje, mantenimiento y reparaciones de la catenaria tipo RENFE el cual comprende la descripción técnica de todos los componentes de la misma, tablas de las distancias de los equipos, conjuntos y elementos y despiece que la definen en cada caso, así como instrucciones para su montaje y una descripción de las innovaciones realizadas sobre ella basada en la experiencia y en los requerimientos de la demanda de velocidades de circulación de los trenes.

El circuito negativo o de tierra.

Es la parte de circuito encargado de retornar la corriente consumida por el tren a la subestación eléctrica de tracción. En las electrificaciones ferroviarias este circuito es extremadamente complejo de estudiar, sobre todo por la gran cantidad de elementos que lo configuran. Cuando la corriente pasa a través del pantógrafo y es consumida por los motores eléctricos de tracción, el camino de retorno seguido hasta la subestación tiene diferentes partes que son:

- El propio circuito de retorno del tren, formado por cables que unen la salida de los motores a las llantas de rodadura.
- Los carriles de la vía, conectado al circuito a través de las llantas de rodadura.
- El terreno, que conduce la corriente que se deriva de los carriles por la capa de balasto. Es por ello que en los proyectos de electrificación ferroviaria es importante realizar estudios geoelectrónicos que caractericen la resistividad que posee el terreno por el que discurre la línea férrea.
- Un elemento de gran importancia es el cable de retorno o de guarda. Este conductor va tendido paralelo a la línea aérea de contacto, yendo sujeto del lateral de los postes. Por tanto, existe una fracción de la corriente eléctrica que no retorna a la S/E por los carriles y el terreno, sino que ascendiendo por los postes de la catenaria discurre por el cable de guarda. Es de notar por tanto que un poste de catenaria es parte activa del circuito de tracción.
- Otros cables y elementos: pozos de toma de tierra de las subestaciones, conexiones transversales entre los carriles de diferentes vías, etc. Cabe destacar que la conexión realizada entre las subestaciones eléctricas de tracción es diferente dependiendo del

sistema de corriente que se esté considerando. Algunos elementos de la catenaria se representan en la figura 11.8. Así tiene que en un sistema de corriente continua las subestaciones eléctricas siempre se conectan en paralelo, de forma que un tren que se encuentre situado entre dos de ellas recibirá la corriente de alimentación de una y otra, siendo cada una de las corrientes recibidas inversamente proporcionales a las distancias que hay a cada una de las subestaciones.

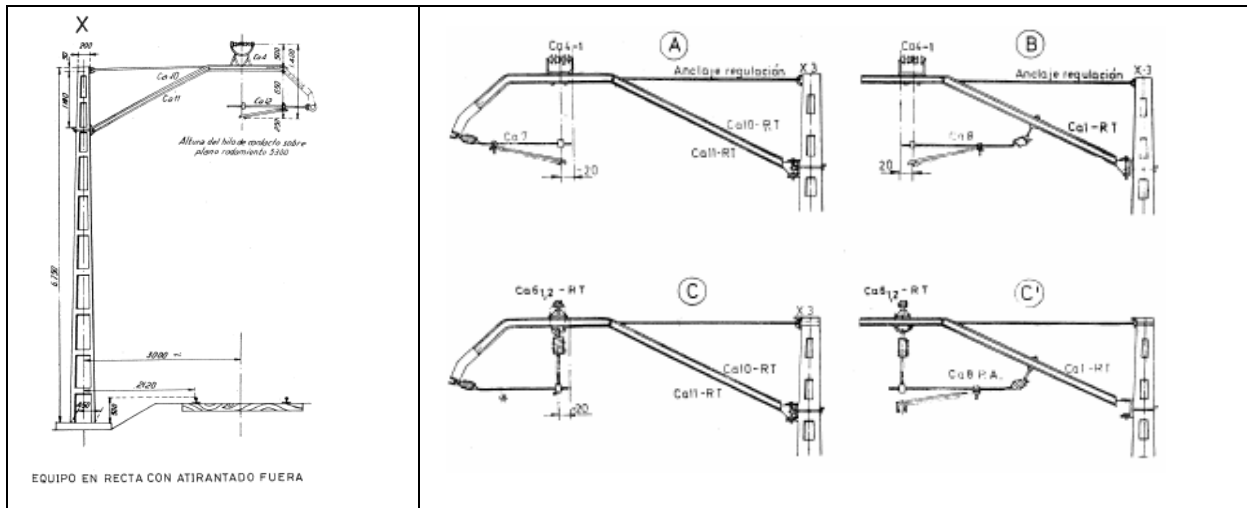


Fig. 11.8 Facsimil de algunos elementos de catenaria que recoge el Memorando

Fuente: ADIF, Memorando de Electrificación del Dr. Ing Ind. D. Gonzalo Pérez Morales

d) El pantógrafo

El pantógrafo, es el aparato encargado de captar la corriente de línea. Su localización es el techo de la locomotora, aislado de ella mediante aisladores de porcelana. Sus partes son, como podemos ver en la figura 11.9, las siguientes:

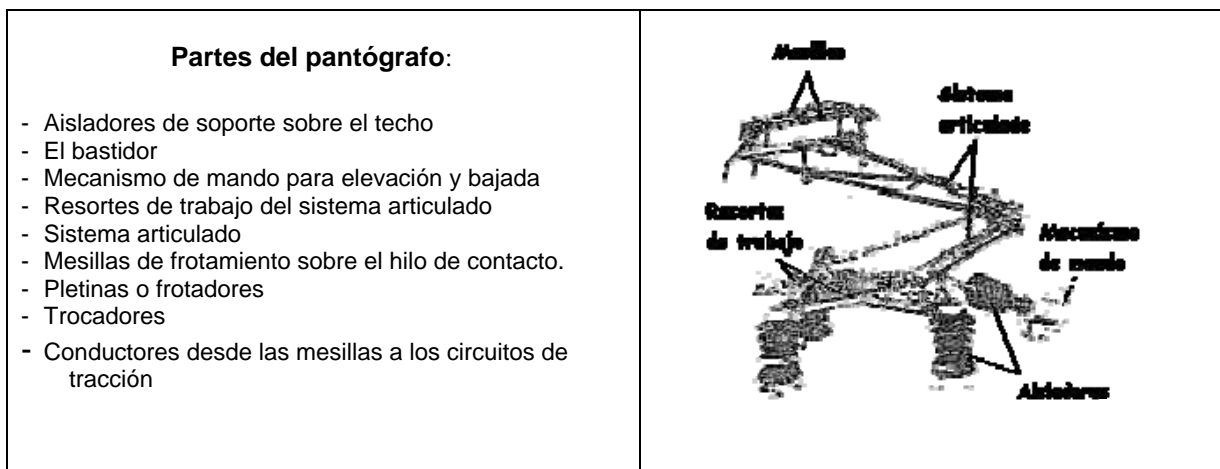


Fig. 11.9 Partes del pantógrafo.

Fuente: Tecnología de catenaria. Ingenieros Industriales D. Jesús Montesinos y D. Manuel Carmona. ADIF

- **El bastidor:** es el armazón que soporta el sistema articulado, los muelles y el pistón de aire comprimido del mecanismo de elevación del pantógrafo.
- **Sistema articulado:** está constituido por una estructura tubular articulada de forma romboidal (ya desechada) o semirromboidal, actualmente casi exclusivamente permiten adoptar diferentes alturas durante la marcha
- **Mesillas:** son los elementos de captación directa de la corriente; constan de: zapata, frotadores generalmente de cobre y trocadores de aluminio dotados de un reborde para evitar que el hilo se salga de la mesilla.
- **Mecanismo de elevación:** formado por cilindro, muelles, resortes y válvulas que hacen ascender o descender las mesillas.

En las operaciones de subida y bajada de pantógrafo y especialmente en la bajada es imprescindible que no esté ningún servicio de la locomotora en funcionamiento tales como calefacción, servicios auxiliares ya que se produciría un arco eléctrico pudiéndose cortar los hilos de contacto por fusión.

e) Funcionamiento de la regulación automática de la tensión mecánica de la catenaria

La regulación automática de la tensión mecánica de la catenaria, se basa en disponer de dos secciones consecutivas de catenaria con unos puntos fijos centrales (PF) en los que está anclada cada una de ellas y por los otros extremos de cada una, de un sistema de pesas que actúa tirando de la catenaria cuando esta se dilata por el calor y aportando mayor longitud de la misma cuando el frío produce contracción, todo ello con el objetivo de mantener una altura lo más constante posible entre el hilo de contacto y el plano de rodadura de la vía.

El centro de simetría de la parte superior se denomina punto fijo, por su anclaje a un poste en el cual dicho punto anclado no varía y lo mismo por el otro lado. Las catenarias se extienden 600 metros a cada lado a cuyo extremo hay una rueda acanalada montada sobre un poste debidamente asegurado por un tirante, por la que baja la catenaria convirtiéndose en un solo hilo de la que pende un sistema de pesas de 600 kgs en cada lado.

Si la catenaria se dilata, las pesas tiran de ella hacia abajo hasta equilibrar el sistema y lo mismo por el otro lado. Si la catenaria se contrae por el frío y disminuye de longitud, el sistema de pesas sube por la tensión provocada por la contracción hasta que el conjunto se equilibra y esta situación se reproduce cada vez que las variaciones de temperatura y longitud lo requieren. En la figura 11.10 se representa el esquema de principio de funcionamiento de este sistema de regulación automática de la tensión mecánica.

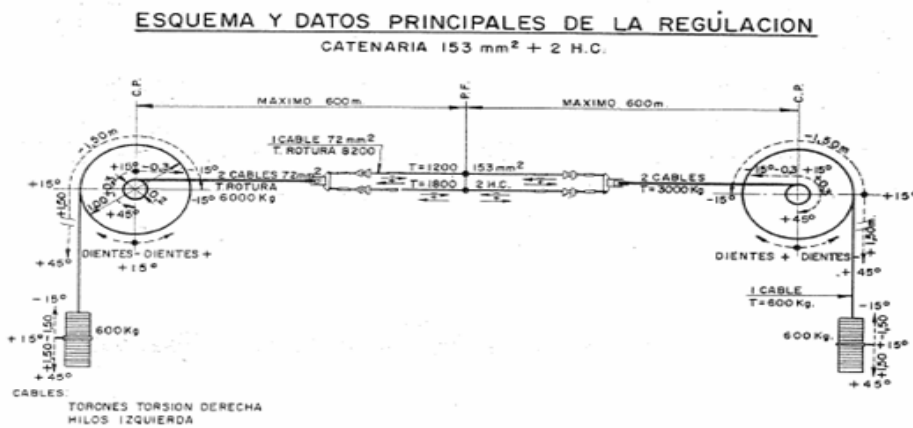


Fig. 11.10 Esquema de principio de la regulación automática de la tensión
Fuente: Memorando de catenaria del Dr. Ing. Ind. D. Gonzalo Perez Morales

De las informaciones obtenidas de las actuaciones de RENFE en el periodo 1975-1990, puede establecerse que las líneas o tramos de línea que en la primera electrificación de líneas que, inicialmente, no disponían de catenaria compensada y en 1985 ya estaban modernizadas y dotadas del sistema, las siguientes:

TERMINADAS		EN FASE DE TERMINACIÓN	
16-04-1985	Silla a Ford	31-12-1985	Sitges-Garraf
19-09-1985	Torralba a Arcos de Jalón	31-12-1985	San Andres Condal-Granollers
08-07-1985	Burriana a Castellón	31-12-1985	Estación de Irun
25-02-1985	Martorell-Castellbisbal	31-12-1985	Manzanares a Linares Baeza
31-12-1985	Madrid –Manzanares	31-12-1985	Desierto Baracaldo a Bilbao N.
31-12-1985	Otzaurte-Hernani		
31-12-1985	Molins de Rei-Barcelona Sants		
31-12-1985	Busdongo-Pola de Lena		
31-12-1985	Garraf-El Prat de Llobregat		
31-12-1985	Galindo a San Julian Musques		
31-12-1985	Granollers Centre a Massanet		

11.3 Análisis de los distintos problemas de esta tecnología.⁵⁴

Entre los problemas que presenta esta tecnología de catenaria, tenemos las alturas y descentramientos de la misma que son los dos parámetros más importantes de la geometría de la catenaria.

Las alturas en cada punto kilométrico están referidas a la cota del plano de rodadura en ese punto y los descentramientos están referidos al eje vertical de la vía en ese perfil. Ambas medidas deben mantenerse dentro de los valores de tolerancia establecidos en el Memorando.

Como consecuencia de trabajos de mantenimiento de la vía, en ocasiones se modifica el peralte de la vía y ello afecta al descentramiento aumentándolo por lo que su corrección debe ser incluida en el protocolo de vía correspondiente. También la modificación del radio de la curva obliga a acondicionar los descentramientos en el centro del vano por lo que debe establecerse la correspondiente coordinación entre los Responsables de vía y catenaria.

Otras veces puede producirse un reblandecimiento del terreno con pequeña inclinación del poste lo cual modifica altura de hilo de contacto y descentramiento que ha de corregirse adecuadamente. Otras causas de modificación de la geometría de catenaria pueden ser el aflojamiento de la tornillería o haber aprietes inadecuados que deben ser detectados y corregidos en las revisiones de línea.

f) Averías que pueden generar incidencias o accidentes por enganches de pantógrafo.

Las averías más importantes que se producen en la línea aérea de contacto afectan a los siguientes elementos:

- Sistema automático de regulación de la tensión mecánica
- Ménsulas giratorias
- Conjuntos de suspensión y atirantado. Fallos en el sistema de aislamiento de la línea
- Esfuerzos mecánicos sobredimensionados en aisladores.
- Averías en los descargadores de antenas

⁵⁴ Tecnología de catenaria. Jesús Montesinos y Manuel Carmona. Dirección de la Energía. RENFE

- Utilización de piezas o materiales no adecuadas
- Rotura o corte de cables en compensación
- Nueva distribución del pendolado
- Incremento de tense de los conductores
- Rotura de pantógrafo

En F Anejo, se expondrá con el título “Estudio individual de la modernización de piezas con averías”, la actuación realizada por la Dirección de la Energía de RENFE para estudiar y resolver estos problemas que en la mayor parte de los casos originan enganche de pantógrafo y cuya solución dio excelentes resultados reduciendo progresivamente este tipo de accidentes que al final del periodo de estudio estaban muy proximos a cero en su cómputo anual acumulado a 31 de diciembre de 2009.

g) *El problema técnico de la interacción pantógrafo - catenaria*

Es evidente que el sistema de alimentación de los motores de tracción de las locomotoras y de los trenes autopropulsado precisa para ello de la catenaria en tensión todo el sistema electrificado, seccionado por zonas, y del pantógrafo que frotando bajo ella se alimenta en cada punto de la red.

Es en esta fricción permanente del pantógrafo con el hilo de contacto produce una interacción pantógrafo catenaria que por el fallo de alguno de los componentes, genera situaciones de avería que se denominan enganches de pantógrafo y producen desde perturbaciones para el servicio a causa de interrupciones y retrasos a inicios de derivaciones eléctricas que pueden convertirse en incendio o bien serias averías mecánicas en la descomposición de la catenaria o una descomposición del pantógrafo, con deformaciones y roturas de diversos componentes.

La calidad de la captación depende esencialmente de la calidad del contacto, es decir, a la vez del comportamiento dinámico del pantógrafo y del de la catenaria cuyo análisis está íntimamente ligado el uno al otro.⁵⁵

⁵⁵ Dr. Roberto Faure Benito, La Tracción eléctrica en el A.V. ferroviaria

Designando por “m” la masa del patín y por “M” la masa del cuadro, la masa total (Mt) será:

$$M_t = M + m$$

Debe equilibrarse con la acción de los resortes y la aplicación de un esfuerzo “Fs” (esfuerzo estático) sobre el hilo de contacto. A este esfuerzo estático viene a sumarse una fuerza suplementaria debida a la acción o esfuerzo aerodinámico que depende de la velocidad “V” según la Ley Cuadrática y por lo tanto el esfuerzo de contacto “Fc” valdrá:

$$F_c = F_s + KV^2$$

Si el plano de contacto fuera rectilíneo, de altura constante e indeformable, este esfuerzo de contacto sería constante para una velocidad dada. Los desniveles de poca amplitud que pueden aparecer al circular la locomotora/tren en el patín del pantógrafo, resultan despreciables debido a la pequeña masa de este y apenas modifican el esfuerzo con que se aplica al hilo de contacto. Figura 11.11.



Fig. 11.11 Pantógrafo elevado
Fuente: Elaboración propia del autor

Por el contrario el conjunto del pantógrafo se encuentra sometido a oscilaciones verticales de mucha mayor amplitud debidas a la flexibilidad del hilo de contacto que resulta mayor en el centro de los tramos que el perfil de los soportes. Estos desniveles de forma casi sinusoidal actúan sobre el conjunto cuadro patín. Por ello aparece en cada punto de contacto una

aceleración “ a ” positiva o negativa “ $\pm a$ ” que es función de la velocidad “ V ” y que da origen a un esfuerzo adicional con lo que el esfuerzo de contacto “ F_c ” pasa a ser:

$$F_c = F_s + KV^2 (\pm (M+m))$$

Esta expresión nos indica que los esfuerzos resultantes provocan variaciones importantes en la fuerza con que el patín se aplica a la línea de contacto y pueden llegar a ser negativas, lo que originaría el despegue del patín del pantógrafo, aparición de un arco y probable corte del hilo de contacto, originándose un aparatoso enganche de pantógrafo.

Por el contrario las aceleraciones positivas favorecen la captación de la intensidad de corriente, al aumentar el esfuerzo de contacto pero someten a la catenaria a esfuerzos de levantamiento cada vez más importantes.

Por ello el problema a resolver es buscar los dispositivos constructivos que aseguren que la amplitud de la oscilación de catenaria es lo más pequeña posible, consiguiendo una gran uniformidad en su elasticidad y por otra una masa reducida para el sistema articulado o cuadro del pantógrafo. También cada parte del sistema deberá tener una frecuencia propia que evite cualquier fenómeno de resonancia dentro de la gama de velocidades con las que se va a trabajar.

h) Velocidad de circulación crítica

La velocidad de circulación con que este fenómeno se produce depende de los parámetros de la catenaria como tensión mecánica de los conductores, masa lineal de estos y elementos especiales tales como péndolas, flecha inicial del hilo de contacto, brazos de atirantado y otros y se denomina “velocidad crítica”.

El valor de esta velocidad que se cita en el Memorando es:

$$V_{CRITICA} = 1,728 \sqrt{\sum T : \sum M}$$

“V crítica” en km/h

$\sum T$ Es la suma de las tensiones de los cables e hilos (Kg)

$\sum M$ Es la suma de las masas de los cables e hilos

Entre los componentes de la catenaria más sujetos a riesgo de enganches de pantógrafo y que por tanto deben estar correctamente diseñados, constituidos por materiales adecuados y bien conservados está el conjunto de suspensión y atirantado representado en la figura 11.12.

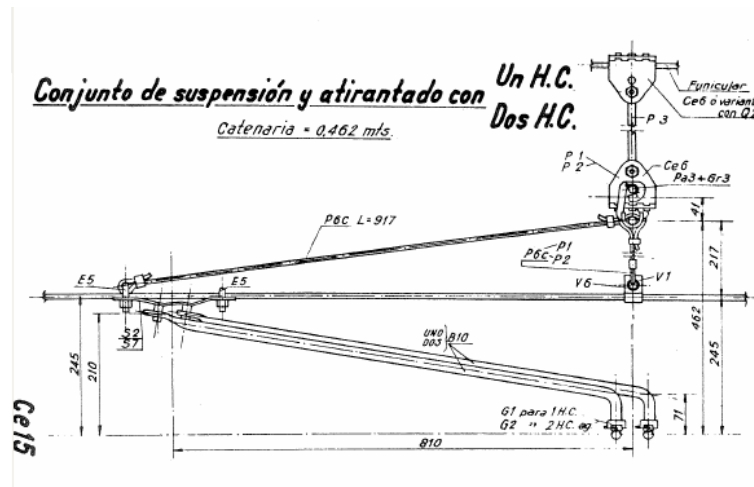


Fig. 11.12 Elementos de mayor riesgo de la catenaria en contacto permanente con el pantógrafo a efectos de enganches.

Fuente: Memorándum de electrificación ADIF

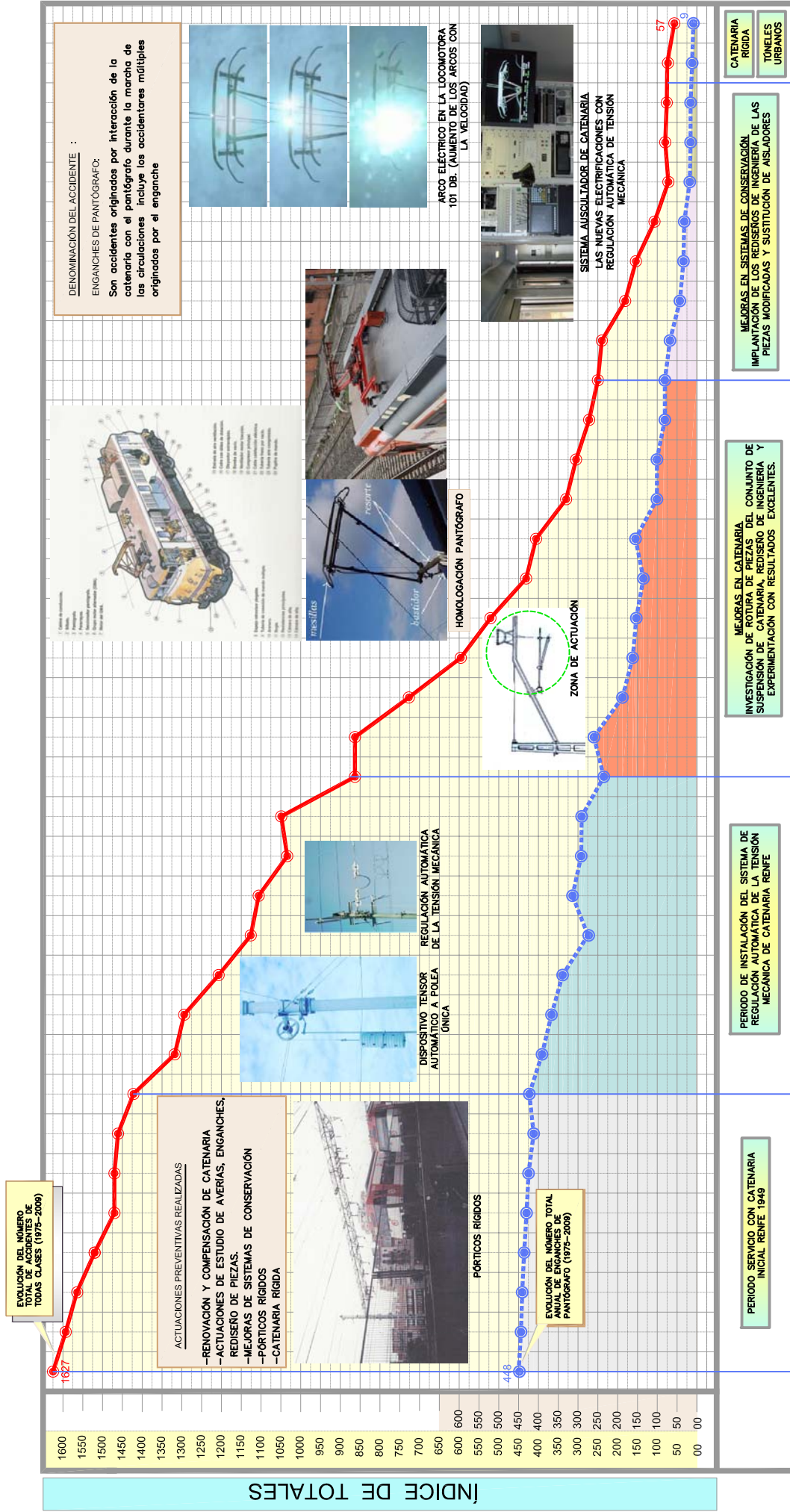
11.4 Situación de la accidentalidad por enganches de pantógrafo en 1975.

El documento gráfico GR-12A (evolución del número de accidentes por enganches de pantógrafo), presenta dos gráficas, la de color rojo corresponde a la evolución del total de accidentes de todas clases ocurridos entre 1975 y 2009, y la de color azul a la parte de ese total de accidentes que corresponde a **enganches de pantógrafo** a 31 de diciembre de cada año entre 1975 y 2009.

Para el análisis por periodos de las actuaciones realizadas con objeto de reducir el número de enganches de pantógrafo se divide el periodo de estudio 1975-2009 en cuatro subperíodos en los cuales tienen lugar las actividades de eficacia diversa tal como se indica en cada uno de ellos.

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES POR ENGANCHES DE PANTÓGRAFO



AÑO	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
TOTAL	1627	1594	1565	1520	1470	1469	1461	1422	1318	1294	1207	1126	1105	1034	1049	864	864	729	508	523	433	406	330	305	272	250	240	191	154	107	72	80	76	72	57	
ENG.	448	444	441	436	430	427	412	423	391	367	339	273	314	292	291	235	260	188	162	153	135	155	101	103	81	85	69	43	39	32	18	16	17	12	9	
PANT.																																				

Análisis por periodos de las actuaciones realizadas para resolver el problema

Al realizar la investigación de la forma en que fue posible reducir los enganches de pantógrafo desde 420 en 1975 hasta 9 en 2009 aparecen distintos periodos bien definidos en los cuales al principio se confiaba en que la implementación de la regulación automática de la tensión mecánica resolvería el problema, la distinta forma de tratar de resolver el problema por cada una de las zonas geográficas de gestión de RENFE, reducía averías pero no en la medida necesaria mientras que cuando se centralizó y externalizó el estudio y análisis de las averías se encontró el verdadero camino y finalmente conseguida la reducción próxima a cero en averías, las modernas tecnologías han consolidado los resultados.

Por este motivo se definen los siguientes periodos de actuación y se detalla brevemente cuales fueron las actuaciones en cada uno.

11.5 Investigación desarrollada por la Dirección de la Energía de RENFE

- **Subperíodo 1. 1975-1982**

Servicio de la catenaria con las características de proyecto de 1949. Pág. 343

- **Subperíodo 2. 1982-1990**

Instalación del sistema de regulación automática de la tensión mecánica de catenaria RENFE.

- **Subperíodo 3. 1990-2000**

Investigación de rotura de piezas del conjunto de suspensión de catenaria, rediseño de ingeniería y experimentación con resultados excelentes.

- **Subperíodo 4. 2000-2009**

Mejoras de sistemas de conservación. Extensión del montaje de las piezas rediseñadas y especialmente la sustitución de aisladores.

Representación gráfica de los subperíodos 1, 2, 3 y 4.

En el gráfico GR-12A que se incluye en la página 337, tenemos dispuesta en traza azul la evolución del número de accidentes anuales por enganches de pantógrafo, divididos en los cuatro subperiodos mencionados anteriormente con resumen de las principales medidas adoptadas en cada uno de ellos y el efecto de reducción logrado.

Investigación sobre la actuación desarrollada por la Dirección de la Energía de RENFE, para reducir los enganches de pantógrafo

Si bien la gestión del mantenimiento de catenaria ha estado dividida ya con anterioridad a 1975, fecha de inicio del presente estudio, en zonas y secciones geográficas de RENFE, los planes de electrificación y estudios de catenaria han sido siempre competencia de las Direcciones Centrales de Obras e Instalaciones o de Mantenimiento de Infraestructura con residencia en Madrid.

Por ello y tal como podemos ver en la gráfica GR-12A, página 341, en 1975 el número de enganches de pantógrafo que se acumulaban anualmente era del orden de 448, por cuyo motivo la Dirección de la Energía y Electrificación de Mantenimiento de Infraestructura acometió estudios en profundidad muy pormenorizados y rigurosos con la colaboración de la Universidad Politécnica de Madrid por una parte y la Ingeniería INECO colaboradora de RENFE por otra, con objeto de esclarecer la causa de la rotura sistemática de algunas piezas y vaerías repetitivas de la catenaria original para obtener conclusiones seguras y claras que marcaran la línea de actuación a seguir que resolviera definitivamente este problema.

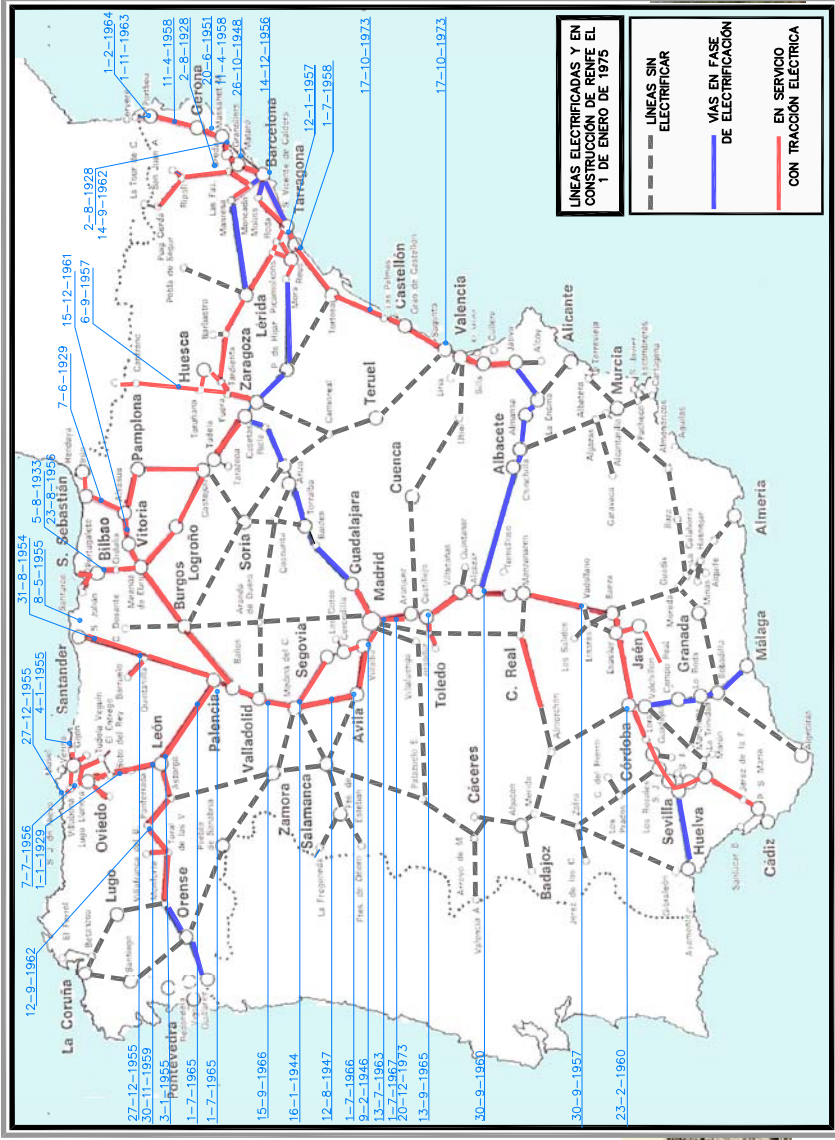
Según las investigaciones realizadas en la Dirección de le Energía por el autor en el de redacción del proyecto de tesis, podemos establecer que la operación se realizó de la forma que se indica a continuación.

• **Subperíodo 1 (1975-1982)**

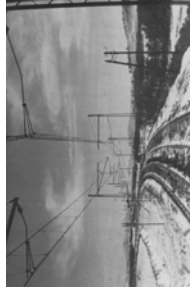
Actuación: instalación del sistema automático de regulación de la tensión mecánica de la que no disponían en la primera electrificación realizada en el tramo correspondiente.

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES POR ENGANCHES DE PANTÓGRAFO. LÍNEAS ELECTRIFICADAS EN SERVICIO, CON TRACCIÓN DIESEL Y ELÉCTRICAS. LÍNEAS EN FASE DE ELECTRIFICACIÓN



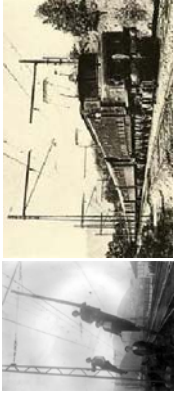
CATENARIA TIPO NORTE
1928
(SIN REGULACIÓN DE LA TENSION MECÁNICA)



CATENARIA TIPO NORTE
(1928)



ELECTRIFICACIÓN MADRID-AVILA-SEGOVIA(1935)



MANTENIMIENTO CATENARIA (1930)

CATENARIA TIPO NORTE (1928)

CATENARIA TIPO RENFE
1949
(SIN REGULACIÓN DE LA TENSION MECÁNICA)



CATENARIA TIPO RENFE AÑO 1949



MONTAJE CATENERIA ESTACION PONFERRADA (1950)



CATENARIA CR-160

ESTACIÓN DE ATOCHA (1930)	ESTACIÓN DE PORTBOU (1940)	ESTACIÓN DE TERRASA (1940)	ESTACIÓN DE SANT CELONI (1950)	ESTACIÓN DE ALSASUA
1975	1976	1977	1978	1979
1627	1504	1565	1520	1470
448	444	441	436	430
1980	1981	1982	1983	1984
1469	1461	1422	1318	1294
427	412	423	391	367
1985	1986	1987	1988	1989
1207	1126	1105	1024	864
273	291	235	260	188
1990	1991	1992	1993	1994
1049	864	729	598	523
291	235	168	162	153
1995	1996	1997	1998	1999
406	406	330	305	272
155	155	101	103	81
2000	2001	2002	2003	2004
250	240	181	154	107
68	68	43	39	32
2005	2006	2007	2008	2009
72	80	76	72	57
18	16	17	12	9

En la gráfica GR-12B, página 345, que se ha incluido anteriormente, podemos ver un mapa en el que se representa la situación de la electrificación en toda la RED en fecha 1 de enero de 1975 iluminando en rojo los tramos de línea en servicio y en color azul los correspondientes a trabajos de electrificación en curso y las líneas a trazos azules con tracción diesel o pendientes de sustitución inmediata en 1975 de la tracción vapor por la diesel.

La característica de la gráfica de enganches de pantógrafo producidos entre 1975 y 1982 (gráfico GR-12A), es casi una paralela al eje X con 448-420 enganches casi constantes que a pesar de la reparación y conservación no se lograban eliminar por causas que eran repetitivas, pero que probablemente iban asociadas a las características del proyecto inicial de catenaria RENFE diseñado y aprobado en 1949.

La catenaria en 1975. Líneas en servicio y en construcción.

Este mapa, incluido en la página 345, en formato A3 a efectos de mejor visualización, codificado como gráfico GR-12B (evolución del número de accidentes de enganches de pantógrafo. Líneas en construcción y en servicio), señala sobre el plano la fecha de puesta en servicio de cada tramo y las fotografías de las instalaciones y del material de la época y tiene por objeto dar una visión de la situación en 1975, punto de inicio del estudio.

Para incorporar mayor precisión en la situación de partida del estudio se dispone de un listado cronológico de las fechas en las cuales se inició la electrificación en vías de ancho ibérico (1.668 mm) por el año 1928 hasta el 1 de enero de 1975 en que se inicia el periodo de estudio. Esta tabla se incluye en E Anejo conjuntamente con los demás anejos del proyecto de tesis.

Entre las líneas que figuran como electrificadas no se hace referencia a aquellas que se realizaron a 1500 voltios, en Cataluña, por los años 1925 siguiendo de alguna manera criterios franceses por parte de la Compañía del Norte y que posteriormente fueron transformadas a 3000 voltios, el 18 de noviembre de 1965 aplicando el criterio de la Dirección de RENFE este criterio establecido en 1946.

Al mismo tiempo se señalan las fechas de puesta en servicio de los distintos tramos que en dicha fecha estaban en funcionamiento. En las fotografías insertadas a ambos lados del mapa pueden verse las características de las líneas electrificadas por la Compañía del NORTE en 1928, 1945, 1946 y las primeras electrificaciones de la Línea Aérea de Contacto tipo RENFE. También pueden verse las características de las locomotoras y unidades de tren empleadas en aquella época que constituyeron la base de las primeras electrificaciones posteriormente modernizadas.

- **Subperíodo 2 (1982-1990)**

Implementación del sistema de la regulación automática de la tensión mecánica.

La regulación automática de la tensión mecánica se fue instalando como veremos en el mapa de la gráfica GR-12C (insertado anteriormente) entre 1975 y 1990. En E Anejo a la tesis se detalla “Modernización de la catenaria. Cronología”.

En el punto de partida del presente Estudio, el 31 de diciembre de 1975 se habían producido 1627 accidentes de todas clases de los cuales 448 (27,5%) eran enganches de pantógrafo lo que define la importancia de esta clase de accidentes y de sus efectos sobre el material, retrasos, perjuicios a los viajeros etc.

A continuación pasamos a detallar las actuaciones realizadas por los responsables de la Dirección de Electrificación de RENFE en cada una de las averías sistemáticas en elementos de la catenaria:

En el gráfico GR-12C (líneas electrificadas a las que se ha dotado de sistema de regulación automática de tensión mecánica) que se inserta en la página siguiente podemos ver un mapa en el que se representa la situación de la electrificación en toda la RED en fecha 1 de enero de 1985 iluminando en rojo los tramos de línea en servicio y en rojo con trazos aquellos tramos de línea que entre 1975 y 1985 ya habían sido dotados del sistema de regulación automática de la tensión mecánica y otras mejoras antes citadas

Las fechas de puesta en servicio de los distintos tramos están comprendidas entre 1 de enero de 1975 y 1 de enero de 1985.

En la gráfica GR-12C, tenemos en color rojo las líneas electrificadas hasta 1975, en color azul las líneas en fase de electrificación o con ella terminada en el periodo indicado y a trazos azules las líneas sin electrificar con tracción diesel.

Examen de la variación de accidentes por enganche de pantógrafo en los periodos 1975-1985 y 1985-1990 en relación con las modernizaciones de catenaria realizadas que incluían la regulación automática de la tensión mecánica y otras innovaciones y mejoras y evaluación de la eficacia de esta medida para la reducción de accidentes.

Como podemos ver en la parte de gráfica acotada entre 1982 y 1990 en este periodo ya se percibe la acción realizada con la regulación automática de la tensión mecánica con el descenso del número de enganches a partir de 1982 hasta 1987 en que se produjo un repunte de ellos más bien puntual que posteriormente continuó descendiendo.

- **Subperíodo 3 (1990-2000)**

Investigación de rotura de piezas del conjunto de suspensión de catenaria, rediseño de ingeniería y experimentación con resultados excelentes.

Las averías producidas con enganche de pantógrafo, investigación para determinar sus causas y detalles de la investigación realizada. Estudio detallado de las causas de cada avería de las roturas o deformaciones de piezas fundamentales de la catenaria, rediseño de los elementos que lo requerían, implantación de las nuevas piezas en el sistema de catenaria tipo RENFE.

- **Periodo 1990-2000. Resultados obtenidos**

La existencia diaria de múltiples averías en la Red producidas por componentes de la catenaria decidió a la Jefatura de Planificación de la Dirección de la Energía de RENFE a examinar en profundidad las causas de las mismas pues en realidad era una situación recurrente para un grupo relativamente reducido de componentes de la catenaria que sufrían la interacción más o menos directa del pantógrafo de los trenes desarrollándose la actuación que se resume a continuación.

11.6 Línea de acción desarrollada

Se efectuó un estudio ABC de las averías producidas en un periodo determinado y sus repercusiones en enganchones, suspensión de la circulación y retrasos. Encargo de la Dirección de Electrificación de RENFE a INECO y a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID, de estudios especializados sobre las piezas que fallaban detectadas por el anterior análisis ABC, sus causas y el rediseño de ingeniería del 75 % de las piezas de los conjuntos de suspensión y atirantado.

Estudio individual de cada pieza, destacando entre las de averías más repetitivas las que se producían en las siguientes piezas. (F Anejo).

- **Grifas**
- **Averías en los brazos de atirantado**
- **Conjuntos de giro de ménsulas**
- **Seccionamiento de lámina de aire en catenaria**
- **Aisladores de sección**
- **Aisladores de sustentación**
- **Conexiones equipotenciales en su sujeción al hilo de contacto**
- **Averías en los descargadores de antenas**
- **Utilización de piezas o materiales no adecuadas**
- **Rotura o corte de cables en compensación**
- **Nuevos tipos de agujas aéreas cruzadas**
- **Nueva distribución del pendolado**
- **Incremento de tense de los conductores**
- **Rotura del pantógrafo**

Vista la forma de trabajar de cada una de las piezas, el lugar o lugares en las que estaban, zonas marítimas, no marítimas, montaña, proximidades de fábricas con producción de humos restos de materias etc.

- Modificación de las especificaciones técnicas normativas, normas de ensayo etc.
- Aumento notable del rigor en la recepción
- Estudio de aisladores

Estudio individual de cada pieza

En el E Anejo se expone con detalle el resultado del estudio de ejemplos de las piezas que tenían averías repetitivas y la solución adoptada para su rediseño.

11.7 Rediseño de ingeniería de las piezas objeto de estudio por fallos.

Una vez analizadas las averías sistemáticas de las piezas de la línea de contacto que más averías sufrían y rediseñadas las piezas de nuevo en función de los requerimientos o solicitudes de trabajo identificadas se volvió a montar a cada una de las piezas rediseñadas en los tramos de línea marítima o de clima continental donde se habían apreciado las averías y se las sometió a un periodo de prueba largo con observaciones intermedias y recogida de las mismas cuando se produjera alguna avería dando en general un resultado muy satisfactorio por cuyo motivo se homologaron, se redactaron nuevas normas de especificaciones y de recepción de fábrica, consiguiendo en conjunto el descenso de enganchones y averías que registran las graficas que acompañan a este capítulo del estudio.

Mayor exigencia en la recepción y en la homologación de piezas

La actuación desarrollada fue, el examen de la variación de accidentes por enganche de pantógrafo en los periodos 1975-1985 y 1985-1990 en relación con la investigación realizada, estudio detallado de las causas de cada avería de las roturas o deformaciones de piezas fundamentales de la catenaria, rediseño de los elementos que lo requerían, implantación de las nuevas piezas en el sistema de catenaria tipo RENFE.

- La mejora de la conservación, detalles y resultados. Detección de defectos. Trenes de auscultación.
- Las actuaciones correctivas y preventivas.
- Desarrolla. Los efectos de los enganches de pantógrafo, actuaciones para mitigarlos, soluciones aplicadas. Pórticos rígidos .Resultados obtenidos.

Subperíodo 4 (2000 a 2007)

La mejora de la conservación, detalles y resultados. Detección de defectos. Trenes de auscultación. Las actuaciones correctivas y preventivas.

Los sistemas electrificados requieren en primer lugar absoluta seguridad en la ejecución de los trabajos para lo cual, en general, es condición imprescindible trabajar con las líneas sin tensión y con puesta a tierra, al mismo tiempo requieren precisión en la ejecución de los mismos ya sean revisiones o sustituciones de elementos post revisiones

Los requerimientos anteriores precisan de plataformas capaces de aproximarse suficientemente al conjunto de catenaria de que se trate para ver los defectos y para realizar las reparaciones o sustituciones y al mismo tiempo deben realizarse en horarios que en general son nocturnos o en túneles en los cuales no se dispone nunca de iluminación natural por lo que es preciso que los medios o vagonetas de trabajo estén dotados de proyectores adecuados para disponer de iluminación adecuada y con las menos sombras posibles.

El mercado ya hace años que dispone de estos equipos como pueden ser por ejemplo los fabricados por la casa Pleasser del cual se expone una muestra en la fotografía de la parte inferior. Figura 11.14, a continuación.



Fig. 11.13 Maquinaria de mantenimiento de vía electrificada
Fuente: Información de la casa Pleasser en revista VÍA LIBRE

Gracias a la versatilidad y fácil manejo de estas maquinas solo es necesario un reducido equipo humano que hace más rentable el coste de las operaciones de mantenimiento por lo

que constituyen sin duda una innovación en el ámbito del moderno mantenimiento de la catenaria y muy especialmente en zonas de diversas vías a reconocer y tratar con pocos movimientos de la maquinaria y utilización rápida del brazo con su cesta en la que caben dos operarios con comodidad.

La actuación sobre los pantógrafos. Su homologación.

Existe una Norma de mantenimiento integral de trenes que ha ampliado la consistencia de las actuaciones de revisión y reparación de pantógrafos prestando gran atención a la frecuencia de las intervenciones y las partes que se examinan tanto en lo que se refiere a la parte mecánica como a la parte eléctrica y muy en particular el conjunto de la mesilla de pantógrafo perfiles de contacto de las mesillas estados de desgaste, prevención de surcos, funcionamiento de las articulaciones de los tubos que lo componen para conseguir la continua adaptación a la altura variable del hilo de contacto lo cual sin duda ha contribuido notablemente a evitar enganches de pantógrafo.

Implantación de la catenaria rígida en los túneles urbanos

Como es bien conocido los túneles ferroviarios urbanos de las grandes ciudades son tramos con importantes riesgos de incendios, enganches de catenaria, necesidades de evacuación en un momento determinado para las que existen salidas de emergencia pero la raíz de este riesgo está fundamentalmente en dos causas, los enganches de pantógrafo y los ceros de tensión. Los primeros pueden provocar un incendio por derivación de sistemas eléctricos del techo y los segundos pueden crear pánico e inducir a los viajeros a abrir las puertas con las llaves de emergencia y salir a la vía de los túneles buscando la evacuación con consecuencias imprevisibles.

La catenaria rígida, figura 11.15 se distingue de las otras en que el elemento sustentador del hilo de contacto no es un cable tenso, sino un carril rígido. Lógicamente, para mantener este carril rígido paralelo a la vía la distancia entre sujeciones no puede ser muy grande, ya que de otro modo se deformaría al ser su peso por unidad de longitud mucho mayor que el de un cable.

Como ejemplo, diremos que para suspender una catenaria rígida se usan vanos (distancia entre apoyos) de 10 ó 12 m, mientras que el vano para catenarias flexibles estén torno a los 50 ó 60 m.



Fig.11.14 Catenaria rígida en transporte subterráneo urbano
Fuente: Ferrocarriles Metropolitanos del Dr.ICCP D.Manuel Melis

Dicha limitación restringe su uso a los túneles, estructuras o sitios de muy escaso gálibo, donde otros sistemas se muestran ineficaces.

El carril empleado actualmente consiste en un perfil extruído de aluminio, figura 11.16, que lleva encastrado en su parte inferior un hilo de contacto de cobre.

El hilo de contacto se encastra en la parte central del carril, siendo este descentrado por medio de la colocación de las suspensiones que lo soportan, consiguiendo así el efecto de Zig-zag que deben tener todas las catenarias poligonales a fin de equilibrar el desgaste de los frotadores de los pantógrafos.

La transmisión de corriente eléctrica se realiza tanto por el aluminio como por el cobre, dando lugar a una gran sección de conductor y por tanto minimizando las pérdidas por efecto Joule así como la caída de tensión. Aun así, y al igual que en las catenarias convencionales, sólo el hilo de cobre debe entrar en contacto con el pantógrafo.

Consiste fundamentalmente en un perfil de aluminio con una zona en forma de mordaza para alojar el hilo de contacto de cobre, formando un conjunto de gran rigidez mecánica y elevada sección de paso de corriente. Sus características particulares lo convierten en el sistema más

empleado en túneles por seguridad, menores costes de mantenimiento y mínimo riesgo de averías o enganches.



Fig 11.15 Perfil de soporte del hilo de contacto

Fuente: Ferrocarriles Metropolitanos del Dr.ICCP D.Manuel Melis

Como inconvenientes pueden señalarse únicamente necesidad de numerosos puntos de apoyo para mantener la horizontalidad y que requieren bajas velocidades de 30 o 40 kms pero dada la densidad de circulación en túneles de grandes ciudades, no es importante y compensa el aumento de seguridad y bajo mantenimiento.

Esta actuación realizada en algunas grandes ciudades como Barcelona en los años 2007-2009 ha contribuido a una mejora importante de la seguridad, de enganches de pantógrafo y sus consecuencias en túneles.

Tabla 11.1: Resumen de la exposición. Evaluación de la eficacia de las sucesivas actuaciones realizadas para la reducción de enganches de pantógrafo.

Subperiodos de actuación	Años	Actuaciones principales	Total anual de enganches en el subperiodo indicado	Ratio: disminución media de enganches en el periodo por año
1º	1975-1982	Catenaria original RENFE 1949	De 31-12-75 a 31-12-1982 3461 enganches en el período	
2º	1982-1990	Regulación automática de la tensión y otras innovaciones	De 31-12-1982 a 31-12-1990 2502 enganches	$(3461-2502):8 = 119$ enganches menos cada año en el subperiodo de 8 años
3º	1990-2000	Estudio de incidencias roturas de piezas rediseño de ingeniería e instalación en línea. Nuevas especificaciones técnicas y recepción estricta	De 31-12-1990 a 31-12-2000 1426 enganches	$(2502-1426): 8 = 134$ enganches menos cada año en el subperiodo de 8 años
4º	2000-2009	Implantación de los rediseños de ingeniería de las piezas modificadas sustitución de aisladores y catenaria rígida	De 31-12-2000 a 31-12-2009 254 enganches	$(1426-254): 8 = 146$ enganches menos cada año en el subperiodo de 8 años

Los subperiodos de mayor eficacia en la reducción de enganches de pantógrafo fueron el 2º y el 3º es decir desde 1982 hasta 2000 en que se resolvió casi totalmente el problema de los enganches con la actuación de la Dirección de la Energía y Electrificación de Mantenimiento de Infraestructura.

11.8 Conclusiones relativas a la disminución del número de enganches

La electrificación ferroviaria a 1500 V realizada a partir de 1929 se hizo antigua y por ello se inició la electrificación con la nueva catenaria RENFE 1949, mucho más ligera, que no disponía de sistema de regulación automática de la tensión aun, pero estaba preparada para recibirlo más adelante al elevarse progresivamente las velocidades de los trenes.

En 1975 fecha de inicio del presente estudio, se contabilizaron 428 enganches de pantógrafo en el acumulado a 31-12-1975 por antigüedad y deficiencias técnicas.

Por entonces ya se había tomado la decisión de que en los nuevos tramos se instalara el sistema de regulación y en los antiguos se procediera según la disponibilidad de recursos a la modernización de la catenaria que incluía regulación y otras innovaciones así como la renovación de postes y otros elementos.

En el periodo 1975-1990 con todas las actuaciones descritas aplicadas se consiguió que los accidentes disminuyeran en una media de 10,4 cada año llegando a 1990 con 291 accidentes anuales.

A continuación la Dirección de Electrificación realizó un análisis en profundidad de las causas de los enganchones y adoptó una importante decisión de solicitar a Ineco Ingeniería y a la Universidad Politécnica de Madrid el estudio de las causas de roturas y defectos de funcionamiento detectadas en distintas piezas de la catenaria, su forma de trabajar, el tipo de material más conveniente el necesario rediseño de ingeniería de las mismas, estudios en laboratorio de comportamiento, renovación de las especificaciones técnicas vigentes haciéndolas mucho más técnicamente rigurosas y una recepción de exigencia estricta que dio un excelente resultado, pasando de 428 enganches anuales en 1975 a 9 enganches en 2009.

Finalmente la introducción de la catenaria rígida, en túneles urbanos de grandes ciudades, en el periodo 2008-2009 redujo aun más el número de enganches, a 9 anuales el 31-12-2009 fecha de finalización del periodo de este estudio.

Por lo tanto examinando la tabla anterior de la página 358 que resume actuaciones realizadas, resultados de reducción de enganches obtenidos al final de cada periodo de actuación y unas sencillas ratios que cuantifiquen en cada periodo la reducción anual media del número de enganches nos permite resumir que los planes de reducción de este tipo de accidentes deben establecerse con las siguientes prioridades:

- Las catenarias de las vías de estaciones deben estar dotadas de pórticos rígidos para mitigar la afectación de un enganchon al tráfico.
- Mantenimiento moderno, adecuado a cortos periodos de trabajo nocturno con maquinaria dotada de sistemas de elevación y desplazamiento rápidos sobre la vía.
- Dotar a los túneles urbanos de las grandes ciudades de los sistemas de catenaria rígida por seguridad frente a incendios, evitar incidencias, que producen efectos muy peligrosos.
- Los pantógrafos del material motor deben estar homologados y ser sometidos a continuas revisiones en función de los kilómetros recorridos y los tramos geográficos atravesados.

En consecuencia el autor del trabajo estima que las actuaciones realizadas por los Responsables de la Dirección de Electrificación de RENFE han sido oportunas, eficaces y definitivas, como corroboran los resultados de reducción de enganches a 31-12-2009, teniendo en cuenta, además, las circunstancias de los orígenes de las electrificaciones en la red de ancho ibérico español, existiendo una correlación de causa-efecto entre las proporciones y consistencia de cada actuación realizada y los logros obtenidos en reducción de enganches de pantógrafo.

12 EL FACTOR HUMANO EN LA SEGURIDAD EN LA CIRCULACIÓN

12.1 Entorno social

Los cambios en la sociedad en los años 1975-2009, han generado modificación de actitudes de forma que podemos detallar algunos de los elementos que de alguna manera influyen en la seguridad ferroviaria, por ejemplo, una erosión de la autoridad y prestigio de los mandos. La tendencia hacia la igualdad social ha mediatizado la autoridad pero aunque esto es una nota favorable exige que el mando sea muy profesional en su preparación y experiencia lo cual presenta otra modalidad de autoridad menos jerárquica pero más adecuada para el servicio.

12.2 El Factor humano

En los grupos humanos, en los gobiernos y en las empresas, existe bien diferenciada la función de la seguridad y se centra en personas, y en organismos constituidos por representantes especializados que habrán de velar por ella en el ámbito correspondiente.

La seguridad tiene un coste que dependerá de los componentes utilizados para conseguirla y a cambio nos ofrece una rentabilidad humana, empresarial, social, si bien como es bien sabido la seguridad total no es alcanzable, pero podemos establecer que existen niveles de seguridad cada vez más elevados y deseables.

Las Administraciones ferroviarias han tenido y tienen siempre una gran preocupación por los accidentes graves, tanto por las víctimas como por la pérdida de imagen tanto para la administración ferroviaria responsable, como para la modalidad de transporte por ferrocarril y por supuesto el Estado. En los estudios de Seguridad realizados por las administraciones ferroviarias a lo largo del tiempo se han realizado análisis y obtenidas conclusiones muy coincidentes en cuanto a las causas y a la prevención de accidentes.

En primer lugar el nivel de seguridad no es un estado estable⁵⁶ que se alcanza de una vez por todas y constituye un logro patrimonial, el factor humano (hombre y mujer cada vez más) juega un papel importantísimo y es falible. El sistema de seguridad ferroviario entendido como un conjunto de sistema que pone en juego equipos de vía a bordo, automatismos, medios de comunicación, reglamentos, normas, consignas, avisos y el factor humano. La interrelación entre todos estos elementos es importantísima y el factor reducción de personal también juega un papel importante.

La relación equipos-normas, está bien asegurada ya que está muy elaborada por el fabricante de los equipos, pero **la relación normas – personas, siempre puede mejorarse** y de esta forma desde que se adquirió la evidencia de estos hechos se han hecho tradicionalmente refuerzos sobre esta última relación por dos vías muy importantes y complementarias que son la formación cíclica y la vigilancia continuada sobre el factor humano y por otra parte otra importantísima que es la automatización.

La experiencia pone de relieve que es el factor humano el que ha concebido los equipos, los diseña, los construye, los instala, los verifica, los utiliza, los conserva, concibe las reglas, los procedimientos, las normas, identifica situaciones y determina conductas a seguir para controlarlas pero toda disfunción siempre tiene en primer grado, segundo o tercero un origen humano como fallo de operación, comprensión, órdenes, instrucciones, etc. y de ahí deriva la importancia del factor humano. Hay que considerar también los efectos de la soledad en la conducción en diversas circunstancias y especialmente en incidencias.

La experiencia enseña que la seguridad ⁵⁷ **se logra con un material y unos reglamentos adaptados al factor humano y precisamente así y no al revés.** De hecho en las empresas españolas de ferrocarriles se ha observado como los sucesivos reglamentos de circulación que se han ido estableciendo especialmente por aumentar la tecnificación y automatización

⁵⁶ La Vie du Rail. Agosto 1978.

⁵⁷ LA VUE DU RAIL. La Sécurité dans la circulation des trains. AGOSTO 1978.

En cuanto a los agentes ferroviarios vinculados a la seguridad de la circulación (conducción, estaciones, puesto de mando etc.) ha de poseer en su estructura mental unas dotes de intuición, voluntad, responsabilidad y actividad de forma innata. El agente ferroviario asume un riesgo cuando acepta un puesto de trabajo y desecha otros riesgos que no considera aceptables.

Las situaciones que se le presentan al individuo le obligan a tomar conciencia de las mismas y le exigen una manifestación de sus propias capacidades mediante una reacción psicomotriz de sus órganos de respuesta. Toda decisión lleva consigo un cortejo de actos posibles cada uno de los cuales encadena unas posibles consecuencias.

Así el factor humano ferroviario en cuanto a componente de la seguridad, concentra la posibilidad del cumplimiento de las normas para la realización de los procesos y los fallos por actuaciones pueden proceder tanto de personal que posee una falta de formación o aptitudes, como de personal competente.

La formación precisa dos fases previas que consisten en la información y la materialización y es evidente que debe empezar en la formación básica y de ahí la importancia de los procesos de selección de personal por parte de las Administraciones ferroviarias.

La persona ha de estar preparada para sensibilizarse de que su comportamiento es de gran trascendencia e importancia, imbuyéndose de la responsabilidad de que cualquiera de sus actuaciones puede tener gran influencia sobre otras personas y bienes

En cuanto a la formación específica del agente ferroviario deberá ser cíclica y poseerá dos niveles de actuación el de las ideas generales y el de la especialización que le corresponda a cada sector, realizándose con las modernas técnicas pedagógicas audiovisuales, mediante cursos, seminarios, campañas divulgadoras a cargo de especialistas muy cualificados.

El nivel de especialización ha de estar presente de forma masiva en toda la acción de incorporación de cualquier nuevo sistema que se integre en la seguridad. La utilización de

monitores, cabinas, paneles de simulación, visitas y viajes por las instalaciones constituyen unos efectivos medios para asegurar un buen aprendizaje.

Tendremos presente que los componentes de la ergonomía son la iluminación, la temperatura, el ruido, la humedad relativa, espacio, antropometría, información aparatos, controles, paneles, etc.

En cuanto al comportamiento del individuo se distinguirá entre conducta perenne y actitud circunstancial. La primera puede ponerse de relieve mediante reconocimientos y tests psicológicos y la segunda puede ser motivo de condiciones específicas de carácter temporal. Se requiere también hacer comprobaciones automáticas de capacidad y disposición de carácter temporal.

La actuación gerencial con los individuos que mantengan actitudes incorrectas frente a la seguridad deberá ser rígida para prevenir accidentes de desconocidas consecuencias incurriendo en complicidad.

Los estudios realizados apuntan a que la inhibición del personal puede ser consecuencia de tres hechos:

- No cree en el riesgo
- Olvida pronto el accidente sufrido
- Es escéptico en cuanto a las medidas de seguridad

Otros estudios, muy importantes para la seguridad, dan como principales causas de accidente originadas por el error humano las siguientes:

- **Mejorar el conocimiento del factor humano, de su trabajo y de la relación de dicho factor con el trabajo.**
- **Mejorar la fiabilidad del sistema factor humano – máquina para reducir las posibilidades de fallo.**
- **Reducir las consecuencias posibles de los fallos cuando inevitablemente se produzcan.**

El factor humano es el resorte más sensible del sistema de seguridad con todas sus fortalezas y debilidades, estas últimas son los riesgos de equivocarse.

La historia de las Administraciones Ferroviarias es que últimamente se ha producido una gran reducción de efectivos humanos con relevo de funciones manuales por medios técnicos como antes se ha expuesto.

Es necesario pues saber valorar el fenómeno del trabajo de una persona en estas condiciones aislada, (caso de los maquinistas o jefes de circulación donde los haya, por ejemplo) los efectos, la necesidad de lograr resultados competitivos, las respuestas individuales, el temor a los correctivos, la vigilancia, la monotonía, la rutina, las preocupaciones generales y las particulares de cada persona, las eventuales prolongaciones de jornada, los cambios de horario de los turnos, las tensiones de la conducción a velocidades de 160 km/h y el cansancio progresivo, todo ello para prevenir el fallo humano.

Los Reglamentos pues deben separar claramente estas tres funciones:

- reglas de carácter jurídico
- documentos de formación
- documentos de aplicación operacional (manuales)

Los actos de formación deben hacer comprender al factor humano la razón y el porque de la regla explicando los motivos y la lógica, para la mejor asimilación y recuerdo.

Es importante transmitir el conocimiento de aquellos sucesos significativos que han dado lugar a un accidente o incidencia o bien supuesto un riesgo muy importante solamente a efectos de que su conocimiento actúe de enseñanza preventiva para evitar su repetición Un error esta relacionado siempre con una falta de vigilancia o de conocimiento (formación o información) y esas carencias son las que deben corregirse.

La recepción diaria de la información, una investigación rápida y precisa de las causas, un resumen de las características del accidente, imputación de responsabilidad y un tratamiento

informático así como una síntesis de la información recibida ayudan a tomar decisiones sobre la forma de reducir la accidentalidad. Un buen análisis de los puestos de trabajo, sus requerimientos, sus exigencias, sus niveles mínimos, es importante para que la persona sea adecuada al puesto.

El conocimiento de las carencias de formación y las causas de los accidentes permitirán establecer los programas de formación y reciclaje. La seguridad resulta de una organización específica que exige el desarrollo de una competencia y de una verdadera profesionalidad.

La organización debe exponer regularmente los análisis y los resultados alcanzados mediante índices de seguridad UIC de forma positiva y estimulante para todos. El diseño y la instalación de procedimientos y dispositivos de alarma automática, vigilancia, que releven al factor humano de posibles fallos contribuyen también a reforzar la seguridad. La formación personal básica, la participación colectiva en los objetivos, los análisis de los problemas en común, todas las formas de motivación y movilización del factor humano alrededor del proyecto común de la seguridad en la circulación son positivas para el factor humano y la seguridad.

El entorno que gravita sobre la seguridad en la circulación y sobre el factor humano

El entorno gravita sobre la seguridad en la circulación de los trenes a través de posibles catástrofes naturales, inundaciones, atentados cometidos por determinadas personas terroristas, alteraciones de orden público, la presencia de calor, frío, nieve, ventisca, lluvia, niebla, calores tórridos y también gravita sobre los sistemas de seguridad de forma decisiva provocando acciones no deseables ya directa o indirectamente que pueden causar averías a los sistemas de seguridad. La figura 12.1 es un ejemplo de la perturbación importante de una relativamente reciente nevada que también afecto al ferrocarril.



Fig. 12.1. Nevada en Cataluña 7-3-2010

Fuente: Internet www.trenscat.cat.

El valor de la adherencia rueda-carril cambia por el grado de humedad, hielo, la presencia de hojas en otoño, el follaje de los árboles a veces dificulta la visibilidad, el efecto térmico actúa sobre los carriles produciendo unas veces garrotes o deformaciones y otras roturas de carril. Otras veces son los efectos de meteorización sobre los terraplenes y desmontes que provocan desprendimientos inesperados y que pueden ocasionar descarrilamientos comprometiendo la seguridad.

Otras veces de caminos próximos o paralelos caen vehículos a la vía si bien en algunos casos existen elementos detectores que actúan sobre las señales deteniendo los trenes.

Se producen continuamente arrollamientos de personas del orden de 300 cada año en toda España, y a veces animales que invaden la vía cuando no está vallada, figura 12.2 y quedan aun muchos kms por vallar; la mayoría tienen carácter de suicidio y otras veces se producen arrollamientos en los pasos a nivel protegidos por señales fijas, semibarreras, generalmente por imprudencia de los conductores de vehículos de carretera.



Fig. 12.2. Cerramiento a lo largo de la vía

Fuente: Internet www.trenscat.cat.

En las zonas urbanas y costeras, empresa ferroviaria y ayuntamientos acuerdan compartir el coste de vallados de la vía para evitar el cruce de las personas sobre las mismas y la carretera evitando cruce de la vía y arrollamientos.

Principales causas de un accidente originadas por el fallo humano

- Hábito-rutina
- Deficiencias en la ergonomía
- Ambigüedades en la relación del personal
- Falta de visibilidad
- Capacidad física mermada
- Estados de intoxicación
- Exceso de fatiga mental
- Cálculo erróneo del riesgo
- Variación excesiva de lugares de trabajo
- Incapacidad de los medios materiales
- Metodología mal concebida
- Modificación frecuente de los métodos de trabajo
- Trances de crisis emocionales
- Influencia de aspectos fisiológicos

Por lo tanto, una mejora de la seguridad y prevención del fallo humano debe pasar por la automatización progresiva de cuanto sea posible, una correcta conservación de los equipos

máquinas e infraestructura y muy especialmente por la formación del factor humano y puede pensarse que estas son las claves que permitirán sin duda una importante elevación del nivel de seguridad, controlando también periódicamente el estado de la persona (figura 12.3).

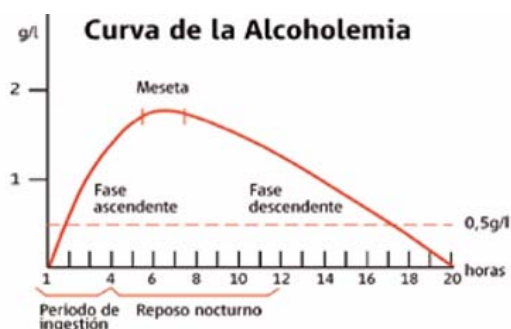


Fig. 12.3 Importancia del control periódico de las condiciones del personal
Fuente: RENFE. Manual de buenas prácticas de conducción

12.3 Análisis del aspecto humano de la seguridad

La vida del hombre solo puede desarrollarse si su entorno le ofrece un mínimo de seguridades⁵⁸. La acción consciente más importante para el hombre es la de su seguridad y al considerarla como primordial subordina a la misma su vida; este instinto no le abandona nunca y reacciona contra los actos que puedan comprometerla, incluso de forma inconsciente, mediante reflejos atávicos. Analizando el carácter histórico de la seguridad, podemos establecer que el hombre realiza un juicio de valor, analiza el riesgo que le supone una agresión y pondera lo que le costará protegerse

La ciencia ha ido incidiendo gradualmente en la civilización humana, le ha aportado grados de sosiego, de bienestar y de seguridad por eso produce nuevas inseguridades que el hombre establece y acepta. Toda invención llega inseparablemente unida a una prevención (explosiones, degradación ambiental y otros, de manera que no hay progreso sin peligro)

La seguridad se manifiesta en innumerables campos: legal, social, psicológico, etc. Los ámbitos son muy variados: personal, familiar, social, nacional, y corporativa, nos enfrenta con el concepto de riesgo y es preciso cubrirse ante el azar y la acción intencionada que previene la seguridad corporativa. La dimensión de la seguridad total no existe, ya que cae en el campo

⁵⁸ Dr. ICCP F. Oliveros. Planificación de FFCC.

de la utopía. Esto nos conduce a los conceptos de posibilidad y probabilidad en relación con la presencia de un suceso, pero además, el riesgo está ligado a otra variable, el tiempo todo lo cual complica todavía más el problema. Por otra parte, recordamos que la probabilidad no tiene un carácter independiente en cada acción.

Conceptos que caracterizan un vehículo respecto a la seguridad

En un vehículo de ferrocarril existen diversos aspectos que lo caracterizan respecto a la seguridad y para expresarlo reproducimos la tabla 12.1 que se inserta a continuación y que contempla aspectos como los materiales, la capacidad de frenado, las resistencias pasivas, su ergonomía y las consideraciones que merecen al autor. Dr. ICCP, Profesor Don Fernando Oliveros.

Tabla 12.1 Conceptos que caracterizan un vehículo respecto a la seguridad

Materiales	Inflamables , combustibles, protecciones de cables
Capacidad de frenado	Las posibilidades superan a las capacidades actuales por lo que existen limitaciones para el propio vehículo por limitaciones de velocidad en vía, catenaria compensada o no, está ampliamente resuelto incluso para altas velocidades, exige la introducción del llamado sistema bloque en el cual cada tipo de freno interviene en el proceso de deceleración que corresponda con lo que se consigue reducir gradual y armónicamente su energía cinética. El techo de actuación supera los 300 km/h
Resistencia pasiva	La cabina de conducción, los compartimentos de los viajeros, las estructuras de los coches y vagones especialmente si transportan mercancías peligrosas, deben ofrecer una protección adecuada tanto en los aspectos de elasticidad y resistencia tanto para soportar los esfuerzos ordinarios como los que resultaran de un eventual accidente
Ergonomía	Las características ergonómicas tienen mucha influencia en la fatiga psicofísica por lo que es preciso cuidar el diseño y aspecto cromático de la cabina de conducción para el maquinista

El autor también considera importante reproducir la tabla 12.2 que establece las comparaciones entre las características humanas y las máquinas referidas a unas funciones determinadas que se indican en la primera columna del mismo Autor que la tabla anterior.

Tabla 12.2 Comparación entre las características humanas y las máquinas⁵⁹

Función	Persona	Máquina
Flexibilidad	Gran flexibilidad, capaz de afrontar sucesos inesperados o poco probables.	Poca flexibilidad ante acontecimientos inesperados.
Habilidad para aprender	Su experiencia previa puede ser utilizada y relacionada con nuevos conocimientos	Normalmente es necesario variar la configuración del equipo para realizar otra operación distinta.
Sensibilidad	Puede reaccionar ante una amplia variedad de señales. Puede transferir varias clases de estímulos simultáneamente	Un instrumento dado es sensible normalmente a una señal determinada.
Coste	El aprendizaje y conocimiento dependen de la complejidad de la tarea a desarrollar.	El costo aumenta rápidamente conforme aumenta su complejidad
Peso	Ligero	Para realizar las funciones humanas dentro de lo posible deber ser inmensamente pesado.
Iniciativa	Capaz de observar e informar sobre sucesos y observaciones al margen del ámbito concreto de trabajo.	Incapaz de descubrir incidencias marginales o relaciones entre actividades distintas
Fiabilidad	Sujeta a errores, no obstante la fiabilidad de una máquina accionada manualmente puede ser mayor que una automática al tener la primera menor número de componentes	Pueden obtenerse máquinas con fiabilidad muy próxima a la unidad, utilizando sistemas de redundancia: trae como consecuencia equipos muy costosos
Variación de proceso	Muy variable de un día a otro. Difícil de controlar	Variación mínima y fácilmente controlable
Tiempo de reacción	Relativamente largo. La respuesta humana más corta es del orden de 0,20 seg.	Tan rápida como lo permite el tiempo de operación de los relés o dispositivos electrónicos.
Fuerza física	Relativamente débil al no ser ayudado por máquinas	Prácticamente sin limitación de potencia
Repetitividad	Las tareas repetitivas conducen a errores. Son necesarios intervalos de descanso. El tiempo máximo para un trabajo eficiente se considera de 8 a 10 horas. El enriquecimiento de tareas puede reducir los fallos.	Capaz de gran número de operaciones seguidas. Solo deben considerarse limitaciones físicas, tales como calor corrosión o desgaste.
Condiciones ambientales	Puede actuar con buen rendimiento solo en una banda restringida de condiciones ambientales	Se puede diseñar para tolerar fluctuaciones ambientales mucho mayores
Sobrecarga	Puede ser capaz de actuar mejor que las máquinas en ciertos tipos de sobrecargas temporales sin alterar funciones	Puede dañarse completamente bajo sobrecarga
Seguridad	Actitud positiva ante la seguridad. Las situaciones de peligro pueden ser detectadas, en ciertos casos por reacciones reflejas y fisiológicas.	Sin conciencia de peligro
Memoria	Débil en cuanto a almacenamiento a corto plazo	Excelente a corto plazo. A largo plazo resulta enormemente costoso.
Velocidad para operaciones matemáticas concretas.	Relativamente pequeña y lenta	Excelente y muy rápida
Lógica deductiva para instrucciones concretas	Partiendo de premisas correctas puede llegar a conclusiones erróneas. No siempre sigue el camino óptimo.	Excelente. Puede almacenar el camino óptimo a seguir para casos altamente probables
Lógica inductiva para instrucciones concretas	Puede pasar de casos particulares a reglas de tipo general o leyes.	Pobre en lógica inductiva
Concentración	Se distrae fácilmente por estímulos exteriores.	No le afectan los estímulos exteriores normalmente.

⁵⁹ Dr. ICCP .D.F. Oliveros Planificación de ferrocarriles

Las características y posibilidades definidas en la tabla anterior nos permiten que al diseñar un sistema tratemos de aprovechar las mejores condiciones del hombre y la máquina estableciendo las combinaciones adecuadas para que nos proporcione las mejores prestaciones y la máxima seguridad.

12.4 La gestión del riesgo por fallo humano

La intervención del ser humano en la seguridad de la circulación ferroviaria, como individuo y como parte constituyente de la organización es el componente principal de la actividad ferroviaria siendo por tanto el factor humano un elemento determinante en el desarrollo de la Organización.

A pesar del esfuerzo que se viene realizando en la modernización en las instalaciones de seguridad tanto de la infraestructura como de los trenes, el factor humano seguirá teniendo un carácter fundamental.

Un Programa de Gestión del Fallo Humano, debe basarse en metodologías de trabajo que tenga especialmente en cuenta las exigencias de la Directiva de Seguridad Ferroviaria como son los Objetivos Comunes de Seguridad (OCS), los Indicadores Comunes de Seguridad (ICS) y los Métodos Comunes de Seguridad (MCS) en pleno desarrollo.

Los objetivos marcados en este programa de gestión del fallo humano se basa en el estudio de **la formación personalizada**, debe dar respuesta a las causas de errores humanos que supongan infracciones reglamentarias y puedan ser reparadas mediante medidas preventivas que tengan su soporte en el cambio de conducta tras un aprendizaje, sean estas de conocimiento, habilidad o percepción de los riesgos.

El Simulador de conducción

Conducir un vehículo ferroviario implica una responsabilidad profesional, social y jurídica que debe ser asumida por los profesionales de la conducción desde su incorporación al puesto y durante las actividades diarias de su profesión.

Las capacidades psicofísicas de un maquinista, son la base fundamental sobre la que se sustenta el adecuado desempeño de la tarea de conducción; y es por tanto, una responsabilidad profesional velar por el buen estado psicofísico antes y durante la conducción de un tren. Las competencias y habilidades de un profesional de la conducción comprenden los conocimientos, habilidades y actitudes necesarias que permiten la realización segura y fiable de la tarea a realizar.

Entre los elementos de formación de este personal está un documento interno de RENFE titulado Manual de Buenas Practicas de Conducción de RENFE que incluye el uso de un monitor de formación programado, que reproduce al detalle la red del ámbito ferroviario para el que esté concebida la conducción por la que van a circular los agentes a formar con la posibilidad de conducir una unidad tren en situaciones similares a la conducción real.

La programación va presentando situaciones habituales en el servicio a los que la persona que esta realizando su formación debe responder con la necesaria rapidez y conocimiento de los reglamentos para que no sea penalizado por el sistema. Estas respuestas requieren conocimientos del Reglamento General de Circulación y otras materias para superar las pruebas.

El sistema representa fielmente toda la red del suburbano, o de líneas de cercanías, más de 40 kilómetros de vía, con sus curvas, pendientes, sistema de de señalización, balizas, catenaria y estaciones. Su gran virtud es que permite simular múltiples averías e incidencias con el objeto de entrenar la respuesta del personal, y permitiéndoles aplicar las soluciones más seguras, eficaces y eficientes ante situaciones degradadas del servicio de metro o de ferrocarril.

Problemas como: señalización, descarrilamientos, arrollamientos, caídas de objetos a la vía o problemas de tracción de un tren, son parte de las más de 60 averías y 25 incidencias, que están previamente prefijadas para que el personal pueda ponerlas en práctica. El simulador va más allá de programar las averías e incidencias más comunes en los trenes o en la señalización, ya que es capaz de representar diferentes escenarios, que incluyen un sinfín de

condicionamientos, como por ejemplo, condiciones climatológicas adversas, desde una gran nevada a una intensa niebla en el tramo de superficie (figura 12.4).



Fig. 12.4 Simulador de conducción

Fuente: Manual de buenas prácticas de conducción

Este tipo de herramienta de entrenamiento se ha hecho imprescindible hoy en los sistemas metropolitanos y de cercanías, desde que éstos comenzaran a implantar los sistemas de conducción segura y automática, ATP y ATO. Son innumerables las ventajas de esta tecnología, ya que mejoran ostensiblemente la fiabilidad y la seguridad en la circulación. Por ello, la adquisición de un simulador es hoy imprescindible para lograr una formación continua de calidad del personal de conducción de cualquier empresa ferroviaria.

El ahorro de costes es otra de las grandes ventajas de este sofisticado sistema de entrenamiento. En primer lugar, porque permite el ensayo de todos los movimientos y maniobras que habitualmente efectúa un tren. A lo que hay que sumarle, el valor añadido de que posibilita el ejercicio de la resolución de las averías o incidencias que pueden producirse en la circulación real. Y todo ello, sin necesidad de hacerlo en la propia red de metro, o ferrocarril evitando de este modo el riesgo del deterioro de las instalaciones, o lo que es lo mismo, con un importante reducción del gasto (energía, mantenimiento, horas nocturnas de formación...).

El centro dispone de tres puestos, uno para la persona formadora y otros dos puestos de formación para el entrenamiento.

En estas cabinas virtuales, con una estética cuidada y funcional, se representan las mismas condiciones a las que se enfrenta el personal de conducción en las Unidades. Además, el sistema es capaz de incorporar al ejercicio un tren con cuatro o con cinco coches.



Fig. 12.5 y 12.6 Imágenes que aparecen en el simulador
Fuente: Manual de buenas prácticas de conducción

Estas aulas ofrecen una solución tecnológica de gran valor para potenciar al máximo los conocimientos, habilidades y actitudes del personal de conducción en materia de seguridad en la circulación, al enfrentarles a situaciones que, por su complejidad o riesgo, difícilmente podrían llevarse a cabo en un escenario real. Cuentan para ello con todos los escenarios posibles que se dibujan en una red virtual de 40 kilómetros, y están equipados con los sistemas de seguridad que utilizan los trenes

El diseño del simulador ha correspondido a una empresa vasca, que ha tenido especial cuidado en reproducir todos los escenarios posibles dentro de una red de Metro. Tres pantallas táctiles y un conjunto de mandos componen la cabina de conducción, desde la que el alumno o alumna observa en un sistema visual los elementos de vía, catenaria, sistema de señalización, pasos a nivel, estaciones y hasta clientes.

Desde su asiento, la persona que esté realizando el ejercicio, supervisa: los sistemas de seguridad, tracción y freno, controles de la unidad tren, sistemas de comunicación e información a la clientela, las paradas y el accionamiento de la apertura y cierre de puertas. Incluso pueden ver cómo la clientela entra y sale del tren a través de un retrovisor que aparece en pantalla.

Otra de las ventajas de la herramienta es su versatilidad. El diseño del simulador permite ir incorporando nuevas funcionalidades según las necesidades, como ampliaciones del trazado, averías e incidencias o la adquisición de nuevo material móvil, o bien aquellos cambios relacionados con los sistemas de señalización.

13. CONCLUSIONES GENERALES, APORTACIÓN DE TESIS Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

13.1 Conclusiones generales

a) Seguridad y accidentes ferroviarios

El Estado ha tenido siempre una preocupación por la seguridad en la circulación ferroviaria y la prevención de accidentes, dictando una serie de disposiciones muchas de las cuales obligan a inversiones para garantizarla, las cuales han constituido un ordenamiento jurídico en cada país para la seguridad en la circulación de los trenes en su sentido más amplio y el objeto de este estudio es evaluar las acciones realizadas por el Estado y RENFE, ADIF, en relación con los excelentes resultados obtenidos en el periodo 1975-2005 en España.

La forma de medir los resultados de seguridad en la circulación, (en tabla 13.1) en general por los Administradores, es el **índice de frecuencia**, ya adoptado por la Unión Internacional de Ferrocarriles (UIC) y que se define como cociente entre el número de accidentes ocurridos en un periodo definido y los millones de kilómetros recorridos por los trenes.

Tabla 13.1 Indicadores de accidentalidad 1975-2009

Año	Total anual de accidentes	Millones de kms-tren	Índice de frecuencia
1975	1627	134,20	12,12
2009	57	183,00	0,31

$$If = \frac{\text{Nº total anual de accidentes}}{\text{Millones de kms-tren recorridos}}$$

La reducción de accidentes anuales que se ha obtenido en 35 años se considera excelente y se han analizado las actuaciones que han permitido esta evolución y son valores semejantes a otras las Administraciones Ferroviarias de la CEE que han conseguido habitualmente los mejores resultados de la Comunidad.

b) Marco político y de gestión de las innovaciones tecnológicas realizadas

El Plan Decenal de Modernización 1964-1972 y el Plan RENFE 1972-1975, con la renovación de vía de unos 8000 kms, 75% de la Red y de su parte más importante, la supresión de la tracción vapor dando paso a la tracción eléctrica en las líneas de mayor tráfico y de difícil perfil y a la tracción diesel, afectó muy favorablemente a la reducción de descarrilamientos y arrollamiento de obstáculos por el tratamiento de trincheras.

La decisión del Gobierno de ingresar en la CEE en 1986 dio un giro importante a los proyectos de ferrocarril modificando el plan de accesos a Andalucía en ancho ibérico y sustituyéndolo por el de la primera línea de alta velocidad Madrid – Sevilla-Cádiz, en 1992, como primera fase de su continuación al de Madrid-Barcelona –Frontera Francesa.

La reorganización de RENFE en 1990 a base de unidades de negocio con responsabilidades bien delimitadas que contribuyeron a la mejora de la seguridad, con la adquisición del nuevo material para el servicio de Cercanías, al tiempo que continuaban las mejoras en vía y sistemas de gestión de la explotación contribuyeron a elevar la seguridad de elevada eficacia. En 1992 se inició el servicio de alta velocidad española entre Madrid y Sevilla.

c) La problemática de los pasos a nivel

En el año 1975, se clasificaban en pasos a nivel guardados a pie de paso por guardabarreras con barreras levadizas, cadenas, cierres correderas o a distancia mediante transmisión alámbrica en muchas estaciones y pasos a nivel sin guardar con la cruz de San Andrés.

El R.D. 2422/1978 de 24-8-78, elevó considerablemente su nivel de protección, suprimiendo la posibilidad de instalar nuevos pasos a nivel y evitando con ello continuar aumentando el problema, dedicando todo el esfuerzo a mejorar las protecciones de los mismos, implantando guardería a partir de un $AxT > 2500$ y de 1500 cuando el paso a nivel tuviera visibilidad menor de 500m con cuya actuación se redujeron los accidentes de los 205 en 1975 a 63 (30,7%) en 1992 en cuya fecha se adoptaron. nuevas disposiciones legales.

Con las disposiciones del R.D. 780/2001 de 1-8-2001 se redobló el rigor del R.D. 2422/1978, mencionado en el párrafo anterior y se produjo una nueva reducción pasando de 44 accidentes en el año 2000 a 12 accidentes el 2009 año final del estudio.

Otra actuación muy importante en el periodo 1975-2009 fue el número de pasos a nivel de la clase A que se redujeron por supresión o cambio a clase B (señales ópticas y acústicas además de señales fijas) de 7629 a 1966, es decir, 6.333 pasos menos.

Una ratio establecida entre accidentes ocurridos ($\times 100$) y número de pasos a nivel en servicio pone de relieve que las condiciones técnicas de protección de los pasos a nivel han pasado de 1,717 accidentes por paso a nivel existente 0,925 que supone una disminución importante de la probabilidad de accidente en los pasos de clase A y B. El conjunto de las tres actuaciones con alto nivel de eficacia en todas ellas, redujo los accidentes de 140 en 1975 a 12 accidentes en 2009.

Durante el periodo 1975 - 2009 los pasos a nivel protegidos por semibarreras automáticas y enclavadas, clase C, se redujeron de 2244 a 550 por supresión y construcción de pasos a distinto nivel. Los pasos a nivel de clase D, de régimen de consigna, se redujeron de 179 a 17 por conversión a clase C, y los de clase E, guardería a pie de paso, de 189 a 2 por conversión en clase C.

Una ratio que establece relación entre accidentes ocurridos (por 100) y número de pasos a nivel en servicio, pone en relieve que las condiciones técnicas de protección de los pasos a nivel han pasado de 2,488 a 0,527 accidentes por paso a nivel en las clases C, D, y E, lo que supone una disminución muy importante de la probabilidad de accidentes en los pasos a nivel de dichas clases.

Con el conjunto de las acciones descritas de alto nivel de eficacia, los accidentes en los pasos de clase C, D y E, se redujeron de 65 en 1975 a 3 en 2009 como antes ya se ha indicado.

d) Seguridad en la circulación de los trenes y los medios de prevención de las colisiones

En cuanto se refiere a los accidentes por colisiones, podemos establecer que las actuaciones de mayor eficacia han sido la sustitución de todas aquellas que estaban confiadas a las normas y al factor humano por sistemas de seguridad, como los que se indican a continuación y por el orden que se citan:

- La instalación del sistema ASFA hasta quedar implementado en 10.165 kms de línea
- La ampliación del CTC kms hasta disponer de 8.304 km
- La implementación de la radiotelefonía de trenes que se inició en 1987 con ritmo continuo y en 2009 ya existían 8.395 kms instalados
- El bloqueo automático y el bloqueo automático banalizado

Al mantenerse la extensión de la Red casi constante y aumentar los bloqueos automáticos fueron descendiendo los kms de línea por los que se circulaba con bloqueo telefónico, aumentando con ello considerablemente la seguridad.

Sin embargo posteriormente, aun se han producido esporádicamente algunos accidentes importantes con víctimas antes y después de la fecha de final del estudio presente 31-12-2009, que el autor ya ha estudiado en la última parte del capítulo 6 y en la que el considera que la gran tarea realizada debe ser completada transfiriendo a innovaciones tecnológicas, responsabilidades que aun hoy recaen en el factor humano con respuesta no siempre satisfactoria, como es el caso de las señales permisivas y la marcha a la vista.

Generalizando sobre los accidentes por colisión, tanto si son ordinarios como si son importantes y por ello a menudo generan víctimas, requieren, como mínimo, como solución imprescindible dos actuaciones complementarias y solidarias que son:

- **Automatización** de los sistemas con objeto de garantizar la seguridad de todas aquellas operaciones en las que existe riesgo de fallo humano por razones bien conocidas y de forma que la actuación de este sea mínima y quede reducida

prácticamente a intervenciones imprescindibles y en ningún caso a operaciones en las que la seguridad se basa en última instancia, en la marcha a la vista.

- **Formación.** La más amplia continuada y controlada posible de tipo general al ingreso en un servicio determinado, la específica a fondo en aquella función que vaya a desempeñar y siempre bajo supervisión aleatoria de los Jefes así como los reciclajes formativos de tipo técnico y reglamentario para garantizar sus conocimientos actualizados, todo extensivo a los agentes que intervienen en la circulación: supervisores, jefes de Control de Trafico Centralizado, maquinistas, jefes de circulación, guardagujas de cabina de enclavamiento y otros.

e) **Incendios y explosiones y el caso particular de que se produzcan en túneles**

Como observaciones deducidas de la investigación realizada en las actuaciones preventivas sobre incendios y explosiones el autor resume lo siguiente:

El mayor rigor y mejora de la Normativa aplicada a las construcciones de material ferroviario aplicado en los años 1970, las condiciones ignífugas de los materiales, las mejoras en los sistemas eléctricos de circuitos de potencia y de control del material motor eléctrico (UT serie 440) y el diesel motivaron una notable reducción de accidentes por incendio entre 1975 y 1990, consolidándose esta labor con los criterios aplicados a las series 446,447, 450 y otras así como en las locomotoras 250, 251, 252.

El mejor equipamiento progresivo de elementos de lucha contra incendios en las estaciones y la reducción del tipo de transporte de vagón completo en productos distintos de combustibles líquidos y paquetería, así como los detectores y extintores automáticos han contribuido también a la reducción general de casos de incendios.

La planificación y actuación rigurosa del desherbado de la vía y de la aplicación de los productos herbicidas de la vía desarrollada cada vez con mayor rigor y calidad de productos con doble actuación anual unido al control del frenado y del mejor contacto pantógrafo-catenaria logrado por detección del tren auscultador de catenaria contribuyó eficazmente a la reducción de incendios en las proximidades de la vía.

Toda la actuación llevada a cabo en materia de seguridad en túneles y muy en particular en túneles urbanos en cuanto a prevención de incendios por una parte y en cuanto a medios de protección civil y evacuación por emergencia en caso necesario han contribuido a la reducción de casos de incendio en túnel que dan seguridad al viajero que percibe claramente la labor realizada.

f) Arrollamiento de obstáculos

Por el número de casos ocurridos con los desprendimientos de rocas, piedras, árboles, desprendimiento de muros, trincheras, inundaciones y en general todos los correspondientes a la infraestructura y su reducción en el periodo de estudio, se considera una labor eficacísima el tratamiento de taludes.

Destaca también, la labor de lograr el cumplimiento de la reglamentación para evitar el arrollamiento de pequeña maquinaria de vía, carretillas, moto clavadoras, diplorys, calces y otros y también el cumplimiento de la normativa sobre contenedores toldos etc.

Merecen también mencionarse las mejoras en el mantenimiento del material rodante que se traduce en evitar caldeos, desprendimientos de elementos del material en ruta y otros defectos que pueden originar descarrilamientos de proporciones imprevisibles.

g) Descomposición de cargamentos

Los accidentes que se han generado tanto por la descomposición de un cargamento en vagón abierto cuya seguridad se basa en una aplicación muy rigurosa de las Normas de la Instrucción General nº 66, con el cumplimiento de las prescripciones de cargamento relativo a los sistemas de sujeción, amarre e inmovilización de las mercancías que han ido reduciéndose en la medida que se ha intensificado la inspección y vigilancia por parte de los responsables de seguridad de cada una de las gerencias y por el propio personal de las estaciones de carga con su exigencia al cargador del cumplimiento exacto de las normas remarcando esta actividad entre 1992 y 2009.

En lo que se refiere a las fugas de productos de materias peligrosas tienen su seguridad básica en las revisiones del propietario de los vagones y de los cargadores, si bien la estación que admite el vagón al transporte debe ser muy exigente también en su cumplimiento y rechazar el vagón cuando observe cualquier defecto, pues las consecuencias de una fuga pueden ser muy graves en función de las características del producto que se transporta. La Instrucción General nº 43 de normativa es fundamental para la prevención.

El autor estima que en el primer caso las medidas aplicadas en el periodo 1975-2009 han sido las de mayor efectividad en el transporte de materias peligrosas.

h) Talonamientos y rebase de señales

Los rebases de señal y los talonamientos, como es evidente, están muy relacionados con las colisiones pues suponen las fases previas inmediatas a las mismas y es por esa razón que la mayor parte de las innovaciones que han sido de gran eficacia para prevenir las colisiones lo sean para los rebases de señal y talonamientos que en una buena parte de los casos no llegan a las colisiones gracias a la favorable y rápida actuación de frenado de los maquinistas en general u otros agentes que se aperciben de la inmediatez del accidente.

Han influido muy favorablemente en la reducción de rebases y talonamientos la implantación de los siguientes sistemas:

- Bloqueos automáticos
- Implantación del ASFA
- ASFA digital
- Instalación de las balizas previas en las señales de salida
- Radiotelefonía de trenes
- Enclavamientos eléctricos y electrónicos

i) La tecnología en electrificación, innovaciones incorporadas y sus efectos en la reducción de enganches de pantógrafo

En caso de enganche de pantógrafo, análisis exhaustivo de los problemas pormenorizados pieza a pieza, estudio analítico de causas de roturas o deformaciones, rediseño de piezas, ensayos, establecimiento de especificaciones técnicas rigurosas y de recepciones exigentes, proporcionan la medida de mayor eficacia en el conjunto de dotación a las catenarias de sistemas de regulación, de la tensión mecánica y otras innovaciones son también necesarias, si es posible simultáneamente y especialmente si los trenes aumentan sus velocidades por encima de 120 km/h.

Las catenarias de las vías de estaciones deben estar dotadas de pórticos rígidos para mitigar la afectación de un enganchón al tráfico de manera que en caso de que este se produzca afecte solamente a una vía.

Mantenimiento moderno, adecuado a cortos periodos de trabajo nocturno con maquinaria dotada de sistemas de elevación y desplazamiento rápidos sobre la vía, para las actuaciones de revisión y relevo de piezas, anticipándose a la incidencia y estudio riguroso de las que se produzcan adoptando decisiones efectivas.

Dotar a los túneles urbanos de las grandes ciudades de los sistemas de catenaria rígida por seguridad frente a incendios, evitar incidencias, que producen efectos muy peligrosos en los viajeros llegando en ocasiones a la evacuación no autorizada con graves riesgos de arrollamientos y por supuesto retrasos y perjuicios a los mismos.

Los pantógrafos del material motor deben estar homologados y ser sometidos a continuas revisiones para prevenir enganches.

En consecuencia, el autor del trabajo estima que las actuaciones realizadas por los Responsables de la Dirección de Electrificación de RENFE han sido oportunas, eficaces y definitivas, como corroboran los resultados de reducción de enganches a 31-12-2009, teniendo en cuenta además, las circunstancias de los orígenes de las electrificaciones en la red de ancho

ibérico español, existiendo una correlación de causa-efecto entre las proporciones y consistencia de cada actuación realizada y los logros obtenidos en reducción de enganches de pantógrafo.

j) El factor humano en la seguridad en la circulación

En el análisis detallado de las causas de los accidentes ferroviarios analizados, hemos podido ver que la causa raíz estaba más bien en aspectos técnicos y otros en el factor humano y por ello, como es el caso de las colisiones, talonamientos y descomposición de cargamentos que tienen basada una parte importante en el factor humano, es conveniente profundizar en los aspectos que hay detrás de el y por ello el autor profundiza en este aspecto muy importante, para enfrentarse con el y mediante la formación continuada por una parte y la automatización por la otra, sustituir responsabilidades del factor humano por sistemas automatizados y con ello conseguir mejorar cada vez más la seguridad ferroviaria.

Dentro del sistema de seguridad ferroviario están integrados determinados sistemas de seguridad en los que se basa la seguridad técnica global de la circulación ferroviaria no pudiendo descartarse de entrada que en un accidente de circulación ferroviaria la causa raíz haya podido deberse a un fallo técnico, y analizar también si hay alguna imputación al factor humano, por lo que es preciso revisar con el grado de detalle que requieran los hechos y las observaciones que sean procedentes.

El análisis de los accidentes que debe realizarse siempre teniendo presente el principio jurídico de inmediatez, permite comprobar si en algún caso después de un primer análisis sistemático de todos los medios que intervienen hay alguno al que pueda atribuirse un determinado fallo con correlación directa o indirecta en la causa del accidente determinando siempre la causa raíz.

k) Listado de las actuaciones o medios implementados que mayor han tenido en la reducción de los accidentes de circulación que han pasado de 1627 total acumulado en 1975 a 57 total acumulado en 2009.

Los criterios de selección de los medios y actuaciones más eficaces son:

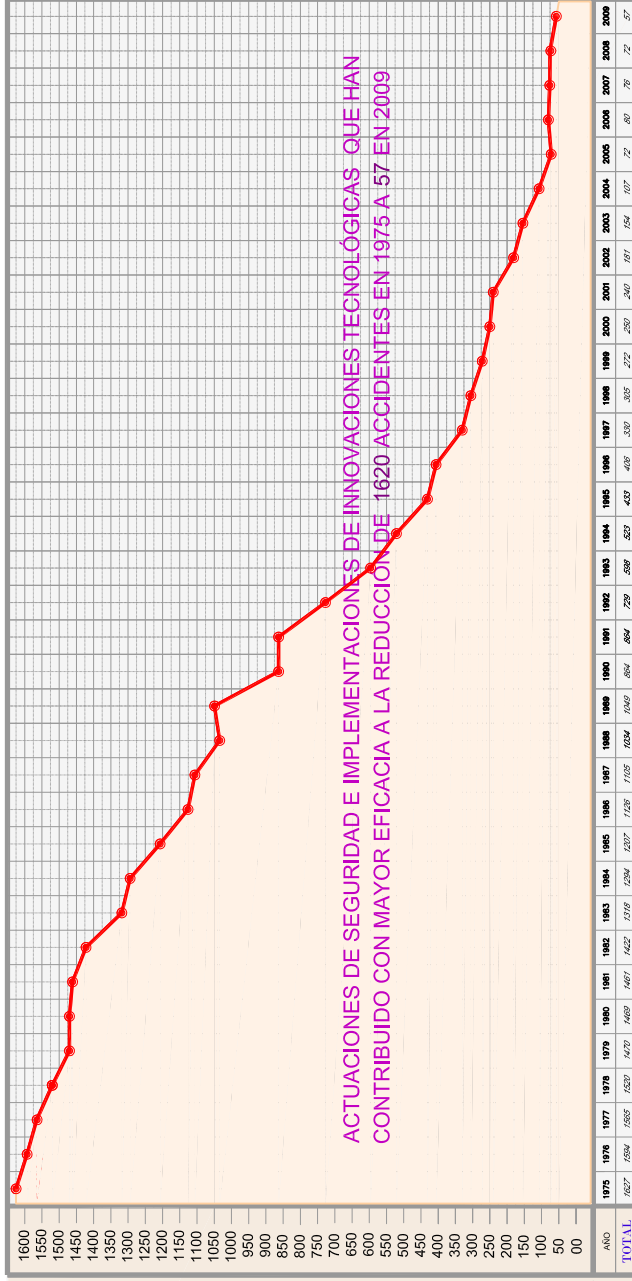
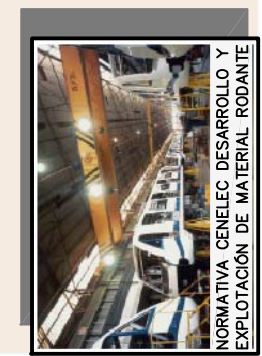
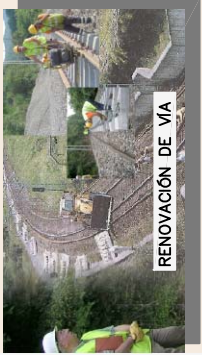
- mayor reducción en víctimas, en primer lugar.
- mayor reducción obtenida en daños materiales, en segundo lugar:
 - ASFA
 - SUPRESIÓN DE 8.000 PASOS A NIVEL Y AUTOMATIZACIÓN DE 550 DE LOS QUE QUEDAN AUN EN SERVICIO.
 - BLOQUEOS AUTOMATICOS DE TRENES
 - CONTROL DEL TRÁFICO CENTRALIZADO (CTC)
 - RADIOTELEFONÍA DE TRENES
 - RENOVACIÓN DE VÍA Y TRATAMIENTO DE TALUDES
 - NUEVAS NORMAS PREVENTIVAS DE INCENDIOS EN VEHICULOS Y EN TÚNELES
 - APLICACIÓN RIGUROSA DE LA NORMATIVA DE SEGURIDAD EN LOS CARGAMENTOS EN VAGONES ABIERTOS
 - ESTUDIO RIGUROSO DE LOS ACCIDENTES POR ENGANCHES Y REDISEÑO DE PIEZAS DE CATENARIA Y PANTÓGRAFO
 - FORMACIÓN DEL PERSONAL Y AUTOMATIZACIÓN

l) Gráfico de resumen conceptual

Como ilustración a lo anterior, a continuación insertamos un grafico de resumen conceptual GR-16, de todos aquellos medios e implementaciones que han contribuido notablemente a la reducción de accidentes expresada por la gráfica central que expresa los resultados de la acción global realizada para reducir los accidentes que se producían en el año 1975 y que satisfactoriamente se han reducido mucho en 2009 y con perspectivas de aproximarse al cero en plazo breve.

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

RESUMEN CONCEPTUAL



13.2 Evento extraordinario sobrevenido tras concluir esta tesis.

El día 24 de julio de 2013 a las 20:41 horas, el Tren Alvia de Madrid-Atocha a El Ferrol, con 220 viajeros, descarriló en el punto kilométrico P.K. Angrois en una curva denominada, A Grandeira causando 78 víctimas mortales inicialmente y numerosos heridos de diversa consideración, de los cuales algunos fallecieron posteriormente.



Fig. 13.1 Tren Alvia tomando la curva de A Grandeira en las proximidades de Santiago de Compostela

Las autoridades competentes ordenaron la inmediata asistencia a los heridos en diversos Hospitales y la apertura de una doble investigación; una Judicial correspondiente a la jurisdicción ordinaria y otra técnica a cargo del Ministerio de Fomento y su Comisión Investigadora de Accidentes Ferroviarios, que han trabajado en paralelo facilitando al Juez de Instrucción, todos los datos resultantes de la investigación y en particular los de la “caja negra” o sistema de registros judiciales, no accesibles de la propia locomotora del tren y los correspondientes al puesto de mando de ADIF, que tiene a su cargo la línea en la que se ha producido el descarrilamiento.

Las primeras apreciaciones de la investigación que proceden del Juez de Instrucción reflejadas en los medios, atribuidas a dicho Juez, apuntan inicialmente a una responsabilidad del maquinista del tren que según las pruebas circulaba a una velocidad inadecuada en la zona próxima a la curva que era del orden de 199 kms/h, aun dentro del túnel que precede a la curva, cuando según las informaciones también aparecidas en prensa, en dicho túnel debería haber reducido la velocidad a 80 kms/h para tomar la curva según lo establecido en su “hoja

de ruta”, o libro itinerario, principal referencia del tren que establece las velocidades en cada tramo de vía y las limitaciones de velocidad que se determinan en el mismo libro, hecho que no se produjo, dando lugar al descarrilamiento entrada ya la curva el cual se produjo según las informaciones de los medios de comunicación a 153 kms/h con las lamentables consecuencias conocidas.

Al producirse este accidente por descarrilamiento el autor de la tesis había cerrado ya la redacción de la misma que tiene un periodo de estudio que va de 1 de enero de 1975 a 31 de diciembre de 2009; 35 años de investigación con conclusiones que tienen toda su validez para prevenir los descarrilamientos las cuales, con independencia de la tesis no publicada aun, y de los resultados oficiales de los investigadores, si bien están siendo consideradas por ADIF como de inmediata aplicación para la prevención automática de eventuales riesgos de fallo humano, (punto 12 de la Tesis, página 361) en el cual se analizan los riesgos y prevenciones del fallo humano con las propuestas y recomendaciones que este accidente pone de actualidad y necesidad, estimando el Autor que son de plena vigencia en estos casos, si bien no puede adelantarse ninguna conclusión sobre las causas hasta que las Comisiones Oficiales designadas emitan sus informes.

Posteriormente la Ministra de Fomento, ha designado una Comisión investigadora-asesora en relación con el accidente y su entorno de la que forman parte destacadas personalidades de la Unión Internacional des Chemin de Fer (UIC) de la Universidad Politécnica de Catalunya y otras, que disponen de 6 meses para estudiar la situación y presentar su informe al Ministerio de Fomento.

13.3 Aportación de tesis

Al exponer al inicio del Proyecto los objetivos del estudio, el autor planteaba demostrar en primer lugar suficientemente, la existencia de una correlación entre los resultados de mejora de la seguridad en la circulación del transporte ferroviario y las actuaciones en inversiones e implementación de sistemas que han permitido obtener unos resultados óptimos como son 0,31 accidentes por millón de kilómetros-tren recorridos por todos los trenes, equivalente aproximadamente a 1 accidente por cada 3 millones de kilómetros-tren como resultado global del indicador de accidentalidad del año 2009, final del periodo del estudio.

Por lo tanto, tal como se ha expuesto en cada uno de los capítulos y reiterado en síntesis en las conclusiones generales del punto 13.1, vemos que si una Red Ferroviaria Extranjera desea mejorar su nivel de seguridad en la circulación siguiendo la pauta de este estudio deberían plantearse líneas de actuación iniciales básicas detalladas a continuación

- Conocer con la mayor exactitud posible los resultados del número de accidentes registrados en las líneas de su red por clases y también los kms-tren recorridos por los mismos trenes en cada uno de los ejercicios anteriores de los que se disponga de datos fiables.
- El conocimiento de los índices de frecuencia en esos últimos años y el número de accidentes de cada clase y su tendencia, proporcionaran a la Administración ferroviaria una orientación clara sobre el estado de su número de pasos a nivel, de su grado de protección específica y el análisis de su Normativa Legal de seguridad de dichos pasos dará la pauta de línea a seguir para aumentar el rigor de la misma y determinar cual será el aumento de inversiones imprescindible para lograr una reducción importante de accidentes, con víctimas casi seguras, pues como se ha demostrado la solución de este problema es doble, suprimir pasos a nivel y proteger técnicamente al máximo los que no sea posible suprimir. Los resultados de eficacia del caso de RENFE, lo demuestran y lo aconsejan.

- Una revisión de los sistemas de bloqueo automático de trenes , y del telefónico u otros primitivos y de riesgo , de los enclavamientos de estaciones , de la existencia o no del sistema ASFA o similar, de los puntos de Control de Tráfico Centralizado, comparada con el número de colisiones de trenes producidas en cada línea orientará sobre los efectos de esas carencias en la accidentalidad y permitirá establecer criterios de eficacia en el planeamiento de las inversiones necesarias y sus prioridades para evitar víctimas en función de la densidad de tráfico de las mismas de los viajeros -km que soportan y de la frecuencia de sucesión de los trenes. Esta línea seguida se ha revelado con claridad como la correcta para evitar estas clases de accidentes, la mayoría con víctimas que pueden ser numerosas.
- Otro punto de actuación importante es el estado de la vía cuyo conocimiento correcto y completo requiere un análisis de una dresina auscultadora de vía midiendo el máximo de parámetros posible. De los datos obtenidos puede obtenerse el criterio de las distintas necesidades, kms de renovación total en líneas de gran tráfico y cierto nivel de velocidad kms de rehabilitación en líneas de menor requerimiento y reparaciones de seguridad imprescindibles.
- La planificación deberá establecer las prioridades de seguridad en primer lugar y el resto de los índices de calidad en función de las inversiones posibles, pero en primer lugar es necesario garantizar la seguridad. El análisis debe comprender también el estado de la infraestructura y de las estructuras y estabilidad de taludes y drenaje de la vía. Un descarrilamiento puede generar muchas víctimas. En la tesis presente aparece con claridad el efecto de una renovación casi total de vía, consolidación de trincheras, drenaje etc.
- En cuanto a los incendios, que podemos clasificar en estaciones, trenes y en la vía, puede partirse de las estadísticas de que disponga la Administración Ferroviaria y de los mapas de los ocurridos para situar donde aparecen los riesgos más frecuentes y los más graves, estableciendo un plan que pueda desarrollarse progresivamente para reducir el nivel de riesgo. Las explosiones deberán ser objeto de estudio del transporte

de materias peligrosas que se efectúe y cumplir con todo rigor el reglamento homologándolo con el internacional si no lo estuviera.

- La reducción de arrollamiento de obstáculos siguiendo las líneas del estudio deberá prevenir desprendimiento de tierras, tránsito por las vías, procurar vallados donde existan más riesgos en función del nivel del problema y de las disponibilidades de inversiones. Las actuaciones aplicadas en RENFE han resultado de buen nivel de eficacia.
- Evitar la descomposición de cargamentos requerirá un estudio detallado del tipo de mercancías transportadas, clase de vagones, Normativa disponible, nivel de rigor de su aplicación y proceder en consecuencia.
- Finalmente si la Administración Ferroviaria tiene líneas o secciones electrificadas la experiencia aportada por la tesis en el caso de que se generen enganchones repetitivos es preciso analizar en profundidad las causas de cada avería y rediseñarlas en actuación conjunta con compensar la catenaria, con preferencia en toda su instalación. Las soluciones aplicadas en las líneas de RENFE en esta clase de accidentes han sido de eficacia muy elevada.

En resumen el Autor considera que las actuaciones del Ministerio responsable en cada momento y de las Administraciones de RENFE y ADIF han aplicado durante 35 años (1975-2009) soluciones de gran eficacia como se ha razonado en cada uno de los capítulos de la tesis, existiendo evidentemente acciones de elevada eficacia, que a juicio del Autor son el listado que se ha detallado anteriormente.

13.4 Líneas futuras de investigación

El desarrollo de la tecnología ferroviaria descrita en los capítulos anteriores del presente proyecto de tesis y su implementación en el sistema ferroviario español para mejorar la seguridad en la circulación y otros parámetros de calidad del ferrocarril, no se detiene al final de 2009 como límite del periodo propuesto para desarrollar el objeto de este estudio.

El logro alcanzado continua y cada vez con mayor rapidez y eficacia para lograr ser punteros en la Comunidad Económica Europea, pues es nuestro entorno más próximo donde existen Administraciones Ferroviarias muy eficientes con las que es preciso mantenerse homologado y aun superarlas en el límite en cuanto se refiere a la Red Ferroviaria de Interés General pues respecto a la Alta Velocidad Española ya alcanza cotas de seguridad, velocidad y confort semejantes a las centroeuropeas.



**Fig. 13.2 Bis Túneles de El Perthus en bitubo cruzando los Pirineos.
Fuente: Internet. Inauguración AVE Barcelona-Figueras 8-1-2013**

Por lo tanto siguiendo las indicaciones del Sr. Director Ponente, de la presente tesis, este apartado se dedica a dar las referencias necesarias de situación de las distintas tecnologías en el año 2010 que configuran los avances ferroviarios y han de permitir tomar el hilo conductor del desarrollo de las mismas en el siguiente periodo y si es deseo de algún doctorando profundizar en esta línea ferroviaria y contribuir en la dirección y objetivos que estime más oportunos para seguir haciendo aportaciones a la seguridad en la circulación ferroviaria, primera e importantísima condición de calidad de este tipo de transporte y de todos los demás.

Entre sus desarrollos tecnológicos principales destacan las siguientes que puede ser de interés evaluar su eficacia en la seguridad ferroviaria para dar continuidad al presente estudio limitado al periodo 1975-2009.

a) Los accidentes ferroviarios y la seguridad en la red ferroviaria de interés general, a partir del año 2000

La información sobre la seguridad del sistema ferroviario es escasa y no suele ser pública, por lo que resulta necesario establecer indicadores comunes de seguridad (ICS) para evaluar si el sistema cumple con los objetivos comunes de seguridad (OCS) y facilitar la vigilancia de la seguridad ferroviaria. Sin embargo, las definiciones nacionales relativas a los ICS, podrán aplicarse durante un período transitorio y por ello, se tendrá debidamente en cuenta el estado de desarrollo de definiciones comunes de los ICS cuando se elabore el primer conjunto de OCS (Objetivos Comunes de Seguridad).

Las normas nacionales de seguridad, deben ser sustituidas para las vías de ancho UIC, por las prescritas en las Especificaciones Técnicas de Interoperabilidad europea (ETI) siendo conformes con la legislación comunitaria de seguridad ferroviaria europea.

Cada Estado miembro velará por que las investigaciones sobre accidentes e incidentes a que se refiere el Artículo 19 sean efectuadas por un organismo permanente, que dispondrá de al menos un investigador capaz de desempeñar la función de investigador responsable en caso de accidente o incidente.

El estudio realizado en esta Tesis podrá tener su continuidad a partir de 2010 año siguiente a la terminación del presente e incluso es posible realizar otros estudios relativos a los recién integrados Ferrocarriles Españoles de Vía Estrecha y por supuesto a la Alta Velocidad Española todos ellos integrados en el Ministerio de Fomento.

Se seguirá un proceso de evaluación y concertación análogo en el caso de las líneas que como consecuencia de las nuevas actuaciones llevadas a cabo puedan perder su funcionalidad dentro de la Red del Estado.

Los planes de supresión o mejora de protección de los 3000 pasos a nivel de tipos A, B, C, D y E que quedan aun en servicio en 31 de diciembre de 2012 y los índices de frecuencia en los mismos. Evolución de la accidentalidad en relación con las supresiones e innovaciones que se apliquen puede ser sin duda objeto de estudio.

Por otro lado, el cuatrienio 2009-2012 fija la supresión de 1.200 pasos y se eleva la seguridad de unos 1.301 ADIF hace realidad estos compromisos mediante el **programa de supresión y mejora de la seguridad de pasos a nivel**, que incluye los siguientes planes: la eliminación progresiva de pasos a nivel es una prioridad de ADIF, gestionada de conformidad con la Legislación establecida en esta materia.

b) Protección de pasos a nivel. Actuaciones previstas en 2012 - 2015

Actualmente las actuaciones en pasos a nivel relativas a la supresión de los pasos a nivel que aun quedan en servicio forman parte del Programa de Supresión y Mejora de Pasos a Nivel del Ministerio de Fomento. Esta inversión tiene carácter de obra por cuenta del Estado y se realiza con cargo al Contrato Programa suscrito por ADIF y la Administración General del Estado y responden al compromiso de ADIF de mejorar la seguridad en el ferrocarril, con actuaciones de supresión de pasos a nivel, mejora de la protección de los mismos y campañas de sensibilización entre la ciudadanía.

Las instalaciones de protección de pasos a nivel que no son posible suprimir o al menos por el momento garantizan la seguridad del tránsito viario y ferroviario. Los pasos a nivel se clasifican en función del sistema de protección, según estén dotados de señales fijas, señales luminosas y acústicas, semibarreras, dobles semibarreras o barreras automáticas o enclavadas, etc.

Además, estas instalaciones se pueden complementar con otros sistemas de control con el fin de reforzar la seguridad, como son:

- Detectores de obstáculos en la calzada
- Reducción de tiempos de cierre

- Señalización luminosa en las plumas de las barreras
- Pavimento antideslizante de caucho
- Registradores de eventos
- Concentración de la información de las instalaciones de de Protección

Si se prosiguen los estudios de evolución de la seguridad en la circulación después de 2009, sin duda será de interés investigar la implementación de los medios de refuerzo de la seguridad que se citan y analizar también sus efectos en la reducción de accidentes de pasos a nivel conjuntamente con la labor de supresión de todos aquellos que proceda, pueden ser sin duda objeto de estudio continuado.

c) Sistema ERTMS

El sistema ERTMS (European Traffic Management System, o Sistema Europeo de Gestión del Tráfico) es un sistema de mando y control de trenes que fue adoptado por la Unión Europea para equiparar todas las nuevas líneas que se construyan en los países que la componen. El objetivo es que la señalización y las comunicaciones entre vía y equipos de a bordo sean compatibles en toda Europa y se posibilite la interoperabilidad de las circulaciones ferroviarias entre los diversos Estados de la Unión Europea. En el momento actual el Ministerio de Fomento ya no admite en proyectos de líneas de ancho de interés general más que el sistema ERTMS, al menos en su primer nivel y preparado para la implantación de niveles más elevados.



Fig. 13.3 Sistema ERTMS.
Fuente: Declaración de Red. ADIF 2009

Funcionamiento del ERTMS nivel 1

El funcionamiento del sistema en su nivel 1 se sustenta esencialmente en los enclavamientos, aportando información sobre el estado de las agujas, señales e itinerarios a los LEU (unidades electrónicas normalizadas), que codifican la información y la reenvían a las euro balizas* situadas en la caja de la vía.



Fig. 13.4 Euro balizas
Fuente: Declaración de Red ADIF. 2009

Funcionamiento del ERTMS nivel 2

En el nivel 2 de ERTMS, el bloqueo de trenes se realiza desde un Centro de Bloqueo por radio (RBC, siglas de Radio Block Center), que recibe la información, por una parte de los enclavamientos, mientras que por otra transmite la información a los trenes a través del sistema GSM-R.

Funcionamiento del ERTMS nivel 3

En este nivel, los datos sobre integridad del tren son enviados a través de un sistema propio instalado en la composición, por lo que no son necesarios los circuitos de vía, como en el nivel anterior. Esto permite que los cantones sean móviles.

La implementación de estos sistemas y su aplicación y resultados de funcionamiento podrá ser objeto también de estudios de seguridad.

d) **La implementación de los modernos métodos e innovaciones que se implementan para la conservación de la vía y su renovación**



Fig. 13.5 Conservación de vía
Fuente: Declaración de Red ADIF. 2009

Vía

La explotación del material rodante viene determinada, entre otros factores, por las características de la superestructura de la vía. Hay que tener en cuenta su trazado (radio de curvatura y pendiente), materiales, calidad, etc. Por ello uno de los retos de ADIF es proporcionar la mejor infraestructura a los clientes operadores con el objetivo de incrementar su capacidad de tráfico, como en Cercanías, o de elevar la velocidad comercial a 200-220 km/h, en el caso de Media y Larga Distancia. Todo ello, garantizando los niveles adecuados de seguridad, calidad, fiabilidad y disponibilidad.

Aparte de ejecutar las labores habituales de mantenimiento, hay otros hitos a destacar en esta especialidad.

Respecto a aparatos de vía, se siguen implantando las travesías de unión doble, tipo B, que permiten en comparación con tipos antiguos la supresión de las juntas en vía y de los aparatos de dilatación colaterales, lo que mejora el nivel de confort para nuestros clientes. ADIF trabaja también con este fin en el desarrollo de tecnologías híbridas para la sustitución de los aparatos de tipo A, con supresión de juntas y utilización de materiales soldables y más duraderos.

Se avanza en la soldadura de carril, mediante la prescripción del uso de crisoles de un solo uso, la mejora de las soldaduras aluminotérmicas de carril y a través de una activa

participación en la homologación y utilización de los robots de soldadura por chisporroteo en plena vía.

En los últimos años ADIF ha desarrollado un sistema de trabajo mediante amolado asimétrico que reduce el desgaste del carril en las curvas de radio reducido. También está ensayando diferentes tipologías **vía en placa**, esto es, sin balasto, mediante bloques, traviesas o conjuntos prefabricados de hormigón con sistemas antivibratorios sobre losas de asfalto y hormigón, incluyendo también desvíos sobre traviesas de hormigón. El objetivo es, junto a minimizar ruidos y vibraciones, contar con una vía más duradera y económica en su explotación.

Innovación

Otro notable avance ha sido la mejora y nuevo diseño de vía sobre viaductos y puentes, especialmente en tramos metálicos con balasto. ADIF ha implantado nuevas tecnologías de encarriladoras y aparatos de dilatación, que permiten el movimiento independiente de la vía y la estructura por las acciones de frenado y dilatación térmica. Con ello se consiguen aumentos de velocidad en tramos metálicos hasta los 160 km/h y todo ello contribuye también a una importante reducción de la repercusión de los costes de mantenimiento.

En cuanto a las sujeciones y elementos de fijación del carril a la traviesa, a lo largo de estos últimos años se ha trabajado en la mejora de sus prestaciones, precio, duración, etc., consiguiendo mejoras en su uso sobre cualquier tipo de traviesa de hormigón (sujeción VM), o sobre traviesas tipo RS (J2, sujeciones de patente propia). Asimismo se trabaja en la mejora de las juntas aislantes en vía, para aumentar su fiabilidad y vida útil.

En la actualidad siguen desarrollando soluciones técnicas para la implantación continua de vía sin juntas sobre los tramos existentes con traviesas de madera, así como la mejora de los procedimientos e instrucciones para la reutilización y levante de materiales en vía para las rehabilitaciones y renovaciones de vía.

Además, ADIF trabaja en la homologación de autorizaciones de uso para herramientas y maquinaria ligera de trabajos en vía, así como en la redacción de instrucciones de utilización y

normativa aplicable a la misma, de cara a su mejor y más seguro y cómodo uso por los operadores propios y de contratistas.

ADIF dispone de un coche de auscultación geométrica de la vía, para anchos ibérico y UIC, capaz de operar a velocidades de hasta 200 km/h, que mide la geometría de la vía, geometría y desgaste de carril, desgaste ondulatorio, en aras de un óptimo mantenimiento según estado, que garantice la calidad y seguridad de las circulaciones. Con este vehículo se persigue el conocimiento preciso y exacto de cara a la ejecución de las tareas de mantenimiento. En este coche se ha instalado un sistema de tratamiento de imágenes para detectar defectos apreciables visualmente a 200 km/h sobre carril, traviesas y sujeciones.

Igualmente existe también un vehículo dotado de un sistema de auscultación ultrasónico de carriles, que cuenta con un conjunto innovador de sondas-rueda y un sistema informático para la detección automática y localización de los defectos internos del carril.

Con las actuaciones reseñadas anteriormente y los propósitos inmediatos es evidente que contribuirán a una mejora cada vez más notable del estado de la vía, su drenaje el estado de los taludes y todos aquellos aspectos que sin duda ayudaran más aun a reducir descarrilamientos y desprendimientos siendo de interés el estudio continuado de las actuaciones realizadas y las mejoras de seguridad obtenidas.

e) Estudio de la aplicación de la norma europea de prevención de incendios en trenes y otras innovaciones preventivas en los túneles ferroviarios.

Actualmente, las medidas y exigencias para la futura norma sobre protección contra incendios en vehículos ferroviarios aún están definidas en la especificación técnica CEN/TS 45545. Las condiciones que deben cumplir los componentes y materiales en los ensayos establecidos en dicha norma dependen del diseño del vehículo ferroviario y del tipo de transporte ferroviario, lo que se conoce respectivamente como «categoría de diseño» y «categoría operativa».

Esta diferenciación refleja el tiempo que permanecerían los pasajeros en el vehículo ferroviario en caso de incendio y cuánto riesgo correrían como consecuencia de ello. Para cada categoría de diseño se define un nivel de riesgo (en inglés hazard level o HL) que establece el

riesgo potencial en función de la categoría operativa. En total se definen tres niveles de riesgo (HL 1-3), siendo HL 3 el más elevado.

La norma CEN/TS 45545 enumera componentes y aplicaciones («productos») habituales en los vehículos ferroviarios y les asigna procedimientos de ensayo normalizados en cuanto a la protección contra incendios. El producto en cuestión debe cumplir exigencias más o menos estrictas en dichos ensayos según el nivel de riesgo, baja densidad y toxicidad de los humos, índice de oxígeno elevado.



Fig. 13.6 Sección de túnel en vía única.
Fuente ADIF. Declaración 2009. Internet

f) **Desarrollo y aplicación de sistemas de detección innovadoras para la prevención de arrollamiento de personas y obstáculos en la vía.**

Los arrollamientos en la línea ferroviaria presentan diversas características según la persona u objeto de que se trate, de manera que en una primera clasificación podemos citar como riesgos de arrollamiento.

Las personas que cruzan la vía indebidamente o la ocupan o se lanzan con intenciones de suicidio, los desprendimientos de tierras, taludes, vehículos caídos a la vía.

Los enseres que se tiran a ella como lavadoras viejas u otros. A las velocidades que circulan hoy día los trenes, 100-120 km/h cercanías, 140 o 160 en media distancia y larga distancia 160 kms/h ya que pasando de esta velocidad es obligado el vallado de la vía para impedir su cruce es evidente que se requieren entre 1.500 metros y 2.000 metros para detener el tren a pesar de

aplicaciones de frenado de emergencia desde que el maquinista divisa la persona o el obstáculo y decide frenar y ello en alineación recta pues si se trata de una línea con alineaciones curvas la dificultad es mayor todavía por la falta de visibilidad.

El sistema que se propone está basado en una barrera activa de infrarrojos lo cual constituye un sistema de detección de gran funcionalidad. Dicha barrera está formada por una unidad de emisión y otra de recepción. Ambas unidades se encuentran enfrentadas entre si a lo largo de la distancia que se quiere proteger. La estructura de este sistema se representa en la figura 13.6 que se inserta a continuación.

La detección de un obstáculo en el sistema se envía al sistema de señalización con orden de parada del tren y distancia suficiente de frenado para las velocidades por las que se circula en la línea. El sistema se instala también en las trincheras o taludes inestables con los mismos para que en caso de un desprendimiento actúe en forma análoga.

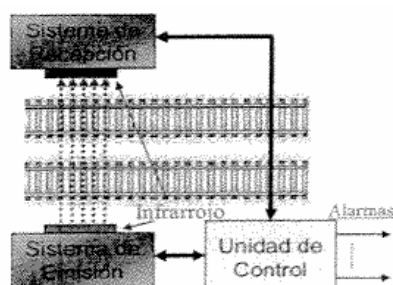


Fig. 13.7 Detector de obstáculo.
Fuente Internet. Innovaciones en la vía

La detección de un obstáculo en el sistema se envía al sistema de señalización con orden de parada del tren y distancia suficiente de frenado para las velocidades por las que se circula en la línea.

El sistema se instala también en las trincheras o taludes inestables con los mismos para que en caso de un desprendimiento actúe en forma análoga.

g) **Medidas innovadoras en la disposición de vagones abiertos para prevenir la descomposición de cargamentos en el transporte de mercancía ordinaria y en el de materias peligrosas.**

Para la prevención de las descomposiciones de cargamentos se ofrecen varias alternativas que son en primer lugar estudiar la posibilidad de cargar la mercancía en vagones cerrados a pesar de lo cual se requiere una inmovilización adecuada de la misma ya que cualquier desplazamiento de la carga por el piso del vagón puede desestabilizar el mismo y ocasionarse un descarrilamiento.

Cuando no es posible cargar en vagón cerrado se requiere asegurar bien la inmovilización de la carga y a este efecto se diseñan soportes solidarios al piso del vagón y pinzadas de fijación de la carga como bobinas, rollos de alambón, etc. que deben asegurarse correctamente.

En cuanto a otros tipos de carga de maderas y perfiles metálicos cada vez más se consiguen sistemas de inmovilización que reducen las posibilidades de un descarrilamiento y sobre las cuales se está innovando constantemente.

Finamente existen también los transportes excepcionales que además de requerir vagones especiales con el piso deprimido en la zona central entre boogies, por ejemplo la carga de transformadores de gran potencia es necesaria su segura inmovilización. Este tipo de transportes requiere en cada caso un estudio previo y unas normas específicas de seguridad definidas por la Comisión de Cargamentos en cada área de actuación.

h) **Sistemas innovadores en la gestión de la seguridad en la circulación para los aparatos de vía y de la eficacia de los sistemas asociados a la señalización.**

A lo largo de los últimos años se han ido implantando en las Líneas Convencionales nuevas tecnologías que han transformado los elementos clásicos de señalización, tales como enclavamientos, bloqueos, telemandos, circuitos de vía, etc. Así la modernización experimentada en el transporte ferroviario ha potenciado la introducción de nuevos productos como los enclavamientos electrónicos (bloqueos electrónicos), circuitos de vía sin juntas o sistemas de asistencia a la conducción automática ATP-LZB.

El incremento del número de trenes y el aumento de su velocidad tiene una importante repercusión en los métodos e intervalos de actuación dedicados a labores de mantenimiento y reparación de averías. Una adecuada planificación de las actividades a realizar, así como el riguroso cumplimiento de la programación de éstas, hace posible que, pese a la reducción del tiempo reservado para el mantenimiento, podamos asegurar los niveles de funcionalidad y seguridad requeridos por nuestros clientes. La reducción del número de averías y, principalmente, de su duración, es el claro indicador de la eficacia del sistema de gestión implantado.

En este sentido y con el fin de evaluar el estado y funcionalidad de las instalaciones, a través del control y análisis permanentes de los índices de accidentalidad e incidencias se están desarrollando nuevas aplicaciones informáticas (Mantenimiento Preventivo) y mejorando otras ya existentes (Mantenimiento Correctivo). Ambas incorporarán a su funcionamiento el inventario de las instalaciones de señalización en el que actualmente se está trabajando.

La incorporación de nuevas y modernas instalaciones -cuyo diseño es fruto del trabajo conjunto con empresas constructoras- se ha realizado mediante prototipos, que han posibilitado la puesta en servicio de los nuevos sistemas de señalización. Estas actuaciones, realizadas sobre instalaciones en explotación, suponen una especial complejidad debido a las particularidades derivadas de la necesidad de tener que mantener operativa la instalación antigua durante el transcurso de la obra, lo que nos ha obligado a establecer métodos de gestión de obra totalmente diferentes a los utilizados en una obra nueva.

i) Evolución de los sistemas de catenaria y contribución a la eliminación de los enganches de pantógrafo y del chisporroteo de la mesilla de captación de corriente.

En alta velocidad, a medida que aumenta la velocidad comercial de los trenes por encima de 300 km/h, en un escenario mundial de altos costes de la energía, la captación eficiente de la misma por el pantógrafo se vuelve un aspecto crítico. (Figura 13.7)

TALGO, está desarrollando un método de optimización del contacto dinámico entre el pantógrafo y la catenaria mediante un modelo virtual que permitirá:

- Mejorar el conocimiento del sistema de captación.
- Simplificar la selección de los equipos.
- Adecuar en tiempo real la fuerza de elevación del pantógrafo en función del estado real de la catenaria
- Minimizar pérdidas energéticas por despegue



Fig. 13.8 Estudios de interacción pantógrafo-catenaria

Fuente: UPV y TALGO. Valencia, estudios de interacción pantógrafo-catenaria

En este proyecto TALGO, realizado con la colaboración del departamento de ingeniería mecánica y de materiales de la Universidad Politécnica de Valencia, el administrador español de infraestructura ferroviaria ADIF y otros centros de investigación en tecnología de vehículos.

j) Sistemas innovadores preventivos del error humano y conducción automática vigilada de los trenes. Sus efectos en la reducción de accidentes por fallo humano.

En los análisis de las causas de accidentes por colisiones, talonamientos y rebases de señales descritos en capítulos anteriores se ha expuesto que entre los problemas no resueltos aun satisfactoriamente se encuentra el rebase de una señal permisiva en una sección de bloqueo automático (que va dotada de la letra P) continuando el tren “marcha a la vista” deteniéndose a 5 metros del tren siguiente probablemente parado frente a una señal de parada absoluta (rojo) y que en algunos casos por incumplimientos de la norma se generan colisiones por alcance es preciso encontrar innovaciones tecnológicas que lo resuelvan definitivamente.

También se han expuesto casos en que un tren detenido en una estación por parada comercial y acabadas las operaciones de subida y bajada de viajeros, ha reanudado la marcha a pesar de estar la señal de salida en rojo, rebasando esta y colisionando frontalmente o de costado con otro tren que efectuaba su entrada en la estación antes de que se hubiera autorizado la salida

del que estaba estacionado en la misma. Esta cuestión está actualmente en estudio con un proyecto que evite que ocurra y se genere un accidente.

Igualmente se ha expuesto un tercer caso que es el de trenes que procedentes de la estación colateral van a efectuar su entrada en la estación y encontrando la señal de entrada en parada (rojo) y a pesar de activar la baliza de seguridad ASFA por falta de distancia de frenado colisionan con la cola del mismo y dan origen a otro tipo de accidente. Este riesgo está en estudio también para dar una solución eficaz y definitiva al mismo.

Por lo tanto si un doctorando desea continuar el estudio de la accidentalidad y en particular de la evolución de la tecnología que trata de evitar accidentes estos tres puntos señalados no resueltos aun satisfactoriamente deberán ser objeto de investigación, análisis y resultados de la aplicación de las soluciones.

Al propio tiempo es posible también que en poco tiempo a partir del cierre de este estudio algunas líneas tenga aplicada y en servicio la conducción automática vigilada con lo cual ello será motivo también de estudiar que resultados da el nuevo procedimiento en cuanto a accidentabilidad.

14. PUBLICACIONES DERIVADAS DE LA TESIS

14.1 Sistema de control de obras ferroviarias

SCOF: Un nuevo sistema de gestión de la seguridad y del control y vigilancia en las obras de renovación de vía.

INDICE

1. Introducción
2. Objetivos del sistema
3. Aplicabilidad del procedimiento
4. Definición del sistema SCOF y su implantación en una obra de renovación de vía
5. Aplicación real en la obra de Borgoña – Ripoll (Barcelona) para la DGT del Ministerio de Fomento

1. Introducción

La creciente preocupación de la Dirección General de Ferrocarriles del Ministerio de Fomento por la seguridad en sus obras, ha permitido la implantación de un nuevo sistema de gestión de la seguridad y del control y vigilancia en una obra de renovación de vía por ella promovida, en la que IDOM participa como Asistencia Técnica.

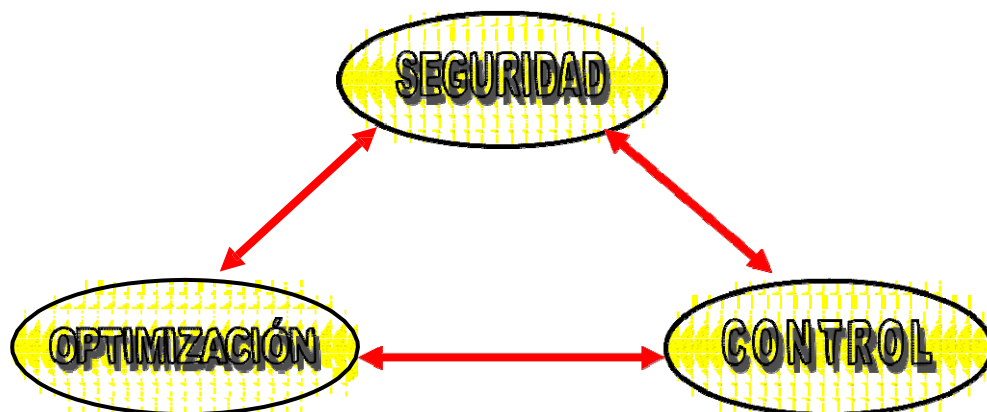
Dadas las dificultades y riesgos planteados en dicha obra, la Dirección General de Ferrocarriles instó a IDOM, a que planteara un procedimiento que, además de facilitar el seguimiento de las actividades en todo momento, mejorara sustancialmente la seguridad de los trabajadores, ya que las circunstancias especiales de esa obra así lo requerían. La cantidad de tareas sobre la vía y el continuo movimiento de trenes de trabajo sobre la misma, en una situación de corte total de la explotación, no permitía una gestión “convencional” para esa obra de gran dificultad constructiva, donde la seguridad de los operarios pudiese resultar comprometida.



Por otra parte, la constante inquietud de IDOM por la innovación tecnológica en el campo de la ingeniería, ha permitido llevar a cabo la creación de este equipo de trabajo, orientado inicialmente al desarrollo de un procedimiento novedoso para el control y vigilancia de obras ferroviarias, en general, con la oportunidad que se ha tenido de poder ser aplicado a una obra concreta, a la que más adelante se hará referencia.

2. Objetivos del sistema

Los objetivos de este nuevo sistema de gestión se centran fundamentalmente en 3 aspectos esenciales de una obra ferroviaria:



f la **SEGURIDAD** en la circulación ferroviaria de obra y su relación con los trabajos de vía

f la **OPTIMIZACIÓN** de los recursos de que dispone el Contratista

f el **CONTROL** de los medios disponibles y de la situación de la obra en todo instante

- ³/₄ Seguridad: en las obras ferroviarias, en concreto de renovación de vía, tanto si es con corte nocturno pero muy especialmente si se ejecutan con corte total, se da la concurrencia de muchas actividades en el tiempo y en el espacio, representando un importante riesgo para la seguridad e integridad de las personas. Todos los esfuerzos en el sentido de reducir al máximo los accidentes laborales son pocos. Se presenta, por tanto, la necesidad de crear un instrumento adecuado que permita pensar en la seguridad a la vez que en el procedimiento de ejecución de la obra.
- ³/₄ Optimización: por el mismo motivo anterior, también es útil para el propio Contratista, disponer de una herramienta que le permita optimizar los recursos en el tiempo y en el espacio, a lo largo de la traza de la vía. De este modo puede reconocer a priori los posibles “cuellos de botella”, la incompatibilidad de ciertas actividades que se solapan, etc. con suficiente antelación, y, de este modo, reaccionar a tiempo. En los casos de corte nocturno, que es lo habitual, el factor “tiempo” es vital para la devolución de la vía en condiciones al principio de cada jornada.
- ³/₄ Control: implantar en la obra un sistema que permita en todo instante, a tiempo real, la situación de la obra (e incluso reproduciendo un determinado momento del pasado), permite controlar la obra a la Dirección Facultativa, de una manera mucho más cómoda y eficaz, permitiendo tomar decisiones con mayor conocimiento del estado de las actividades en la vía a cada instante, incluso “a distancia”, si se dota al sistema, además, de conexión Internet para acceso restringido al Director de obra, hasta desde su propio despacho⁵⁹.

⁵⁹IDOM suele crear para todos sus encargos, sean proyectos u obras, una página web de acceso restringido y exclusiva para el Cliente, que le permite a éste, a través de una conexión por Internet, conocer en todo instante el estado del encargo. En esta web, el Director del encargo de IDOM inserta los archivos y documentación digital actualizada (planos, actas, informes, etc.), que permite el seguimiento de dichos trabajos casi a tiempo real.

3. Aplicabilidad del procedimiento

La aplicabilidad del sistema tiene su razón de ser, por cuanto que en las obras ferroviarias, las “actividades fijas” complementarias efectuadas sobre la vía o junto a ella no siempre previas, según las circunstancias, como:

- Acondicionamiento de trincheras,,
- Ensanchamiento de terraplenes,
- Ejecución de obras de drenaje transversal y cunetas,
- Rehabilitación de túneles y estructuras,
- Recreido de andenes en estaciones,
- Levantes parciales de vía (pasos a nivel, pasos de servicios,...),
- Colocación de calces descarriladores,
- Ejecución de macizos e izado de postes de catenaria
- Trabajos topográficos, etc.



Se pueden solapar e interferir, en el tiempo y en el espacio, con los “elementos móviles” propios de una renovación de vía y catenaria, tales como:

- Tren de desguarnecido
- Tren de tolvas para descarga y acopio junto a la vía
- Tren de renovación
- Tren de transporte de materiales nuevos al tajo
- Ferrocarriles de trabajos de vía y catenaria, etc.



Tanto más, cuanto peor sea la accesibilidad a la vía desde accesos rodados por carretera, y que impidan una actuación “desde el exterior” con ayuda de caminos laterales.

Es decir, una serie de actividades que ocupan tramos de vía, o incluso el estado en que se encuentre ésta, puede representar un impedimento para el movimiento de estos elementos móviles, llegando a incompatibilizar la ejecución de ambos a la vez.

Se hace preciso, por todo lo expuesto, implantar un sistema, con adecuadas y eficaces herramientas, que sea útil para todos los agentes intervinientes en una obra de este tipo.

De este modo, se crea el sistema ScoF, que actúa en todas aquellas situaciones que tenga que ver con la circulación de trenes de trabajo o actividades móviles que deban desplazarse sobre la traza de la vía dentro de un ámbito de corte de circulación ferroviario.

El sistema analiza la compatibilidad o incompatibilidad de tales movimientos, por los obstáculos que puedan presentarse a su paso, permitiendo establecer itinerarios de trenes y minimizar los tiempos de recorrido y, con ello, optimizar los recursos disponibles sin menoscabo de la seguridad.

4. Definición del sistema ScoF y su implantación en una obra de renovación de vía

El sistema ScoF es un procedimiento operativo de gestión a tiempo real de la seguridad y control de medios humanos y maquinaria, para obras ferroviarias de renovación de vía y catenaria sobre líneas existentes, trabajando en condiciones de explotación con corte total.

Con ligeras modificaciones, este sistema también puede emplearse en otros tipos de obra en las que las condiciones de plazo de entrega de la vía al explotador, o la interferencia de múltiples actividades sobre la vía, o, simplemente, la falta de visibilidad por tratarse de trabajos nocturnos, obligan a implantar un sistema de gestión de la obra suficientemente seguro.

En primer lugar, el sistema es capaz de identificar y definir una serie de entidades para poder operar sobre un “esquema unifilar” presentado en una pantalla de ordenador. Se clasifican en:

- ¾ zonas de referencia
- ¾ tajos fijos o zonas de trabajo
- ¾ trenes de trabajos o actividades móviles

Las zonas de referencia son tramos fijos de longitud finita sobre la vía que, junto con los P.K.'s de línea y de proyecto, sitúan un elemento característico de la obra, como: estaciones y apeaderos, túneles, viaductos, accesos a la vía, etc.

Son, en principio, invariables y permanentes a lo largo de la obra. Intrínsecamente no representan un obstáculo para el movimiento de los trenes y sirven para orientar la situación de las diferentes actividades en los paneles de trabajo.

Los tajos fijos o zonas de trabajo (“tajo”) son tramos fijos de longitud finita sobre la vía, que representan las zonas sobre la misma en las que pueden estar desarrollándose “actividades fijas” de obra, tales como: voladuras, acondicionamiento de túneles, viaductos, pasos a nivel, obras de drenaje transversal, trabajos fijos de vía y electrificación, recrecido de andenes, etc.

Sus límites pueden ser variables en el tiempo (puede evolucionar su ámbito) siendo el Encargado del tajo el responsable directo de la seguridad en el mismo. Pueden estar activos o inactivos. Representan un obstáculo a la circulación sobre la vía si se encuentran activos o si ésta (incluida sus zonas de seguridad) está invadida por cualquier persona, material, herramienta, maquinaria o cuerpo extraño.

En el esquema unifilar también se representa el estado de la vía: antigua, en color gris claro; cortada, en rojo; desguarnecida, en naranja, y renovada, en verde. La vía en rojo es un obstáculo.

Los trenes de trabajos o actividades móviles (“tren”) son los “elementos móviles” que tienen capacidad de circular por la vía, motivo por el cual ésta debe estar despejada y verificada antes de llevar a cabo cualquier itinerario, como: trenes de tolvas, plataformas, ferrocarriles, etc.

Igualmente, pueden estar activos o inactivos. La responsabilidad recae en el Piloto de circulación asignado, que es el que da instrucciones de marcha o detención al Maquinista.

Cuando elementos móviles o trenes de trabajo que por sus reducidas dimensiones (ferrocarriles, retroexcavadoras con diplotrys) no lleven pilotos para desplazarse de un tajo a otro, el responsable será, en este caso, el encargado de tajo que expide dicho tren, hasta que llega al tajo de destino, traspasando la responsabilidad al encargado del tajo receptor. Si un determinado tren se mueve dentro del mismo tajo, el responsable será el encargado de ese tajo.

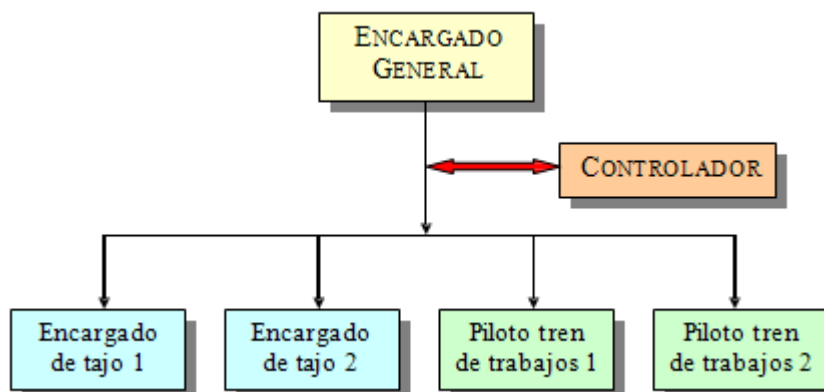
Los trenes representan siempre un obstáculo a la circulación, sobre la vía en la que se encuentran. Cabe la posibilidad del cruce o adelantamiento con otro tren, sólo si hay vías de apartado.

La implantación del sistema ScoF requiere el concurso, además, de los siguientes medios:

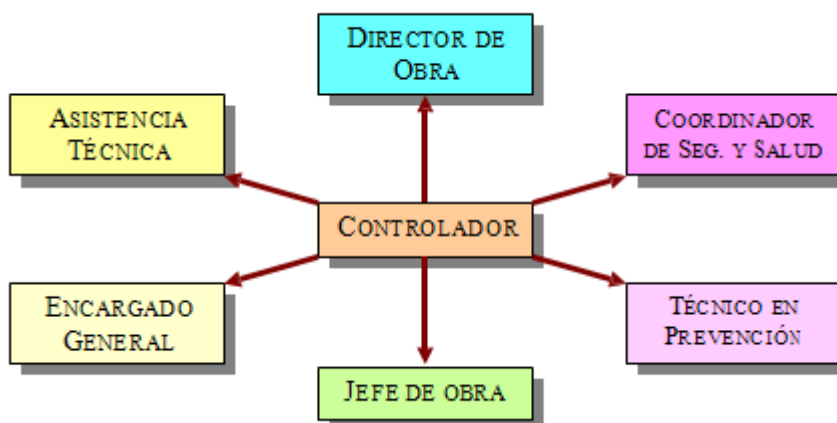
- f* Un equipo humano convenientemente formado e informado.
- f* Dotarse el Contratista de una serie de medios materiales específicos para este sistema.
- f* El establecimiento por parte de la Dirección Facultativa de una consigna interna o procedimiento de actuación en situación normal y en situaciones de emergencia.

1. **Equipo humano:** El Contratista debe facilitar un Agente Controlador dependiente del Encargado General que centralice y disponga permanentemente de la información del estado de la obra. Por medio de él, éste conoce el estado de la vía, así como el de los diferentes tajos de obra, pudiendo, así, tomar las decisiones con el mejor conocimiento de la obra.

Este conocimiento se realiza en todo momento, a través de los diferentes responsables, que no son más que los propios encargados de tajo, para las actividades fijas, y pilotos de circulación, para los trenes de trabajo, mencionados anteriormente. En un esquema genérico de una obra, pueden representarse los diferentes grupos dependientes del Encargado General (p.e. con 2 encargados y 2 pilotos):



El Controlador, además, tiene una dependencia del Jefe de obra, del Técnico en Prevención del Contratista y, por supuesto, de la Dirección Facultativa (Director de obra y Asistencia Técnica, en su caso) y del Coordinador de Seguridad y Salud, por cuanto que a todos ellos debe proporcionarles la información disponible, cuando le sea solicitada.



2. **Medios materiales:** El Contratista debe poner a punto una estancia para ubicar un Puesto de Control Centralizado (PC), acondicionando una oficina convenientemente equipada, de acceso restringido (bajo llave).

Debe disponer de un teléfono fijo para la comunicación directa con los agentes participantes antes mencionados, a través de sendos teléfonos móviles: Responsables (encargados de tajo y pilotos) Encargado general, Jefe de obra, Dirección Facultativa, etc., y un ordenador, en el que se le ha instalado un software que le permita gestionar la obra con el Encargado general, mediante una serie de paneles y comandos específicos, de sencilla utilización. Este software

(programa ScoF bajo entorno Windows), ha estado desarrollado por IDOM y se explicará con detalle con una aplicación práctica en una obra actualmente en ejecución.

El programa graba automáticamente cualquier cambio de estado de la vía, de los tajos de la obra y todo movimiento de trenes de trabajo u otros elementos móviles. Esto permite reproducir la situación de la obra en cualquier instante pasado, o recuperar el estado de las actividades en curso, si se sale del programa por cualquier causa (fallo eléctrico, finalización de la jornada, etc). El programa también es capaz de trasplantar sobre un plano de planta de la obra en otra pantalla, todo lo reflejado en el esquema unifilar de la pantalla principal.

Los medios materiales se complementan con un “teléfono rojo” para uso exclusivo de emergencias, y un grabador de conversaciones en el que se inserta la línea telefónica, por un lado, y el ordenador por otro, con objeto de grabar todas las conversaciones mantenidas con el Controlador. El número exterior y la hora de la llamada queda registrado, además de la propia conversación en un archivo de voz, en el disco duro del ordenador, de forma automática.

3. **Consigna:** La Dirección Facultativa implanta para los trabajos sobre la vía una Consigna interna de obligado cumplimiento, además de las que impone RENFE en estos casos-, en donde se definen las interrelaciones de los agentes participantes en la obra, y su modo de actuación, mediante sencillos protocolos, de fácil comprensión, incluyendo un pequeño Plan de Emergencias.

El Puesto de Control gestionará, de acuerdo con la Consigna y de manera centralizada, las siguientes operaciones y actividades:

a) Operaciones generales internas:

- o Alta, baja o modificación de una actividad sobre la vía (tajo o tren)
- o Activación y desactivación de las características de un tajo fijo o zona de trabajos, como obstáculo para la circulación y seguridad ferroviaria
- o Establecimiento y desarrollo de un itinerario sobre la vía de un tren de trabajos y otras actividades móviles, entre dos puntos de la traza, dentro del ámbito de su actuación

b) Operaciones especiales e incidencias externas:

- Acceso o abandono de la zona de la vía, de personal, maquinaria o vehículos autorizados por la Dirección Facultativa, para ejecución, inspección, o control y vigilancia de la obra
- Acceso o salida de trenes de las estaciones colaterales en explotación
- Cruce o adelantamiento de trenes a través de las vías de apartado de las estaciones
- Cruce de un paso a nivel

c) Situaciones de emergencia:

- Invasión inesperada de la vía, incluida sus zonas de seguridad, de algún elemento extraño, que obligue a abortar inmediatamente una circulación autorizada
- Accidente laboral o de maquinaria en cualquier punto de la vía, incluso ajeno a la circulación ferroviaria
- Accidente de trenes en cualquier punto de la vía, debido a la circulación de los mismos

El éxito de este sistema, por lo tanto, se basa primordialmente en tres condiciones que deben observarse en todo momento y sin excepción en todo su ámbito de actuación:

- f* información actualizada del estado y movimiento de los medios
- f* comunicación permanente de los responsables de la obra con el PC
- f* disciplina estricta en la actuación de los todos los agentes y operarios



5. Aplicación real en la obra de Borgoña – Ripoll (Barcelona) para la D.G.F. del ministerio de fomento

Como aplicación práctica a un caso real, actualmente en ejecución, se presenta el sistema ScoF en una obra promovida por la Dirección General de Ferrocarriles del Ministerio de Fomento.

Se trata de la Renovación de vía y electrificación del tramo Borgoña-Ripoll de la línea Barcelona-Puigcerdá. Actualmente es una línea de vía única electrificada de ancho ibérico, en precarias condiciones de conservación, explotada por RENFE, con un tráfico exclusivo de cercanías relativamente reducido (Ripoll se encuentra a 100 km de Barcelona). El intervalo medio de paso de los trenes está alrededor de media hora y se trata de una línea donde predomina el pasajero estacional: excursionistas en verano y fin de semana, y esquiadores en invierno.

Al hallarse cerca de los Pirineos, la topografía es muy agreste, pues la línea discurre en su mayoría entre la ladera de las montañas y el río Ter. La accesibilidad a la vía es muy dificultosa, y sólo en contados puntos de la traza se puede llegar en vehículo o a pie.



Los datos técnicos más significativos de la obra se relacionan a continuación:

- Longitud del tramo: 18,4 km en vía única (salvo estaciones)
- Renovación de la superestructura con traviesas de hormigón monobloque polivalente, balasto granítico nuevo tipo A y carril UIC-54 en barra larga soldada de primer uso.
- Nueva electrificación compensada (605 postes nuevos que sustituyen a los actuales)

- Remodelación de las estaciones de Sant Quirze de Besora y Ripoll, y de los apeaderos de Borgoña y La Farga: recrecido de andenes y acondicionamientos varios
- Ampliación de plataforma y saneo de zonas plastificadas
- Acondicionamiento y protección de taludes en desmonte mediante malla y bulonado
- Drenaje, saneo, sellado de grietas y gunitado de túneles (9), con ejecución de refugios
- Acondicionamiento de viaductos metálicos (3) y sus encarriladoras y contracarriles
- Mejora del drenaje transversal (18 ODT nuevas) y longitudinal (14.860 m)

El presupuesto de la obra adjudicada asciende a 16.825.434,75 euros y el plazo inicial para su ejecución, a 18 meses. La obra comenzó en abril del presente año

El proyecto consideraba que la ejecución de los tajos que afectan a la vía, que son la mayor parte, debería realizarse en régimen de corte nocturno, disponiendo de tan sólo 6 horas por jornada, pudiendo realizar durante el día, todos aquellos trabajos (básicamente en estaciones) que no afectaran ni a la vía ni a su zona de seguridad.

Sin embargo, dada la dificultad manifiesta de poder acceder a los tajos cada día, la dureza del clima en las noches de invierno (donde se alcanzan fácilmente temperaturas bajo cero), las dificultades de movilidad de la propia maquinaria de obra trabajando en la renovación y, en definitiva, para reducir al máximo los factores de riesgo de accidentes y cumplimiento de devolución de la vía al final de cada jornada, la Dirección de obra, de acuerdo con el Contratista y con RENFE, decidió que se debía ejecutar la mayor parte de la obra, la que realmente ocupa la vía, bajo unas condiciones de corte total, en concreto, entre el 16 de agosto de 2004 y el 2 de diciembre de 2004, es decir, de 3.5 meses.

Esto permite emplear un sistema de renovación mediante desguarnecedora y tren de tolvas continuo, que alcanza una media de unos 250-300 metros diarios (incluidas las paradas técnicas). La **velocidad de cruce** está sobre el metro por minuto. Un sistema de cintas en los 10 vagones tolva evita las paradas de la desguarnecedora, pues, mientras se llenan 5 de ellos, los otros 5 son arrastrados por una locomotora diesel hasta el lugar de descarga y acopio de detritus, y retornados de nuevo al tren de tolvas.

En base a estas premisas, IDOM propuso implantar una metodología y sistema de control de la seguridad de la obra, mediante una Consigna interna “ad hoc”, que fuera capaz de gestionar de manera fácil y segura, la ingente cantidad de tajos y movimientos sobre la vía que se pueden presentar durante todas las jornadas del periodo de corte total. Así nació el sistema ScoF que en este artículo se presenta.

Si bien el ámbito de la obra -entre el P.K. 87+466 y el P.K. 105+881- se inscribe entre el apeadero de Borgoñá (final del tramo Vic-Borgoñá) y la estación de Ripoll, ambos inclusive, este procedimiento se está actualmente aplicando entre:

- la entrada Norte (E2) de la estación de Torelló (P.K. 85+575) y
- la entrada Sur (E1) de la estación de Ripoll (P.K. 104+804),

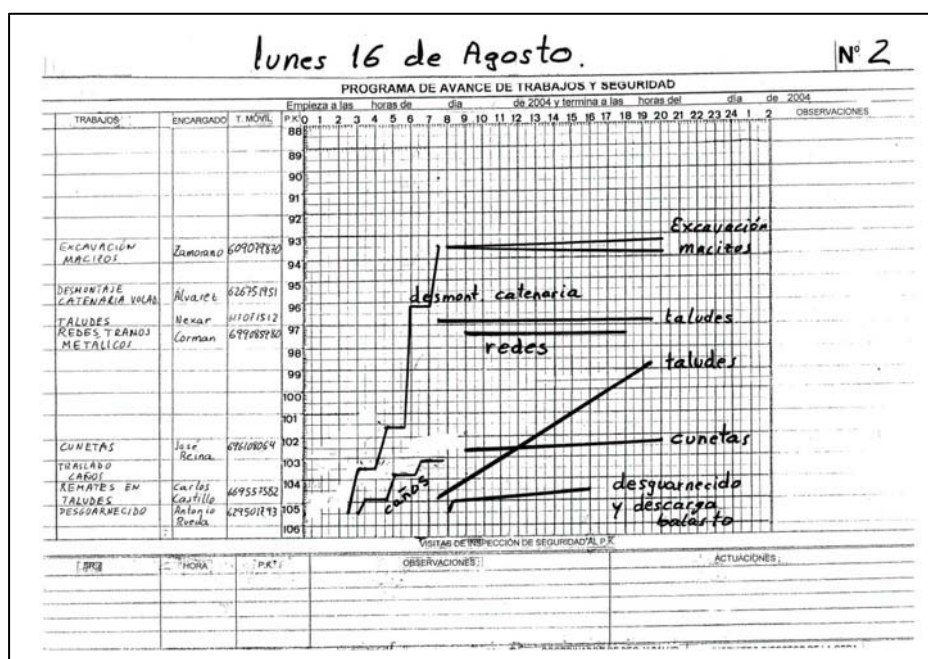
Toda vez que es el Contratista de las obras quien gestiona la circulación de la vía entre dichas estaciones, de acuerdo con la Consigna que a tal efecto ha emitido RENFE.

Este procedimiento forma parte de la Consigna de control de trabajos y seguridad para la ejecución de la obra, preparada por la Asistencia Técnica para el Contratista y con la supervisión de la Dirección de Obra, el 28 julio de 2004.

El Puesto de Control se ha ubicado en un cuarto independiente, dentro el edificio de la estación de RENFE en Ripoll, con llave y acceso restringido.

El procedimiento normal al inicio de una jornada consiste en que el Encargado General proporciona por escrito los estadillos del día al Controlador y el estado de la vía, quien introduce los datos al ordenador, según van llamando los diferentes responsables (encargados y pilotos), a medida que se activan sus respectivos tajos o se han de poner en movimiento los trenes, respectivamente. Cualquier anomalía respecto a los estadillos o cualquier incidencia que observa el Controlador, lo pone en conocimiento al Encargado General, al Técnico en Prevención o, incluso al Coordinador de Seguridad y Salud.

La jornada normal transcurre en el Puesto de Control de manera que el Controlador actualiza el estado de la obra en el sistema e informa a los responsables de la obra que le solicitan algún dato.



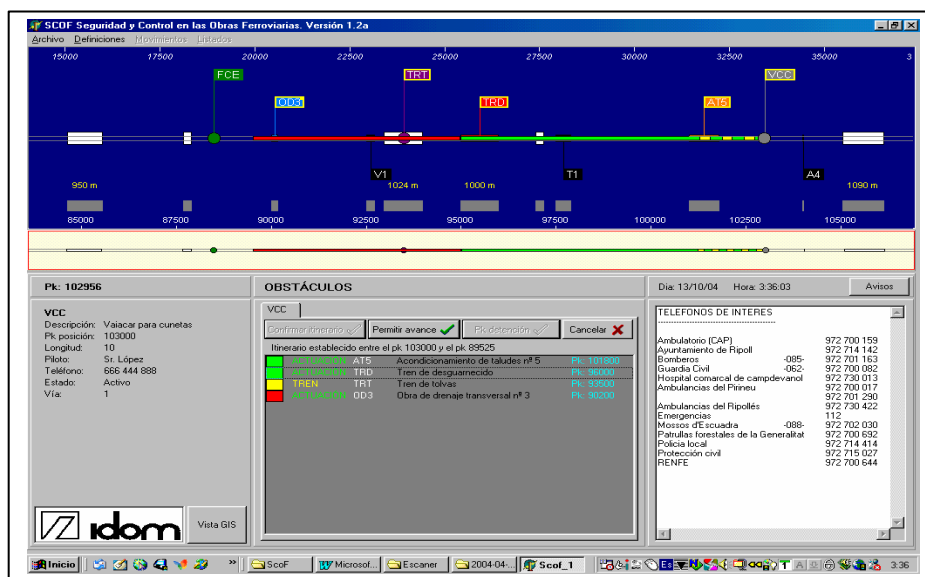
El encargado de tajo debe advertir al Controlador de la situación de una determinada tarea que se desea activar. Aquél debe proporcionar el nombre, nº de teléfono, el tajo de que se trata y entre qué puntos kilométricos se sitúa. El Controlador añadirá una distancia de seguridad a cada extremo del "segmento", no inferior a 100 metros.

Los trenes que se activen deben obrar de manera semejante, dando los datos del Piloto y del tren (tipo, composición, longitud y situación). Lo mismo debe decirse de toda aquella persona o grupo –en cualquier caso, adscrita a la obra- que desee acceder a la vía. En el caso de los grupos, habrá siempre un responsable que represente al resto y será el interlocutor con el Controlador.

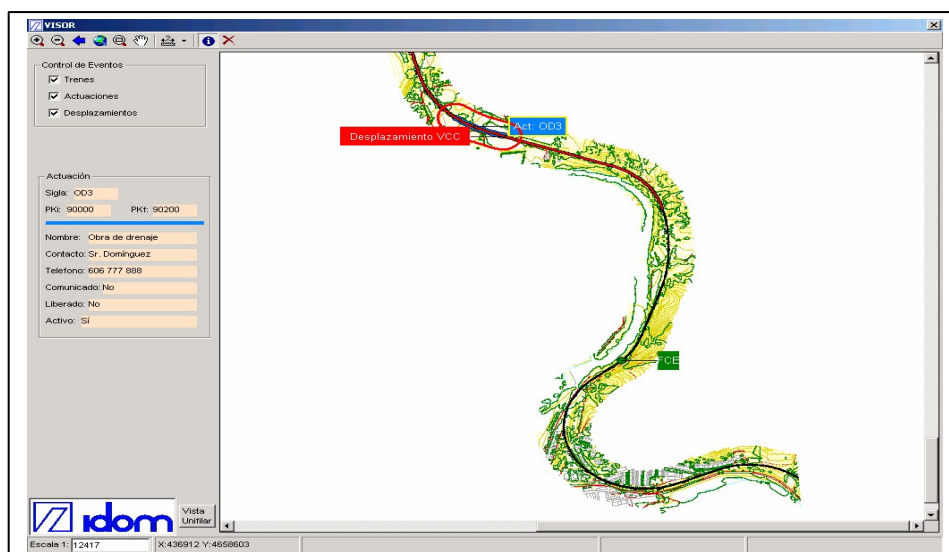
Siguiendo las instrucciones y pantallas que proporciona el programa ScoF, el Controlador analiza los movimientos de trenes solicitados definiendo los itinerarios y verificando su compatibilidad con los obstáculos que puedan encontrarse (vía cortada, tajos activos o trenes sobre la vía). Si la vía se halla libre, concede el movimiento solicitado y lo controla

hasta que ha llegado a su destino. Mientras el tren está ocupando el tramo comprendido entre su origen y destino, los tajos deben estar inactivos y no se permite el acceso a la vía a nadie. A medida que el Controlador es informado del lugar en donde se encuentra el tren, el Controlador “libera” hasta ese punto la vía, dejándola libre para su acceso.

Al final de la jornada, el Controlador debe verificar que todos los tajos y todos los trenes se inactivan, y debe comprobar, con ayuda del Encargado general, el estado de la vía



Pantalla principal, mostrando en la parte superior el esquema unifilar de la obra, y en la inferior, los datos de los obstáculos, la información y seguimiento de los itinerarios, el día, la hora y la relación de teléfonos de emergencias



Pantalla de ayuda “vista GIS”, mostrando la información del esquema unifilar sobre los planos de planta del proyecto, en los que se incluye la topografía

14.2 Supresión de pasos a nivel y protección automática

La problemática de los pasos a nivel en la red ferroviaria de ancho ibérico y las actuaciones preventivas realizadas en el periodo 1975-2009.

1. Introducción

La ingente labor realizada por el Ministerio de Fomento, RENFE y ADIF entre 1975 y 2009 suprimiendo pasos a nivel y protegiendo técnicamente mejor otros no es bien conocida, por lo que una breve referencia inicial explicativa de como se generó el problema de los pasos a nivel, de que forma ha evolucionado, como se han clasificado estos en función de su nivel de riesgo y también como se afrontaba el riesgo hasta 1975; que acciones se promovieron para suprimir unos pasos a nivel y proteger mejor otros, que medios se implementaron y que evaluación se hace de su eficacia para el logro obtenido de la importante reducción de accidentes en dichos pasos que se ha logrado.

2. La necesidad del paso a nivel

Al construirse el ferrocarril, el proyecto de trazado en unos casos interceptaba carreteras o caminos dividía algunas fincas en dos partes o bien dividía un pueblo también en dos partes al implantar la estación en una zona donde la ubicación de la misma se deseaba que fuera céntrica y accesible a la mayoría de las personas. También se daba el caso de situarla en uno de los extremos del pueblo y el crecimiento del mismo se desarrollaba al otro lado de la vía con lo cual se producía el mismo efecto que generaba la necesidad de una formula que armonizara o al menos evitara que se produjeran accidentes por arrollamiento de vehículos o personas que cruzaran la vía.



Antiguo paso a nivel de barreras levadizas accionado con transmisión alámbrica

3. La situación de los pasos a nivel con anterioridad a 1975

En 1975 el número de pasos a nivel públicos, todavía en servicio en la Red, de ancho ibérico, era de 10.795, siendo las diversas clases existentes, los pasos a nivel sin guardar los guardados a pie de paso por guardabarreras o bien por agentes de las estaciones y los particulares cerrados con cadena y candado.

4. El servicio del antiguo guardabarreras del paso a nivel.

Los pasos a nivel guardados a pie de paso se accionaban a manivela, desde el lado de las barreras junto a una caseta de madera, obra o casilla-vivienda del guardabarrera. Los de la estación, generalmente se accionaban desde la propia estación levantándose y bajando las barreras mediante una manivela que accionaba una transmisión alámbrica o bien se tendían cadenas, o se empujaban barreras con ruedas, siempre con antelación al paso de los trenes, acordando la Administración del ferrocarril y los Ayuntamientos que los trenes darían un toque de silbato al pasar por un cartelón situado 600 metros antes del paso a nivel para advertir a los que fueran a cruzarlo de la proximidad del tren.

Por otra parte las estaciones colaterales del paso a nivel debían avisar por teléfono, al guardabarrera de la llegada del tren para que cerrara el paso. Cuando el guardabarrera estaba en la propia estación el Jefe de Circulación se lo indicaba directa y verbalmente; cuando el guardabarrera estaba en la propia estación en una casilla de resguardo se lo indicaba por teléfono, pero si el guardabarrera estaba en el trayecto por cruzar allí una carretera a veces no disponía de teléfono, basándose la seguridad en los horarios y las órdenes de circulación de trenes en sus fechas.

Con estas carencias y el nivel de tecnología, el número de accidentes era elevado pues la mayor parte de los guardabarreras en plena vía, ni siquiera disponían de teléfono con las estaciones colaterales para recibir los avisos de salida de los trenes hacia el paso a nivel y debían guiarse, como se ha indicado, por los horarios prescritos y una “atención permanente a la vía” como establecían las Consignas de guardería del paso a nivel para el/la guardabarrera.

En el caso de trenes especiales tenían conocimiento de que iban a circular, por sus anuncios a la vía mediante señalización convenida a la cola del tren con un banderín de día o farol de noche en el furgón de cola, todo ello con el concepto de “señalamiento a la vía de trenes especiales” y con un cierto riesgo de que no fuera correctamente identificado por los guardabarreras de los pasos a nivel y pudiera pasar algún tren con las barreras abiertas.

Existían también unos pocos pasos a nivel automatizados que se habían instalado en tramos de líneas a las que se había aplicado hacia 1974, inicialmente el (C.T.C) control de tráfico centralizado en León-Asturias-Galicia cuya instalación ya iba asociada al proyecto de dicho CTC.

5. Nuevas disposiciones legales en el año 1978 y siguientes.

En 1978 el Ministerio de Transportes, responsable en aquel momento decidió establecer nuevas disposiciones que mejoraran notablemente la seguridad en dichos cruces de la carretera con el ferrocarril decretó mediante el R.D. 2422/1978 de 24 de agosto una mejora muy substancial en la protección de pasos a nivel que se detalla más adelante y que como se verá al final de este capítulo supuso una mejora extraordinaria encaminada a la supresión de los accidentes en los pasos a nivel con un notable y sostenido decremento de los mismos a partir de la aplicación de la disposición.

Posteriormente en 1993 se homologó en RENFE la protección adicional a los pasos con señales fijas de señalización luminosa y acústica que dio origen a una nueva clase de pasos denominada clase B, que también elevó considerablemente la protección de los mismos respecto a los de clase A protegidos con señales fijas exclusivamente.

Ya en 2001 otro Real Decreto el 740/2001 de 1 de Agosto, redobló el esfuerzo normativo legal para aumentar el rigor en la protección, supresión y establecimiento de cruces a distinto nivel que evitaban definitivamente el accidente en la intersección de la vía ferroviaria con la carretera.

Un Plan continuado de supresión de pasos a nivel por una parte y por otra la continua instalación de semibarreras enclavadas en las estaciones y automáticas en el trayecto, fueron reduciendo en 35 años (1975-2009) este riesgo público, disminuyendo de forma extraordinaria el número de accidentes anuales que se registraron. El autor por su experiencia larga y continuada en esta cuestión considera que la extraordinaria labor realizada por el Ministerio, RENFE Y ADIF no es bien conocida y valorada por el ahorro de vidas humanas que ha logrado de sencillo cálculo conocidos los accidentes mortales en 1975 y en 2009.

6. La gravedad de un accidente en un paso a nivel.

Podemos notar, que un accidente en un paso a nivel genera casi siempre al menos una víctima que o no puede salir ante la inminencia del arrollamiento, especialmente en vehículos de dos puertas si van ocupantes en los asientos traseros o permanece en el vehículo hasta el último momento intentando sacar el vehículo del paso a nivel, dándose casos de proyección fuera de la vía y otros de quedar atrapado bajo la locomotora o coche de cabeza con cabina de conducción en los automotores y de rescate difícilísimo.



Vehículo arrollado en un paso a nivel de una urbanización

7. Las clases de pasos a nivel

Clase A.

Pasos a nivel protegidos por señales fijas.

Es la protección mínima que puede haber. Para señalizarlo a la vía, sólo tienen un cartelón de "Silbar" a 500 metros a cada lado del PN Para la carretera, tienen varias señales entre ellas "Paso a Nivel sin barreras", la de "Parada obligatoria" y la de "Adelantamiento prohibido". Está instalada en PPNN con un momento de circulación inferior a 1000 y sólo en plena vía



Paso a nivel de clase A, protegido por señales fijas

Clase B.

Pasos a nivel protegidos por señales fijas, luminosas y acústicas cuya instalación en los pasos a nivel de RENFE se inició en 1993 después de su homologación.

Tienen algo más que señales fijas. En este caso cuentan con señales luminosas y acústicas, es decir, las SLA. Para la vía tienen los mismos cartelones que antes, y además una Señal Ferroviaria de Paso a Nivel (SFPN) que indicará al maquinista si el PN está protegido o no. Para la carretera, además de las señales de antes, tiene un semáforo con dos luces rojas intermitentes y de una sonería de tipo campana o timbre. El semáforo y la sonería se encienden, al menos, 30 segundos antes del paso del tren. En PPNN con un momento de circulación (AxT) superior a 1000 e inferior a 1500 y sólo en plena vía.



Paso a nivel de clase B, protegido por señales fijas, luminosas y acústicas

Clase C.

Pasos a nivel protegidos por semibarreras enclavadas con las señales de las estaciones, ubicados dentro de las mismas y pasos a nivel automáticos ubicados en el trayecto entre dos estaciones colaterales cuyo cierre y apertura se produce automáticamente por la proximidad del tren para cerrarse y por el accionamiento de un dispositivo de apertura después de haber rebasado su cola de tren dicho paso

Además de las señales acústicas y luminosas los interiores de estaciones, tienen unas barreras enclavadas. De esta clase son las SBE. Para la vía son iguales que los de antes y para la carretera también, pero con las barreras. Las barreras pueden ser de varios tipos. Pueden ser barreras completas (que cruzan toda la carretera), pueden ser semibarreras (que cruzan sólo uno de los carriles) o pueden ser semibarreras dobles (dos semibarreras que cruzan, cada una, un carril).

La sonería y los semáforos se encienden 45 segundos antes del paso del tren (60 para semibarreras dobles). Entre 6 y 8 segundos después de comenzar la sonería y los semáforos, las barreras, semibarreras o semibarreras de entrada (en el caso de las semibarreras dobles) empiezan a bajar y tienen que tardar entre 7 y 10 segundos en bajar completamente. Si son semibarreras dobles, las de salida empiezan a bajar cuando las de entrada hayan terminado. Está instalada en PPNN con un momento de circulación (AxT) superior a 1000 e inferior a 1500 en plena vía y en estaciones

Clase D.

Se trata de pasos a nivel situados tanto en vía general como en estaciones en las que en las líneas que no se alcancen velocidades superiores a 40 km/h cuando el Momento de circulación (AxT) sea superior a 1000 e inferior a 1500. Son pasos a nivel protegidos en régimen de Consigna, que son unas instrucciones específicas establecidas por la Administración ferroviaria para regular la utilización del paso a nivel en cuestión. Podrán ser sustituidos por la clase B o la clase C, antes descritas siempre que exista acuerdo entre el Titular del camino y el Titular de la Explotación Ferroviaria.

Clase E.

Se trata de pasos a nivel protegidos con barreras o semibarreras con personal al pie de paso, exclusivamente con carácter transitorio hasta que se lleve a efecto la instalación de clase B o C en cada caso

Clase F.

Son pasos a nivel con protección específica para el uso exclusivo de peatones o de peatones y ganado.

Además de los anteriores, que son públicos, existen también otro tipo de pasos llamados *particulares* siempre cerrados con barrera o cadena y candado que son antiguos contratos entre la Administración y particulares para acceder a sus fincas en condiciones específicas establecidas y bajo la total responsabilidad del particular, que poco a poco se van suprimiendo al disponer de otras alternativas de acceso a dichas fincas sin cruzar el ferrocarril.

Los pasos a nivel de tipo A, corresponden a protecciones con señales fijas, los de tipo B a señales fijas, luminosas y acústicas, y las señales de tipo C pueden ser semibarreras enclavadas y automáticas.

8. Aspectos técnicos que se ofrecen a la solución del problema

Un paso a nivel es un punto de intersección de un trazado ferroviario con otra vía de comunicación terrestre, situada en el mismo plano del paso a nivel, permitiéndose en dicho espacio concreto el tránsito de vehículos y de personas sobre la vía férrea respetando las disposiciones legales relativas a estos y las órdenes de los sistemas de seguridad que puedan estar instalados.

De entrada las alternativas que se ofrecen, como es evidente y siempre que sea posible, es su supresión mediante un paso a distinto nivel inferior o superior en función de las exigencias del entorno de su ubicación y cuando ello no es posible por diversas razones debe mejorarse al máximo posible la tecnología de protección, debiendo considerarse siempre a extinguir aquellos cuya protección es simplemente las señales fijas que tienen en su proximidad y en su inmediatez que por supuesto es totalmente Legal en el momento actual.

No obstante la consideración legal del paso a nivel, de la normativa vigente que exige respeto y cumplimiento de la ley a los conductores de vehículos de carretera, a los peatones de la

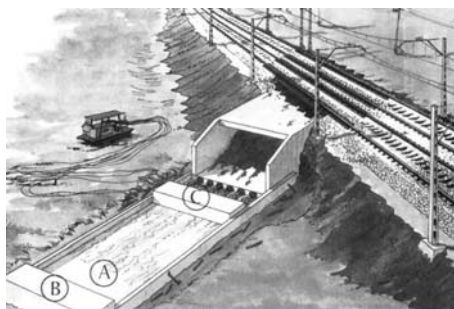
misma y a los maquinistas de los trenes, a veces se producen incumplimientos por parte de las personas que intervienen y se producen accidentes la mayor parte de ellas de carácter mortal para la parte más débil que es la persona o el vehículo que lo cruza indebidamente o inoportunamente sin precaución y este es el problema inicial que se trata de solucionar satisfactoriamente.

Es evidente que si se pudiera suprimir en todos los casos el paso a nivel o deprimir la línea ferroviaria desaparecería este tipo de accidentes pero como ello no es posible, al menos en el corto plazo que sería la solución radical del problema, este nos orienta hacia la solución a la que debe tenderse y que como se verá el Ministerio y la Administración Ferroviaria ha ido aplicando con gran acierto e interés y aportación de muchos medios y recursos.

9. Actuaciones continuadas del Ministerio y de la Administración ferroviaria

Dado que esta solución apuntada no es totalmente posible, el Ministerio y la Administración Ferroviaria de RENFE-ADIF han recurrido en los últimos 35 años a otras soluciones como son *el paso a distinto nivel en unos casos y una protección técnica de mayor garantía que no deja de precisar el respeto absoluto a las órdenes de señales de carretera y barreras o semibarreras que en su posición bajadas no autorizan el paso.*

El objeto del capítulo es analizar la labor realizada en relación con los resultados de menor número de accidentes ocurridos, en decrecimiento constante y definir la eficacia de cada una de las soluciones aportadas y la línea a seguir frente a este problema tan antiguo como el propio ferrocarril pero en vías de total solución. La figura siguiente muestra un sistema de supresión de un paso a nivel.



Innovación tecnológica de construcción de un paso a distinto nivel

10. Las innovaciones tecnológicas relacionadas con los pasos a nivel

Para el nivel de protección de supresión del paso a nivel las innovaciones tecnológicas constructivas aplicadas en el periodo 1975-2009 de esta cuestión de supresión de pasos a nivel merecen una referencia en el proyecto ya que aportan entre otras ventajas la reducción de tiempo y menores costes de construcción, *seguridad en la ejecución y en la circulación de los trenes* mientras se construye. El procedimiento es el del cajón de hormigón ejecutado fuera de la vía donde va a instalarse, orientado su eje en la dirección de su posición final bajo la vía, con un empuje posterior teniendo la vía apoyada en un empaquetado de carriles y preparación adecuada de perfiles metálicos para cruzar bajo ella.

Cuando no es posible aplicar el procedimiento anterior por la topografía de la zona donde va a suprimirse el paso a nivel y a construir otro a distinto nivel, se recurre a otro procedimiento conocido que es construir unas pantallas de hormigón, figura siguiente, bajo la vía manteniendo esta en servicio con limitación de velocidad y una losa sobre las mismas sobre la cual finalmente descansará la vía y bajo la losa quedará el nuevo vial de circulación de vehículos a distinto nivel.



Supresión de un paso a nivel y construcción de un paso inferior al lado

Cuando no es posible aplicar la solución más eficaz y definitiva con los métodos anteriores que es la supresión, es necesario evaluar y determinar el tipo de protección innovadora más adecuado en función de la peligrosidad del paso a nivel según el criterio que se expone a continuación:

El producto de la intensidad media diaria de circulación de vehículos por el tramo de carretera afectado por el paso a nivel, multiplicado por el número de circulaciones diarias de

trenes , denominado momento del paso, da idea del riesgo y por tanto del nivel de protección que debe tener.

Cuando el cruce entre el ferrocarril y la carretera se producía en el trayecto entre dos estaciones el guardabarrera si no disponía de teléfono debía estar permanentemente atento a la llegada de los trenes por su horario o su anuncio si eran especiales o su supresión mediante una señalización en cola del tren anterior.

Con el tiempo esta situación en que los trenes generaban mucho ruido, humo, golpes rítmicos en las juntas de carriles y se desplazaban a bajas velocidades constituyendo esto una alarma o aviso para las personas del entorno ha dado paso a una vía soldada silenciosa por la que circulan los trenes con velocidades de hasta 155 km/h con lo cual el tiempo de reacción es mínimo.

Por distintas razones y fallos diversos el hecho es que durante años se han generado accidentes que mediante las actuaciones que a continuación se expondrán se han ido resolviendo hasta llegar a un nivel de alta seguridad, con las actuaciones que aquí se expondrán y las soluciones técnicas que las realizan.

11. Disposiciones legales existentes antes de 1975 y entre 1975 y 2009

Antes de 1975.

Al examinar la legislación existente sobre pasos a nivel con anterioridad a 1975 año de inicio del estudio, encontramos la siguiente:

Decreto del 20 de septiembre de 1962 nº 2408/62 que establece resumidamente lo siguiente:

- “Los pasos a nivel que hasta entonces podían estar protegidos por barreras y señales con $AxT > 24000$ deberán ser suprimidos y sustituidos por pasos a distinto nivel”.
- “Los pasos a nivel con $AxT < 24.000$ deberán estar protegidos por un sistema de seguridad adecuado con arreglo a las Normas que dicte el Ministerio de Obras Públicas”.

- Las obras de RENFE que den lugar a un paso a nivel se someterán a exámen de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas que determinará la protección a aplicar”.

Orden del Ministerio de Obras Públicas del 30 de Diciembre de 1967 por la que se establece el uso de semibarreras automáticas en pasos a nivel:

- “Se aprueba el uso de semibarreras automáticas cuando el $AxT < 24000$ a título provisional siempre que la semibarrera automática esté homologada por el Ministerio de Obras Públicas y siempre que las semibarreras queden totalmente cerradas 30 segundos antes del paso del tren.
- Orden del Ministerio de Obras Públicas del 1 27 de Enero de 1972 por la que se reconocen los sistemas adecuados de protección de pasos a nivel sitios en la zona comprendida entre las señales de las estaciones ferroviarias cualquiera que sea el valor de $Ax T$ de dichos pasos y que estas semibarreras esten enclavadas con las señales de entrada y salida de estas estaciones mencionadas, de forma que para que las semibarreras estén abiertas las señales de entrada y/o salida de las estaciones estén en indicación de parada (rojo). Cuando vayan a autorizarse movimientos de entrada o salida de trenes las semibarreras estarán totalmente cerradas 30 segundos antes del paso de los trenes.

Entre 1975 y 2009.

Volviendo a la grafica de accidentes totales en los pasos a nivel que tal como se indica fueron 140 acumulados a 31 de diciembre de 1975, podemos ver sobre el gráfico nº 2 una nota insertada relativa a la publicación del:

Real Decreto 2422/1978 de 28 de agosto:

Este Real Decreto supuso en su momento un aumento de rigor considerable en la protección de pasos a nivel de forma que sustancialmente establecía:

- Una prohibición de instalar ningún paso a nivel nuevo
- La implantación de guardería en todos aquellos pasos cuyo AxT fuera superior a 2500

- La implantación de guardería en todos aquellos pasos en que el AxT fuera superior a 1500 y la visibilidad desde el paso a nivel respecto al tren fuera menor de 500 m
- La dotación de señales fijas de peligro, pasos a nivel sin barreras, stop, señales horizontales etc.

Al propio tiempo hay que considerar también que los planes del Ministerio respecto a *actuaciones de supresión en pasos a nivel* en los mismos 7 años fueron de 1500 pasos a nivel menos aproximadamente.

Sin embargo el año 1987 *se produjo un repunte en la gráfica* que aumenta de 53 accidentes a 82 de difícil explicación a pesar de las investigaciones realizadas, en parte atribuible a un aumento importante del parque automovilístico unido a que el conductor vehículos nunca es lo suficientemente precavido para los riesgos de un paso a nivel, pero inmediatamente volvió a producirse un descenso continuado de los accidentes continuando por otra parte el proceso de supresión, también continuado, llevado a cargo por el Ministerio de Fomento.

La labor del Estado y la Administración Ferroviaria continua y en 1990 se inician los ensayos de los nuevos sistemas de protección de señales luminosas y acústicas activadas por pedales en la vía del ferrocarril situados a una distancia de 1500 m y en vista de los resultados satisfactorios son homologados por RENFE en 1993 procediéndose inmediatamente a su instalación especialmente en los pasos tipo A con AxT mayor de 1500 y falta de visibilidad de 500 m y también en los de AxT mayor de 2.500.

En la evolución de la gráfica de accidentes se observa un descenso continuado más suave desde 1980.

El Estado en su labor continuada de supresión de pasos a nivel y de mejora de los sistemas de protección publica un nuevo decreto el 780/2001 de 1 de Agosto en el que aumentó el rigor en las disposiciones de protección forzando a la construcción de pasos a distinto nivel en todos los nuevos cruces de carretera-ferrocarril, la concentración de cruces cuando existan varios

pasos a nivel en determinadas condiciones de proximidad para cruzar la vía a distinto nivel y otras disposiciones complementarias.

Al propio tiempo el Ministerio de Fomento desplegó una Campaña en los medios de comunicación de televisión y publicaciones escritas advirtiendo de los riesgos en los pasos a nivel y desarrollando una fuerte crítica a la “cultura de saltarse los pasos a nivel” por parte de los conductores de vehículos, lo cual unido a la continuada supresión de pasos a nivel forzó el descenso continuado del número de accidentes llegando a 12 en 2009, hecho que puede considerarse como una labor muy eficaz en 35 años (1975-2009) al pasar de 140 a 12.

La siguiente tabla [Dr. Arques J.L.(2007)] sintetiza los criterios de la Orden del 2-8-1981 indicando claramente para cada clase de paso a nivel, la correspondiente clase de protección en vía general y en estaciones considerando en su caso el momento AxT y las particularidades de las Clases

Tabla Aplicación de las distintas protecciones de pasos a nivel por clases

	CLASES DE PROTECCIÓN	VÍA GENERAL			ESTACIONES
		AT≤100	100<AT≤1.000	1.000<AT≤1.500	
CLASE A	SEÑALES FIJAS		$D r < D t$ $V < 40 \text{ Km/h}$		TRANSITORIO PREFERIBLE CLASE C
CLASE B $V > 40\text{Km/h}$	ID CLASE A SEÑALES LUMINOSAS SEÑAL ACÚSTICA		$D r < D t$	$A < 100$	
CLASE C $V > 40\text{Km/h}$	ID CLASE B SEÑAL DE BALIZAMIENTO AUTOMÁTICA ó ENCLAVADA			$A < 100$	TODOS LOS CASOS EXCEPTO PARTICULARES Y F
CLASE D $V < 40\text{Km/h}$	SEÑALES FIJAS RÉGIMEN DE CONSIGNA			SUSTITUIDOS POR CLASE B ó C	
CLASE E	SEÑALES FIJAS SEÑALES LUMINOSAS SEÑAL ACÚSTICA SEÑAL DE BALIZAMIENTO ACCIONADA POR GUARDABARRERAS	ÚNICAMENTE CON CARÁCTER TRANSITORIO HASTA INSTALACIÓN DE PN CLASE B ó C			
CLASE F	SEÑALES FIJAS SEÑALES LUMINOSAS SEÑAL ACÚSTICA SEÑAL DE BALIZAMIENTO	USO EXCLUSIVO PARA PEATONES CON GANADO			

12. Los pasos a nivel de las clases A y B

Los registros de accidentes de las Direcciones de Seguridad en la Circulación de RENFE y ADIF relativos al total de accidentes en pasos a nivel de todas las clases y también de los

específicos correspondientes a los pasos a nivel protegidos por señales fijas y posteriormente en 1993 por señales luminosas y acústicas, que son los denominados clase A y clase B, a los que legalmente correspondía por tener un AxT (producto del número de automóviles diarios (A) por el número de trenes también diarios (T), con un valor superior a 2500 y menor que 10.000, registran un considerable descenso que va de 140 accidentes en 1975, valor acumulado a 31 de diciembre de dicho año y correspondiente al mismo a 12 accidentes en 2009 con el mismo concepto.

El autor del trabajo se plantea estudiar en este capítulo si las acciones desarrolladas desde 1975 por el Estado a través del Ministerio correspondiente y las Administración Ferroviaria de RENFE desde 1975 hasta 2004 y de ADIF desde dicho año hasta el 2009, final del periodo de estudio, R una correlación clara de manera que dicha reducción sea el resultado de la eficacia de las actuaciones y acciones aplicadas al problema de estos pasos a nivel de clase A y B.

13. Grafica nº GR-5B DWG (página 121).

En esta gráfica que tiene por objeto representar agrupadamente la evolución de los distintos hechos obtenidos por investigación que tienen relación con los pasos a nivel entre los años 1975 y 2009 para tratar de correlacionarlos, podemos hacer las siguientes observaciones:

En abscisas.

La gráfica está destinada básicamente a representar la evolución de los accidentes en los pasos de clase A y clase B entre 1975 y 2009, y los hechos que han influido en ello.

La grafica se dispone sobre una base formada por una tabla que contiene tres filas de arriba a abajo; en la superior, los años correlativos, debajo el número total de accidentes de todas clases entre 1975 (1626 accidentes) y 2009 (57 accidentes).

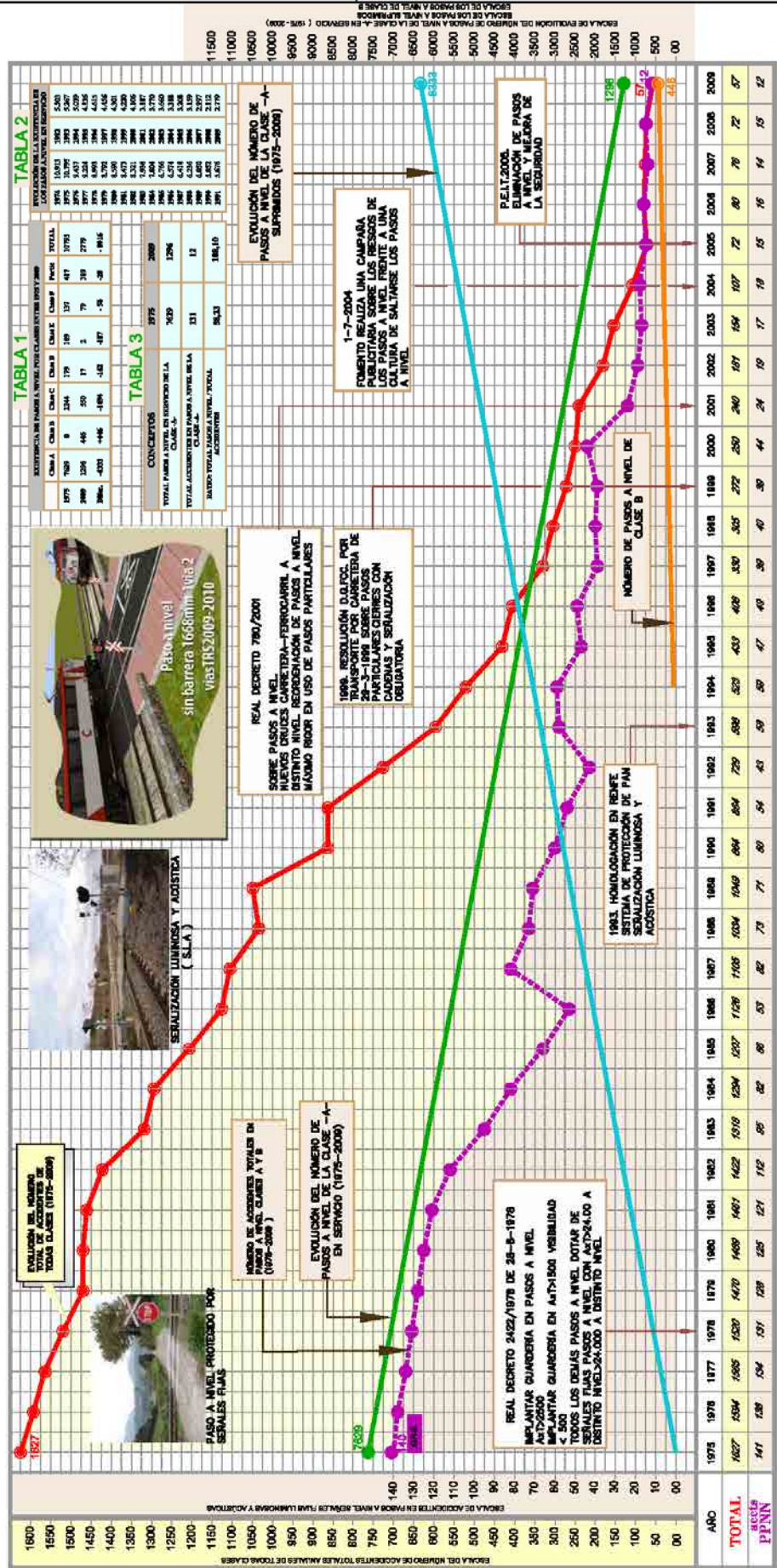
En la fila inferior el total de accidentes en pasos a nivel de las clases A y B también entre 1975 y 2009.

En ordenadas

- La escala vertical más a la izquierda corresponde al número total de accidentes de todas clases cuya grafica esta dibujada en color rojo (0-1600).
- La escala de la derecha, más corta, de 00 a 140 esta destinada a medir la evolución del total de accidentes anuales desde 1975 (140 accidentes) hasta 2009 (12 accidentes).
- La gráfica de *color granate* representa la evolución del número total anual de accidentes en el conjunto de los pasos a nivel A y B.
- En el gráfico se incluyen también, sobre los años que fueron decretadas las *actuaciones legislativas mediante Reales Decretos y Ordenes Ministeriales publicada por el Estado en el periodo 1975-2009* para observar sus efectos, con posterioridad a la fecha de la disposición en la evolución de accidentes.

Evolución del número total de accidentes de vehículos en pasos a nivel protegidos por señales fijas, luminosas y acústicas (Clases A Y B)

S.F. - Señales Fijas
S.L.A. - Señalización Luminosa y Acústica
P.M.M. - Paso a Nivel protegido con Barreras 6 Semibarreras Manuales



La gráfica de color verde representa la evolución global de los pasos a nivel de clase A en servicio, entre 1975 (7629 pasos a nivel) y 2009 (1296 pasos a nivel) que como es evidente, supone una reducción importante teniendo en cuenta que su protección se basa únicamente en las señales fijas y por lo tanto la seguridad , en que *“se detengan frente al stop del paso a nivel observen a un lado y otro de la vía si se acerca algún tren y si es que no, crucen con marcha corta pero con diligencia el paso a nivel”* .

Los trenes deben silbar a 600 metros del paso a nivel para avisar de su proximidad frente a un cartelón con una S” pero a las velocidades actuales 600 metros son recorridos por un tren en 24 segundos y de ahí la peligrosidad del paso a nivel y la conveniencia de su supresión que es la solución definitiva.

Por ello la acción de máxima eficacia en un paso a nivel protegido por señales fijas es su **supresión y sustitución por otro a distinto nivel o concentración de varios pasos a nivel próximos en uno a distinto nivel.**

Supresión de pasos a nivel próximos y sustitución por otro a distinto nivel.

La necesidad de suprimir un determinado paso a nivel protegido únicamente por señales fijas por sus riesgos específicos o por su AxT a veces presenta dificultades por su elevado coste y en este caso se efectúa un estudio de todo el entorno de dicho paso a nivel por un lado y otro de la vía, identificando otros pasos a nivel y al mismo tiempo la posibilidad de aprovechar o ampliar un camino paralelo a la vía para suprimir 2, 3 o más pasos sustituyéndolos por uno a distinto nivel más o menos centrado o donde sea menos costoso y más conveniente por un conjunto de circunstancias favorables.

El Ministerio y ADIF, efectúan con carácter continuado estos estudios en función de los planes parciales, las necesidades urgentes y los recursos económicos disponibles para resolver situaciones de este tipo y lograr un plan de supresión de pasos a nivel que evidentemente unido a no autorizar ninguno nuevo, es la solución definitiva.

Visión global de la supresión y transformación de pasos a nivel en el periodo 1975-2005.

A continuación presentamos una sencilla tabla que permite formar concepto de la gestión de supresión y transformación de pasos a nivel realizada en el periodo de estudio 1975-2009.

Sobre esta primera tabla realizamos algunas observaciones:

El número de pasos a nivel de clase A, con protección de señales fijas disminuyó entre 1975 y 2009 en 6333 pasos, por distintos motivos objeto de investigación.

La observación de la columna de la clase B, nos indica que en 1975, todavía no se había implantado esta modalidad de paso a nivel y homologado por RENFE y el sistema se inició la implantación en el año 1993, habiéndose instalado 446 unidades desde dicho año hasta el 31 de diciembre de 2009, final del periodo de estudio.

Tabla: Existencia de pasos a nivel de las distintas clases en 1975 y en 2009

	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D	Clase E	Clase F	Partic.	TOTAL
1975	7629	0	2244	179	189	137	417	10795
2009	1296	446	550	17	2	79	389	2779
DIF.	-6333	+446	-1694	-162	-187	- 58	-28	- 8016

El número de pasos a nivel de clase A, con protección de señales fijas disminuyó entre 1975 y 2009 en 6333 pasos, por distintos motivos objeto de investigación que son en primer lugar por supresión si no está justificada su permanencia, en segundo lugar por un plan parcial que agrupe varias supresiones y construya un paso a distinto nivel en el lugar más adecuado como antes se ha razonado.

La observación del cero de la columna de la clase B, nos indica que en 1975, todavía no se había implantado esta modalidad de paso a nivel y homologado por RENFE y el sistema se inició la implantación en el año 1993, habiéndose instalado 446 unidades desde dicho año hasta el 31 de diciembre de 2009, final del periodo de estudio.

Observando el valor de la clase C correspondiente a semibarreras enclavadas, semibarreras automáticas y guarderías con personal a pie de paso vemos que se han reducido de 2224 en

1975 y a 550 en 2009, que tiene su explicación en pasos a nivel suprimidos por otros a distinto nivel por su valor de AxT.

Respecto a la Clase D quedan ya muy pocos, y son los que están ubicados en líneas por las que no se circula a más velocidad de 40 km/h y por ello la solución es la dispuesta que es convertirlos en clase C dotándolos de semibarreras enclavadas si están en estaciones o de semibarreras automáticas si están en plena vía.

Los de clase E, se han ido equipando con los medios de protección definidos en Real Decreto y han disminuido a la mitad. Son tanto para peatones como para ganado y tienen el condicionante de requerir cruces a nivel por las resistencias de las personas a las escaleras y la imposibilidad de hacer cruzar el ganado a distinto nivel o por pasos inferiores.

Los particulares normalmente están cerrados con cadena y candado o cancela y cerradura y registran muy pocos accidentes aunque estos están agregados en el conjunto de A y B por: criterio de la Dirección de Seguridad de RENFE 1975 y 2009 la gestión conjunta del MINISTERIO, RENFE Y ADIF, ha tenido como resultado la supresión de 8016 pasos a nivel que es una solución de máxima eficacia para la prevención de pasos a nivel y teniendo en cuenta que se partía de una cifra de 10.975 pasos a nivel se considera que existe correlación causa-efecto toda vez que además los accidentes anuales en el mismo periodo descendió de 140 a 12.

Como el número de pasos a nivel en servicio no es el único factor relacionado con accidentes es lógico pensar en otros factores que hayan contribuido al descenso de la probabilidad de que haya un accidente como por ejemplo los niveles de protección de los pasos a nivel que están en relación también con las disposiciones legales que se han ido decretando elevando el nivel de seguridad en los pasos a nivel y otros factores como los planes parciales continuados de supresión de pasos a nivel que ha desarrollado continuamente el Ministerio de Fomento o el de Obras Públicas.

Considerando la notable reducción del *número de accidentes totales de pasos a nivel de las clases A y B* en el periodo 1975-2009, en relación con las disposiciones adoptadas por el Estado en

primer lugar con la elevación del nivel de protección en el año 1978, la implementación de las señales luminosas y acústicas en los pasos a nivel de clase A, que lo requerían, en 1993 y un nuevo aumento del nivel de protección en el año 2001, así como la actuación permanente del Ministerio de Fomento la labor de supresión de pasos a nivel y las campañas de sensibilización en los medios de comunicación en 2004, respecto a los riesgos existentes al cruzar un paso a nivel, el autor del trabajo estima que existe correlación suficiente entre las actuaciones realizadas por el Estado y RENFE y los resultados obtenidos en la reducción de accidentes en los pasos a nivel de clase A y B y que es el procedimiento eficaz de tratamiento de este riesgo eligiendo siempre que sea posible la supresión del paso a nivel, siguiente figura, a pesar de los costes que se amortizan con un solo accidente que se evite y si en ese momento no es posible disminuir los riesgos con su tecnificación.

Actuaciones realizadas en los pasos a nivel clase A y clase B



Supresión de un paso a nivel de la clase A y sustitución por un paso superior

14. Los pasos a nivel de las clases C, D y E.

Examinamos ahora, la influencia de las actuaciones sobre los pasos a nivel protegidos por semibarreras automáticas semibarreras enclavadas y guardería a pie de paso que corresponden a las clases C, D y E, en la reducción de los accidentes en dichas clases de pasos a nivel, registrada durante el periodo 1975-2009.

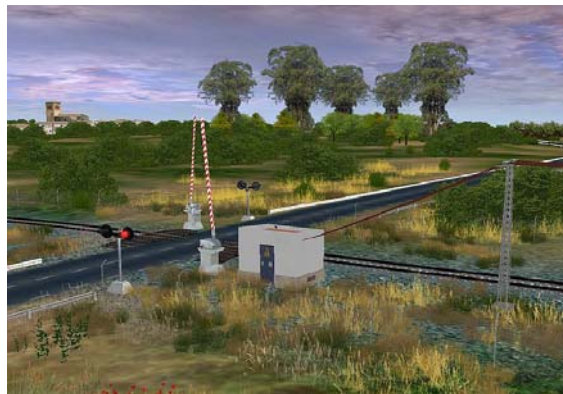
Para ello el autor del trabajo estudia si las acciones desarrolladas desde 1975 por el Estado a través del Ministerio correspondiente y las Administraciones ferroviarias de RENFE, hasta 2004 y ADIF desde dicho año hasta 2009, final del periodo de estudio, presentan una

correlación clara de manera que dicha reducción corresponda a acciones muy concretas de evidente eficacia para la reducción de accidentes que se ha producido.



Clase C. Dobles semibarreras enclavadas

En algunos casos, como la siguiente figura, es necesario evitar que las barreras puedan ser sorteadas por su carácter de semibarreras, cerrando solo la mitad del paso para que puedan salir los vehículos, pero si hay mucha intensidad de automoviles o cruzan el paso peatones se utilizan las dobles semibarreras enclavadas con las señales de entrada y salida de las estaciones para afrontar el problema como en el ejemplo de la figura superior.



Clase C.Semibarreras automáticas

Las semibarreras automáticas, figura siguiente, se aplican en plena vía entre dos estaciones colaterales, se accionan mediante un pedal en la vía cuando el tren se aproxima al paso a nivel y se levantan mediante otro pedal una vez que el tren ha superado el paso a nivel. Estas sustituyen a las antiguas guarderías a pie de paso servidas por guardabarreras.

15. Metodología de trabajo. Exposición de datos. Análisis de ratios.

Se integra sobre un gráfico con el título ACTUACIONES EN PASOS A NIVEL figura insertada a continuación, toda la información investigada y obtenida en forma de gráficas consistentes en líneas quebradas y las tablas con datos para la elaboración de las mencionadas gráficas.

16. Gráficas

Línea gráfica nº 1 (color rojo)

Evolución del número *total anual de accidentes de todas clase* a 31 de diciembre de cada año entre 1975 (1.627 accidentes) y 2009 (57 accidentes).

El dibujo de esta gráfica se establece en base a la tabla que se inserta en la parte inferior con la primera fila dedicada a los años que comprende el estudio, desde 1975 hasta 2009 y en la primera fila de la parte inferior el total de accidentes de todas clases. Debajo de esta fila están igualmente año por año la evolución de los correspondientes accidentes en los pasos a nivel protegidos por semibarreras automáticas, enclavadas y a pie de paso (clases C, D y E).

La escala correspondiente a este valor es la primera de la izquierda con valores comprendidos entre 00 y 1600 y la escala de la derecha va de 00 a 220 para poder medir valores puntuales de accidentes en un año determinado.

Línea gráfica nº 2 (color verde)

Nos señala la evolución de la *existencia de pasos a nivel que quedan en servicio* a 31 de diciembre de cada año, entre 1975 y 2009. Pasa de 10.795 en 1975 a 2779 en 2009.

Las actuaciones del Ministerio de Fomento y de Renfe/Adif, se fueron desarrollando a lo largo de los 35 años, mejorando la señalización de protección de los pasos a nivel, implementando semibarreras automáticas que sustituyan a las guarderías de guardabarreras servidas a pie de paso, instalando semibarreras automáticas en pasos a nivel de los trayectos que por su AXT deban tenerlas e instalando también semibarreras enclavadas en las estaciones para que no sea necesario servir las con personal de la estación o accionarlas desde la propia

estación con procedimientos mecánicos de transmisión alámbrica para bajar y subir las barreras levadizas.



Pasos a nivel protegidos de las clases C

Por otra parte a lo largo del periodo ha existido una acción intensa y continuada para la supresión de grupos de pasos a nivel dentro de una zona mediante diversas soluciones de agrupamiento en uno único a distinto nivel. El balance de esas actuaciones en los 35 años de periodo de estudio es el que reduce los pasos a nivel existentes de 10.795 en 1975 a 2779 en 2009, es decir 8.016 pasos a nivel menos en 2009.

Línea gráfica nº 3 color azul) P (casos a nivel suprimidos de todas clases entre 1975 y 2009 a 31 de diciembre de cada año, partiendo de 1975 inicio del estudio. Pasa de 0 en 1975, inicio del estudio a 8.016 en 2009, y es balance de la labor realizada en el periodo de estudio en cuanto a supresión de pasos a nivel, actuación que anula todo riesgo.

Línea gráfica nº 4 (color butano) Evolución de los *pasos a nivel con semibarreras enclavadas, automáticas y guardería a pie de paso, a 31 de diciembre de cada año.*

Esta clase de protecciones pasa de 2244 en 1975 a 550 en 2009, estando la diferencia integrada en los suprimidos puesto que muchos de ellos ya rebasaban el producto $A \times T > 24.000$, que obligaba a su supresión o conversión en paso a distinto nivel.

Línea gráfica nº 5 (color verde trazo largo) Evolución de los *accidentes en pasos a nivel con semibarreras enclavadas, automáticas y guardería a pie de paso.* Estos han pasado de 65 accidentes en 1975 a 3 en 2009 que puede considerarse una reducción casi óptima.

La existencia de pasos a nivel de las distintas clases A, B, C, D, y E y particulares en 1975, inicio del estudio y 2009, final del estudio.

Los resumimos en las siguientes tablas:

Tabla: Existencia de pasos a nivel de las distintas clases en 1975 y en 2009

Resume la *existencia de pasos a nivel de las distintas clases A, B, C, D, E, F y particulares, en 1975, inicio del estudio y 2009, final del estudio* resumiendo en la diferencia la disminución de todas las clases salvo en la clase B (señales fijas, luminosas y acústicas que no existían en 1975) dando datos de magnitud de la labor realizada en las 35 años, del periodo estudiado.

Existencia de pasos a nivel de las distintas clases en 1975 y en 2009

	Clase A	Clase B	Clase C	Clase D	Clase E	Clase F	Partic	TOTAL
1975	7629	0	2244	179	189	137	417	10795
2009	1296	446	550	17	2	79	389	2779
Difer.	-6333	+446	-1694	-162	-187	- 58	-28	- 8016

Sobre esta tabla anterior realizamos ya algunas observaciones:

a) Observando el valor de la clase C correspondiente a semibarreras enclavadas, semibarreras automáticas y guarderías con personal a pie de paso vemos que se han reducido de 2224 en 1975 y a 550 en 2009

b) Respecto a la Clase D, pasos a nivel quedan ya muy pocos pues siguiendo lo ordenado por disposición legal se han ido convirtiendo en clase C de semibarreras automáticas o enclavadas.

c) Los pasos a nivel de clase E, para peatones y ganado, se han ido equipando con los medios de protección definidos en Real Decreto y han disminuido a la mitad. Tanto para peatones como para ganado tienen el condicionante de requerir cruces a nivel por las resistencias de las personas a las escaleras y la imposibilidad de hacer cruzar el ganado a por pasos a distinto nivel.

d) particulares normalmente están cerrados con cadena y candado o cancela y cerradura y registran muy pocos accidentes aunque estos están agregados en el conjunto de A y B por criterio de la Dirección de Seguridad de RENFE

Tabla: Evolución de la existencia de los pasos a nivel en servicio

Esta tabla detalla la “Evolución de la existencia de los pasos a nivel en servicio” desde 1975 hasta 2009 y nos permite ver numéricamente como se fueron reduciendo los pasos a nivel en servicio en la medida que se iban desarrollando las actuaciones del Ministerio y de RENFE-ADIF. Su grafica GR-4B, correspondiente esta representada con el número 2 en color verde en el plano ACTUACIONES EN PASOS A NIVEL incorporado en la página anterior.

Tabla: Evolución de la existencia de los pasos a nivel en servicio

Año estudio	Pasos a nivel existentes a 31 -12	Año Estudio	Pasos a nivel existentes a 31 -12	Año Estudio	Pasos a nivel existentes a 31 -12	Año estudio	Pasos a nivel existentes a 31 -12
		1981	8.473	1991	5.676	2001	3.887
		1982	8.321	1992	5.503	2002	3.770
		1983	7.938	1993	5.267	2003	3.660
		1984	7.804	1994	5.039	2004	3.388
1975	10.795	1985	6.766	1995	4.836	2005	3.208
1976	9.437	1986	6.574	1996	4.615	2006	3.159
1977	9.224	1987	6.418	1997	4.456	2007	2.997
1978	8.993	1988	6.236	1998	4.301	2008	2.812
1979	8.792	1989	6.050	1999	4.220	2009	2.779
1980	8.590	1990	5.852	2000	4.106		

Partiendo de la consideración de que el riesgo de accidentes en pasos a nivel aumenta con el número de los que están en servicio disponemos una tabla de doble entrada de la que son datos conocidos el número de pasos a nivel de la clase A en servicio en 1975 y el número existente en 2009.

Si bien sería deseable poder conocer año a año dentro del periodo 1975 -2009 las variaciones de número total de pasos a nivel de la clase A en servicio para poder relacionarlos con el total de accidentes ocurridos a 31 de diciembre de cada año, no ha sido posible lograr los datos.

Por lo que se insertan los de 1975 y 2000 principio y final del periodo de estudio que también se considera que tienen suficiente significación.

Examen de las disposiciones legales decretadas entre 1975 y 2009 y observación de los probables efectos que ellas pueden haber causado en la evolución de la gráfica de accidentes en pasos a nivel registradas en el mismo período.

Volviendo a la grafica del número de accidentes totales en los pasos a nivel que tal como se indica fueron 65 acumulados a 31 de diciembre de 1975, podemos ver sobre el gráfico nº 2 una nota insertada relativa a la publicación del: Real Decreto 2422/1978 de 28 de agosto que

supuso en su momento un aumento de rigor considerable en la protección de pasos a nivel de forma que sustancialmente establecía:

- Una prohibición de instalar ningún paso a nivel nuevo, salvo en determinadas obras por un periodo determinado y con autorización del Ministerio.
- La implantación de guardería en todos aquellos pasos cuyo Ax T fuera superior a 2500.
- La implantación de guardería en todos aquellos pasos en que el AxT fuera superior a 1500 pero la visibilidad desde el paso a nivel respecto al tren fuera menor de 500 m.
- La dotación de señales fijas de peligro, paso a nivel sin barreras, stop, señales horizontales etc.

Examinando la evolución de la gráfica de accidentes inmediatamente después de iniciarse la *aplicación del Real Decreto mencionado se observa un descenso continuado durante 5 años consecutivos 1979-1984, en los que el número total anual de accidentes desciende de 65 a 31* efecto que invita a pensar en una correlación manifiesta entre las disposiciones adoptadas y la reducción de accidentes producida. Corroboran estas observaciones de resultados las manifestaciones de los gestores de Renfe que tuvieron a su cargo la dirección de pasos a nivel en aquel periodo respecto a que en su concepto, este Real Decreto fue el más efectivo de todo el periodo pues la reducción de los accidentes a la mitad en 7 años nos da un nivel de eficacia muy superior a la de lograda en todo el periodo, 65 accidentes a 3 en 35 años, si bien también es cierto que cabe señalar la precariedad y carencias de instalaciones de protección de los pasos a nivel con anterioridad a 1975.

Al propio tiempo hay que considerar también que los planes del Ministerio respecto a *actuaciones de supresión en pasos a nivel* en los mismos 7 años fueron de 1500 pasos a nivel menos aproximadamente, actuación de máxima eficacia para suprimir accidentes en pasos a nivel.

Sin embargo el año 1991 *se produjo un repunte en la gráfica* que aumentó de 23 accidentes que era el mínimo conseguido en 1988 a 30 accidentes con difícil explicación a pesar de las investigaciones realizadas pero inmediatamente en 1993 vuelve a producirse un descenso

continuado de los accidentes y prosigue por otra parte el proceso de supresión continuado llevado a cargo por el Ministerio de Fomento llegando en 2009 a 3 accidentes próximo al cero.

El Real Decreto 1211/1990, de 28 de septiembre, regulaba los cruces de carretera u otras vías de comunicación con las líneas férreas en el artículo 235 de la sección II del capítulo II de su Título VII, y demás preceptos concordantes.

El Estado en su labor continuada de supresión de pasos a nivel y de mejora de los sistemas de protección de los pasos a nivel, publica un nuevo decreto el R.D. 780/2001 de 1 de Agosto en el que aumenta el rigor en las disposiciones de protección forzando a la construcción de pasos a distinto nivel en todos los nuevos cruces de carretera –ferrocarril, la concentración de cruces cuando existan varios pasos a nivel en determinadas condiciones de proximidad para cruzar la vía a distinto nivel y otras disposiciones complementarias.

Este Real Decreto 780/2001 de 1 de agosto consideraba que si bien el índice de accidentalidad en los pasos a nivel existentes en la red ferroviaria española había ido disminuyendo de forma constante en los últimos años anteriores a 2001, era preciso reforzar las medidas necesarias para la eliminación, o la reducción al máximo posible, de los riesgos potenciales de accidentes en dichos pasos, para lo cual se estimaba necesario introducir determinadas modificaciones en el régimen normativo vigente sobre pasos a nivel.

Con dicha finalidad, este Real Decreto modificó el citado Reglamento estableciendo las medidas necesarias para llevar a efecto la eliminación del mayor número de pasos a nivel existentes y facilitando la promoción de las actuaciones de mejora de la protección de dichos pasos en todos aquellos puntos en que no sea factible su supresión quedando modificadas las disposiciones vigentes de acuerdo con el siguiente resumen:⁶⁰

Resumen del Real Decreto 780/2001 de 1 de agosto:

⁶⁰ Resumen del Real Decreto 780/2001 de 1 de agosto en sus disposiciones más directamente relacionadas con el aumento de seguridad en cruces de pasos a nivel

- Los cruces de carreteras u otras vías de comunicación con líneas férreas que se produzcan por el nuevo establecimiento o la modificación de unas u otras, deberán en todo caso realizarse a distinto nivel.
- Los órganos administrativos competentes sobre los correspondientes ferrocarriles y carreteras, así como las entidades que tengan a su cargo la infraestructura ferroviaria, procederán, en los plazos que las disponibilidades presupuestarias permitan y conforme a los convenios que, en su caso, pudieran establecerse a dicho efecto, a la supresión de los pasos a nivel existentes y, en su caso, a su sustitución por cruces a distinto nivel, cuando, de las características de los mismos se desprenda que dicha supresión resulta necesaria o conveniente.
- El Ministerio de Fomento, directamente o a través de las entidades que tengan a su cargo la infraestructura ferroviaria, con el objeto de preservar y mejorar la seguridad de los usuarios de las carreteras y caminos y del ferrocarril podrán realizar la reordenación de pasos a nivel, así como la de sus accesos, tanto de titularidad pública como privada, garantizando en este último caso el acceso al predio servido mediante la concentración de aquéllos y, en su caso, supresión de los que no resulten estrictamente imprescindibles.
- Los pasos a nivel que resulten subsistentes conforme a la aplicación de lo preceptuado en los párrafos anteriores, deberán contar con los sistemas de seguridad y señalización adecuados para garantizar su seguridad, de acuerdo con las reglas que, en función de sus diversas características, establecerá a tal efecto el Ministro de Fomento.
- Los pasos a nivel particulares existentes establecidos para el servicio de determinadas fincas o de explotaciones de cualquier clase, se registrarán por las condiciones fijadas en la correspondiente autorización, quedando expresamente prohibida su utilización por tráficos o personas distintas o para fines diferentes de los comprendidos en aquella.
- Los órganos competentes podrán, de oficio o a propuesta de las entidades que tengan a su cargo la infraestructura ferroviaria, decretar el cierre o clausura de los pasos a nivel particulares cuando los titulares de los mismos no respeten rigurosamente las condiciones de la autorización o no atiendan debidamente a su conservación, protección y señalización, o cuando el cruce de la vía pueda realizarse por otros pasos cercanos, a igual o distinto nivel”.

Al propio tiempo el Ministerio de Fomento despliega una Campaña en los medios de comunicación de televisión y publicaciones escritas advirtiendo de los riesgos en los pasos a nivel y desarrollando una fuerte crítica a la “cultura de saltarse los pasos a nivel” por parte de los conductores de vehículos, lo cual unido a la continuada supresión de pasos a nivel fuerza el descenso continuado del número de accidentes llegando a 12 en 2009, hecho que puede considerarse como una labor muy eficaz en 35 años (1975-2009) al pasar de 140 a 12.

Observaciones relativas a las actuaciones en pasos a nivel de clases C, D y E

Considerando la notable reducción del número de accidentes totales de pasos a nivel de las clases C, D y E en el periodo 1975-2009, en relación con las disposiciones adoptadas por el Estado en primer lugar con la elevación del nivel de protección en el año 1978, y un nuevo aumento del nivel de protección en el año 2001, así como la actuación permanente del Ministerio de Fomento la labor de supresión de pasos a nivel y las campañas de sensibilización en los medios de comunicación en 2004, respecto a los riesgos existentes al cruzar un paso a nivel, el autor del trabajo estima que existe correlación suficiente entre las actuaciones realizadas y los resultados obtenidos y que es el procedimiento eficaz de tratamiento de este riesgo

- El R.D. 2422/1978 de 24-8-1978 elevó considerablemente el nivel de protección de los pasos a nivel y suprimió la posibilidad de instalar nuevos pasos implantando guardería a partir de un $AxT > 2500$ y de 1500 con visibilidad menor de 500m cuya actuación coincidió con una reducción de accidentes de 128 en 1979 a 43 (33,5%) en 1992 en cuya fecha se tomaron adoptaron. nuevas disposiciones legales
- Con las disposiciones del R.D. 780/2001 de 1-8-2001 que redoblo el rigor del R.D. 2422/1978, se produjo una nueva reducción pasando de 44 accidentes en el año 2000 a 12 accidentes el 2009 año final del estudio.
- En el periodo 1975-2009 el número de pasos a nivel de la clase A se redujo por supresión o cambio a clase B (señales ópticas y acústicas además de fijas) **de 7629 a 1966, es decir, 6333 pasos menos.**

El conjunto de las tres actuaciones con alto nivel de eficacia las tres, redujo los accidentes de 140 en 1975 a 12 accidentes en 2009.

Respecto a los pasos a nivel de clases C, D y E.

- a. El R.D. 2422/1978 de 24-8-1978 elevó considerablemente el nivel de protección de los pasos a nivel y suprimió la posibilidad de instalar nuevos pasos implantando guardería a partir de un $AxT > 2500$ y de 1500 con visibilidad menor de 500m. cuya actuación coincidió con una reducción de accidentes de 65 en 1975 a 3 (4,6 %) próximo ya al objetivo óptimo.
- b. Las disposiciones del R.D. 780/2001 de 1-8-2001 no mejoraron especialmente la reducción en este tipo de pasos a nivel pues ya presentan un alto nivel de protección salvo imprudencias o transgresiones legales que son las que originan en el caso más general los escasos accidentes que se produjeron en los últimos años del estudio (2009).
- c. Durante el periodo 1975-2009 los pasos a nivel protegidos por semibarreras automáticas y enclavadas, clase C, se redujeron de 2244 a 550 por supresión y construcción de pasos a distinto nivel. Los pasos a nivel de clase D, de régimen de Consigna se redujeron de 179 a 17 por conversión a clase C y los de clase E, guardería a pie de paso de 189 a 2 por conversión en clase C.
- d. Con el conjunto de las acciones descritas de alto nivel de eficacia, los accidentes en los pasos de clase C, D y E, se redujeron de 65 en 1975 a 3 en 2009 como antes ya se ha indicado.

Conclusiones

En conclusión global, las actuaciones sobre Disposiciones Legales del Estado (Ministerio de Fomento) y las técnicas de las administraciones ferroviarias de RENFE-ADIF consistentes básicamente en elevar los niveles de protección de los pasos a nivel y suprimir otros sustituyéndolos por pasos a distinto nivel con o sin concentración de pasos en uno a distinto nivel han resultado de una gran eficacia, reduciendo por otra parte la probabilidad de que se produzcan accidentes en los pasos a nivel por el grado de protección alcanzado y señalan la línea correcta para reducir a cero o a mínimos de difícil eliminación, por imprudencia, los accidentes en pasos a nivel, estimando el autor que existe una clara y evidente correlación de causa a efecto en las actuaciones desarrolladas y los resultados obtenidos, hipótesis que se pretendía probar.

ACTUACIONES DE MAYOR EFICACIA EN PASOS A NIVEL



Paso elevado en la carretera de La Peña a Jaca para supresión de un paso a nivel



Paso a nivel protegido por semibarreras enclavadas con las señales y paso peatonal señalizado.

14.3 Las implementaciones de sistemas de gestión del tráfico y la seguridad

Las implementaciones de sistemas de gestión de tráfico y la seguridad entre 1975 y 2009.

(José Perlasia Giol, Ingeniero Industrial, antiguo Jefe de Seguridad en la Circulación y Protección Civil de RENFE. Barcelona)

1. Principios fundamentales de la seguridad en la circulación de trenes.

La principal función-objetivo del ferrocarril es el transporte de viajeros y/o mercancías. Es decir, transportar el mayor número posible de viajeros o mercancías por hora y en el menor tiempo posible y al menor coste posible que evidentemente no es el mínimo coste, función que debe tener muy en cuenta la primordial seguridad. Esta función - objetivo está influido por muchos factores ferroviarios; entre ellos, y de manera especial, destacan los sistemas de señalización, esto es, los sistemas de mando y control que proporcionan la seguridad en las circulaciones.

En el presente capítulo consideraremos las colisiones entre ellos que es preciso evitar a toda costa por sus posibles graves efectos sobre las personas y los bienes de las empresas.

La prevención de colisiones de trenes como clase de accidente de circulación se basa fundamentalmente en el Reglamento General de Circulación de RENFE ⁶¹ entre 1975 y 2004 y de ADIF entre 2005 y 2009 de manera que en este concepto la circulación segura de los trenes depende de los principios básicos que son los que se detallan a continuación:

- Que los trenes no colisionen frontalmente si han de circular por vía única entre dos estaciones, en sentidos contrarios.
- Que cuando los trenes circulen por una vía en el mismo sentido, sucediéndose, el de atrás no alcance nunca al que le precede, manteniendo siempre la distancia de seguridad preceptiva.

⁶¹ En el periodo de estudio 1975-2009, han estado vigentes los Reglamentos Generales de Circulación de 1982, 1993 y 2006, cada vez más reducidos en cuanto a Normas, al automatizar progresivamente las funciones correspondientes a ellas.

- Que cuando una vía enlaza con otra por medio de un desvío se disponga de sistemas que puedan prevenir una colisión de costado tanto en un trayecto de plena vía entre dos estaciones como en estaciones o bifurcaciones.

Estos sistemas de señalización deben garantizar que uno solo de los dos trenes tiene autorizado el paso mientras el otro permanece detenido frente a la señal que protege al primero y además, que si no cumple la orden de parada el sistema lo frena automáticamente.

Se dispone pues de sistemas capaces de asegurar que se cumpla el primero de los principios de no producirse choques frontales y cuya denominación son los *sistemas de bloqueo*. Lo mismo en el segundo caso donde se trata de evitar que un tren alcance al que le precede circulando ambos sucesivamente entre dos estaciones, manteniendo entre si la distancia suficiente para que ambos circulen con seguridad y también el tercero en la forma expuesta en e párrafo anterior.

Estos sistemas o cantonamientos protegidos por la señalización permiten lograr mayor capacidad de circulación y frecuencia de servicio. Para ello se requiere el sistema de señalización mediante el cual se realiza el bloqueo de forma que las señales transmiten órdenes, como la de vía libre (verde) que permite desarrollar la marcha a la velocidad de itinerario, la de anuncio de parada (amarillo) que ordena ponerse en condiciones de parar ante la señal siguiente y la de parada (rojo) que ordena detenerse ante ella sin rebasarla.

Esta es una secuencia completa de bloqueo de sucesión de trenes dentro del sistema de bloqueo automático en doble vía donde cada vía tiene un sentido de circulación.

Una vez llegados los trenes a las estaciones que disponen de al menos dos vías para realizar cruces entre dos trenes de sentido contrario o dar paso un tren tranvía a otro semidirecto, es necesario también garantizar la correcta disposición de los desvíos que hacen posible el establecimiento de itinerarios de seguridad y maniobras de los trenes en las estaciones mediante los sistemas que se llaman enclavamientos.

Visto pues que la seguridad en la circulación depende fundamentalmente de estos sistemas básicos como son los bloqueos, la señalización, complementados con otros sistemas pasaremos a exponer las distintas clases existentes de cada uno de ellos siguiendo un orden de más antiguo a más moderno, de mayor riesgo a menor riesgo, hasta llegar a los implementados en el periodo de estudio 1975-2009 de eficacia muy satisfactoria.

2. Los sistemas de bloqueo de trenes entre estaciones

Se exponen en este punto muy brevemente los distintos sistemas de bloqueo de trenes que se han venido utilizando desde el principio del ferrocarril, cronológicamente desde los más primitivos hasta los más sofisticados. Todos ellos se refieren a los trenes de ancho ibérico de 1,668 metros.

Bloqueo telefónico normal en vía única.

Es un sistema basado casi exclusivamente en la intervención del factor humano mediante fórmulas de petición de vía libre para expedir un tren, concesión de vía libre para aceptarlo, todo ello registrado y con número de codificación en un libro de telefonemas, que tiende a ser eliminado por sus riesgos de fallo humano y sustituida por control de tráfico centralizado, bloqueo por radio, sistema de contador de ejes.



Gabinete telefónico de la estación de Lleida

Fuente: Internet. Señalización ferroviaria.

Bloqueo telefónico normal en doble vía.

El sistema se basa en el mismo principio que el anterior pero gestionando el bloqueo también por telefonemas para cada una de las dos vías que tienen cada una distinto sentido de circulación. El detalle del procedimiento es semejante al anterior.

Bloqueo eléctrico manual.

En esta modalidad de bloqueo los Jefes de Circulación colaterales disponen de un sistema eléctrico con un cuadro de mando en cada estación y puede ser de dos tipos:

Petición y concesión de vía

Se sustituye la petición verbal de vía por una llamada eléctrica y un piloto que se enciende y su contestación que implica también la disposición de la señal de salida en verde de la estación que solicita la vía si puede concederla.

Sistema de toma de vía

La estación que quiere tomar la vía, si no hay ningún tren en el cantón acciona eléctricamente el cierre de la señal de salida de la colateral y con ello consigue que esta ya no pueda enviar ningún tren y a la hora de salida pone en verde la de salida de su estación y expide el tren con la orden de marcha. Empezó a utilizarse hacia 1964. (Figura siguiente)



Cuadro de operaciones del bloqueo eléctrico manual

Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

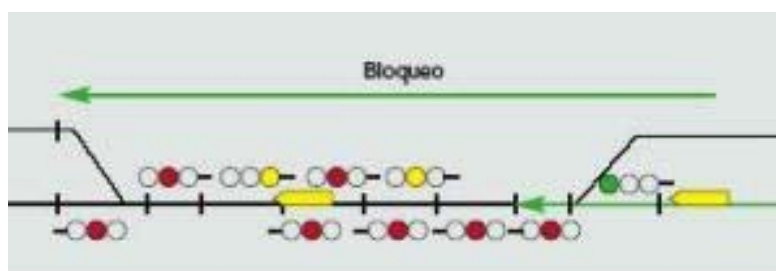
Bloqueo Automático en Vía Única (BAU)

Se trata de una tecnología que controla la circulación de trenes automáticamente en un tramo de vía única. La vía posee señalización para ambos sentidos de circulación., como podemos ver en el esquema de la figura insertada a continuación.

Garantiza que una vía única entre dos estaciones dividida en tramos o cantones protegidos por señales en los dos sentidos que puede ser utilizado en mando local por los jefes de circulación de dos estaciones colaterales por su condición tiene impedido el error de autorizar la salida o paso de un tren a un cantón ocupado por estar controlado este por su circuito de vía, su señal de acceso al mismo y el ASFA, para mayor seguridad. Estas funciones

normalmente son asumidas por un Jefe de Control de Tráfico Centralizado sustituyendo la función de los Jefes de circulación de estación.

El primer CTC puesto en servicio empezó a funcionar en España en 1954, figura 5.4 entre Ponferrada y Brañuelas. Su tecnología era estadounidense GRS (General Railway Signal) y su aportación esencial desde un punto de vista tecnológico residía en permitir el mando a distancia a través de diferentes pulsadores y manetas, de las instalaciones de vía, señales y agujas, para la elaboración de rutas y encaminamientos en las estaciones.



Esquema de trayecto con Bloqueo automático en vía única⁶²

Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

El control físico de este primer CTC en España estaba ubicado en Ponferrada y queda reflejado en la siguiente fotografía. Figura siguiente.



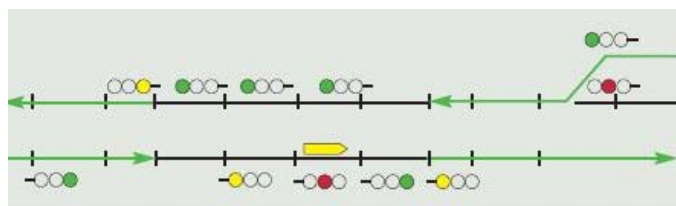
Mesa de mando del CTC Brañuelas-Ponferrada inaugurada el 27-4-1954

Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

Bloqueo Automático en Vía Doble (BAD):

Se trata de un Bloqueo Automático instalado en una vía doble. Cada una de las vías se utiliza para un solo sentido de circulación, por lo que cada vía posee señalización para su sentido y no para el contrario, como podemos ver en la figura a continuación insertada. En España se inició su aplicación en el entorno de Madrid y Barcelona hacia 1922.

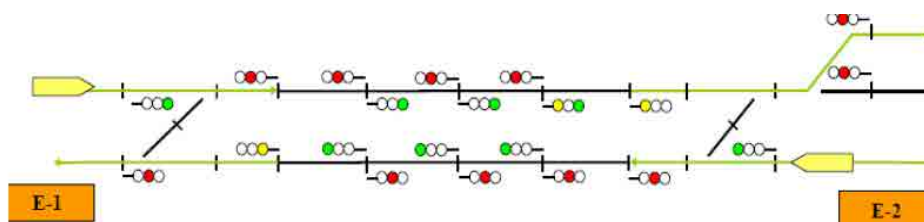
⁶² Fuente Análisis de Mecánica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI. Los trenes circulan aun por la izquierda.



Esquema de trayecto con Bloqueo automático en doble vía
Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

Bloqueo Automático de Vía Doble Banalizada (BAB):

Se trata de un bloqueo automático instalado en una vía doble por la que pueden circular los trenes en cualquier sentido por ambas vías. Cada vía posee señalización en los dos sentidos y al término del cantón las señales se encuentran yuxtapuestas a dicho efecto. El efecto es similar al de dos BAU's paralelos y puede estar gestionado también por un Jefe de Control de Tráfico Centralizado. En la figura siguiente podemos ver su característica de señalización en línea del BAB.



Esquema de trayecto con Bloqueo automático banalizado⁶³
Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

El esquema de la figura anterior se corresponde, funcionalmente, con la fotografía de la figura siguiente, de forma que podemos ver en ambas vías las señales que limitan y protegen un cantón dispuestas para circular los trenes indistintamente por cualquiera de las dos vías facilitando con ello la agilidad de la circulación, la conservación de una vía a determinadas horas y el recurso en caso de una incidencia que inutilice una de las dos vías temporalmente y deba establecerse un bloqueo automático en vía única como el anteriormente expuesto.

⁶³ Fuente Análisis de Mecánica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI



Vista de un de trayecto con bloqueo automático banalizado⁶⁴

Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

Bloqueo de Liberación Automática (BLA):

Este tipo de bloqueo funciona exactamente igual que el BA, con la diferencia de que, en lugar de usar circuitos de vía, se instalan contadores de ejes a la salida y a la entrada de las estaciones. El cantón no queda libre hasta que el contador de la estación receptora haya contado los mismos ejes que el contador de la estación expedidora. Sus primeras aplicaciones datan del año 1998.

Bloqueo de Liberación Automática en vía única (BLAU) con CTC.

Este sistema se caracteriza por la instalación de contadores de ejes a la entrada y salida de las estaciones. El cantón no queda libre hasta que el contador de la estación receptora no haya contado los mismos ejes que el contador de la estación expedidora del tren.

El Control de tráfico centralizado (CTC).

El objetivo de controlar a distancia en un tramo de explotación ferroviaria todas las agujas, señales y los movimientos en estaciones, siguió un largo proceso que se inició con el establecimiento de los enclavamientos mecánicos que permitían concentrar en una **cabina el mando** de las agujas y señales de una estación mediante palancas y contrapesos que con una transmisión de alambre accionaban a distancia las mismas estableciendo relaciones de

⁶⁴ Fuente Análisis de Mecánica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI

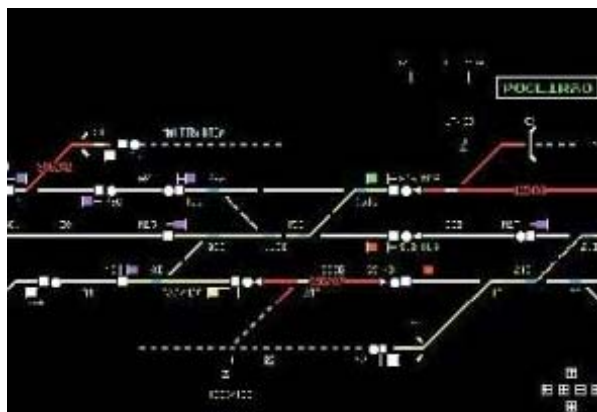
seguridad para impedir movimientos o recorridos incompatibles y haciendo compatibles sin embargo en algunos casos maniobra y paso de trenes por las mismas.

El siguiente paso motivado por la necesidad de aumentar la frecuencia de los trenes de cercanías de las grandes ciudades ya fue el *bloqueo automático* que gracias al circuito de vía permite dividir un trayecto de vía en varias partes denominadas cantones de unos 1200 metros de longitud, cada uno de los cuales tiene su acceso protegido por una señal de tres focos. Cuando entra un tren en este cantón por un sencillo principio de circuito eléctrico ocupado, la señal que lo protege enciende su lámpara roja y no permite que la rebase el tren siguiente.

Al avanzar el tren al cantón siguiente y ponerse en rojo la señal que lo protege la correspondiente que protege el cantón anterior pasa de rojo a amarillo y permite el avance de un tren que debe estar dispuesto a parar ante la señal siguiente, tal vez todavía en rojo.

De esta forma se establece una secuencia de cantones en rojo-amarillo-verde que se va desplazando y permite el avance de los trenes con la seguridad y una inter- distancia mínima de dos cantones consecutivos que da la garantía de que no se alcancen los trenes pudiendo aplicarse en vía doble y también en vía única.

La implantación del CTC responde a la filosofía de conceder prioridad absoluta a las actuaciones que permiten reducir los riesgos derivados de la intervención humana en la circulación, aprovechando al máximo la capacidad de circulación de un tramo y línea a la vez que se aumenta la calidad de las instalaciones y de los sistemas con los que se trabaja, para lograr seguridad en la circulación y puntualidad en el cumplimiento de los horarios que son ofrecidos por RENFE. Especialmente garantiza también desde el punto de vista de la explotación que puede no ser preciso duplicar la vía en una línea sin antes haber obtenido el máximo rendimiento con el sistema CTC.



Pantallas CTC que registran posición de trenes y los envíos de órdenes
Fuente: Elaboración propia del autor Manual de circulación. Bloqueo de trenes.

Entre 1975 y 1989, hizo su aparición un nuevo tipo de CTC para la regulación del tráfico ferroviario telemandado. La prestación que distinguía esta segunda generación era su capacidad de dissociar el mando de agujas y señales de su comprobación o visualización. De esta forma, los elementos de mando para accionar agujas y señales adoptaron la forma de teclado y, separado de éste, en un panel sinóptico se representaban geográficamente las estaciones, señales y agujas.

El resultado ha sido una mejora de la visualización y del manejo. De una parte, porque es posible ampliar las dimensiones del panel y, de otra, porque se facilita la manipulación, ya que el operador tiene a su alcance el teclado de órdenes y el sistema de comunicaciones. Un **Puesto de Mando de Delegación de Circulación**, incorpora básicamente los siguientes sistemas necesarios para las funciones que tiene encomendadas:

- CTC y regulación. Organización ejecutiva de la circulación de trenes
- Comunicaciones. Gestión y control de los sistemas de comunicación
- Control de energía. Control de subestaciones, seccionamientos en carga.
- Información al viajero .Generación de la información
- Control de estaciones a través del CTC de la Regulación
- Seguridad y protección civil. Control de incidencias y accidentes
- Sistemas de información de tráfico. Generación de gráficos en tiempo real
- Sistemas de gestión de tráfico.

En la figura siguiente podemos ver una sala de CTC con el cuadro general y los puestos de jefe de CTC.

El Control de Tráfico Centralizado consiste en la regulación de todas las señales y agujas situadas en el trayecto desde un punto único y mediante sistemas informáticos, lo que permite establecer la ruta de los diferentes trenes con las mayores garantías de seguridad y fiabilidad. Las operaciones se realizan mediante un sistema de retroproyectors que reproducen la topografía de las vías y visualizan los diferentes trenes en circulación con su número y posición y una serie de ordenadores que dictan y ejecutan las órdenes.

La utilización de sofisticados sistemas informáticos que controlan los elementos de la infraestructura e impiden la ejecución de órdenes contradictorias y que, al mismo tiempo, visualizan en cada momento la situación de los trenes, aumenta considerablemente las condiciones de seguridad de la explotación ferroviaria. En la figura siguiente podemos ver una sala de CTC de ADIF en Barcelona.



Sala de CTC (Puesto de Mando de Barcelona).

Fuente: Cortesía de ADIF al autor, perteneciente al equipo directivo de la Gerencia Operativa de Barcelona 1997.

Los sistemas están diseñados de forma que aunque se produjera un error humano se garantizaría la seguridad, una vez que el tren está en un tramo de vía, el ordenador no ejerce ninguna orden contradictoria que pueda afectar a la seguridad.

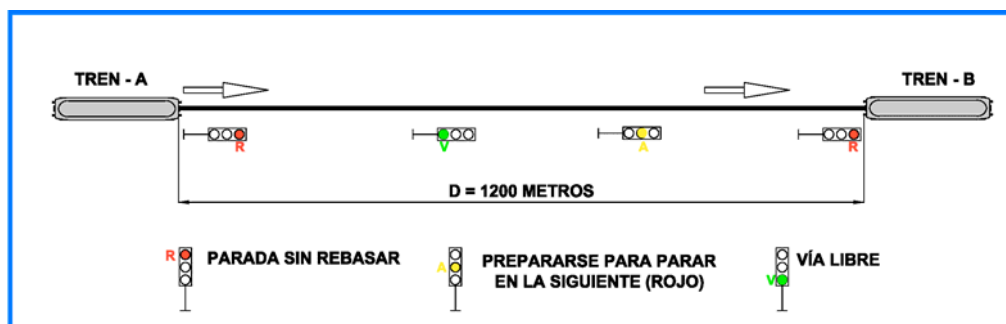
El CTC implica la instalación de sistemas de enclavamientos en las estaciones, tendido de cables de comunicaciones, telemando, señalización, sistema de comunicación Tren-Tierra y obras complementarias de instalación de equipamientos. También desde la mesa del CTC se gobierna y controla la apertura y el cierre de los pasos a nivel dotados de semibarreras enclavadas, que funcionan normalmente.

Normalmente los únicos agentes responsables que participan en la circulación son el jefe del CTC (por secciones) y los maquinistas de cada tren y en algún caso a extinguir el guardabarreras, con los que mantienen la comunicación necesaria mediante la radiotelefonía de trenes normalmente con códigos de órdenes dadas por pulsadores o también si es necesario por conversación directa.

Separación mínima entre dos trenes consecutivos

En la figura siguiente podemos ver un esquema de una línea con tres señales consecutivas la de la derecha en rojo ya que acaba de pasar un tren y debe protegerle mientras se encuentre el tramo de vía o cantón que protege esta señal, la señal siguiente en amarillo que advierte de que la derecha esta en rojo y la de la izquierda en verde que autoriza a circular si nada se opone al siguiente tren.

De esta forma regulando la distancia entre señal y señal en función de la distancia de frenado que necesitemos por la velocidad a la que se circula en la línea vemos que para que dos trenes consecutivos no tengan que reducir su velocidad es preciso que mantengan al menos dos cantones de distancia entre ellos. La distancia entre señales para velocidades máximas de 120 kms/h es de unos 1.200 metros.



Separación mínima de dos trenes consecutivos

Fuente: Elaboración propia del autor

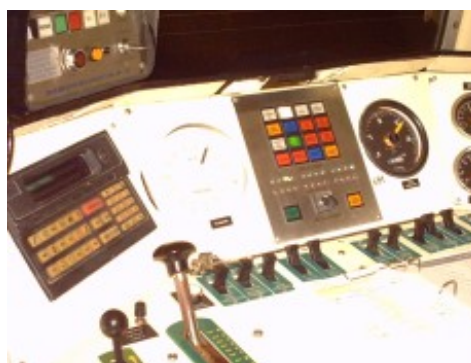
Función del sistema ASFA

ASFA (Anuncio de Señales y Frenado Automático), es un sistema de repetición de señales en cabina con ciertas funciones de control de tren. Se basa en la transmisión puntual vía-locomotora para garantizar el cumplimiento de las órdenes establecidas por las señales convencionales. Está operativo en 8691 kms de la Red de ADIF.

Su objeto fundamental es asegurar que los trenes cumplen rigurosamente las órdenes de las señales fijas y en el caso de que un tren no obedeciera la indicación de una señal de parada o la rebasara simplemente, actúa automáticamente el sistema de frenado de emergencia del tren.

El sistema embarcado en el vehículo transmite esa información al maquinista, que debe en todo caso reconocer su recepción. En caso de que pasados unos segundos tras la lectura de la baliza, no se produzca dicho reconocimiento, o no se adecue la marcha a las condiciones impuestas por la señal, el equipo ASFA ordena automáticamente al tren que se detenga, accionando el freno de emergencia.

En la figura siguiente, podemos ver el pupitre de conducción de una locomotora con el panel de mandos de ASFA en la parte central.



El ASFA en el pupitre de conducción⁶⁵
Fuente: ASFA Manual de circulación RENFE

RENFE adoptó ASFA en 1975 y empezó a entrar en servicio en 1978, es decir, en el trayecto Madrid a Guadalajara, mucho más tarde que otras administraciones ferroviarias europeas que ya habían generalizado sistemas simples de señalización en cabina y frenado de emergencia antes. Al ser un sistema más moderno, pudo utilizar "transponders" de alta frecuencia, lo que permite la transmisión de más datos del equipo de vía al del vehículo.



Baliza en la caja de la⁶⁶

Fuente: Manual de Circulación. RENFE

Los equipos de vía, son básicamente de dos tipos, las balizas y las cajas de conexión, que transfieren la información de la señal a las balizas. Las balizas son dispositivos estáticos y pasivos, es decir, no necesitan alimentación para realizar la transmisión de la información, aunque sí para variar la información a transmitir. Las cajas de conexión toman información del aspecto de la señal y esa información es transmitida, a través de las balizas, al pasar el tren.

ASFA digital

ADIF aprobó, en 2005, un proyecto para el desarrollo e implantación de nuevos equipos ASFA embarcados en las locomotoras y automotores y realizar las adaptaciones necesarias en los equipos en vía. Es el llamado ASFA digital que contempla dos fases. El término "digital" se refiere al procesado de datos y no a la transmisión de datos por las balizas, que no es por mensajes digitalizados, sino que sigue siendo sólo un dato por frecuencia. En la figura siguiente podemos ver el aspecto en el pupitre de la de cabina.

La primera fase, llamada "ASFA Digital modo básico" empezó a entrar en servicio en septiembre de 2007 y consiste en el cambio de parte de los equipos embarcados con la

⁶⁶ Fuente: del Fascículo de ASFA, que forma parte del Manual de Circulación de ADIF

incorporación de "hardware de tecnología digital" que permite la supervisión de la velocidad del tren tras reconocer una señal (curva de frenado) y ofrece una nueva iconografía en una pantalla **que recuerda al maquinista en todo momento la señal que ha reconocido, para que pueda cumplimentarla** con lo que se evitan "posibles errores en la interpretación de la indicación de las señales".



Pupitre de locomotora con ASFA DIGITAL⁶⁷.

Fuente: ASFA.Declaración Red .ADIF

Esta primera fase no exige que ADIF efectúe modificaciones en los equipos de tierra. En la figura siguiente podemos ver una señal de paso a nivel dotada de ASFA.



Señal de PN dotada de ASFA⁶⁸.

Fuente: ASFA Manual de Circulación

En una segunda fase, que requiere cambios en los equipos de tierra por parte de ADIF, será posible dar más indicaciones al maquinista en cabina, ya que "ASFA Digital" utilizará en el futuro las nueve frecuencias disponibles, en vez de las cinco que se usan actualmente. Las nuevas frecuencias permitirán indicaciones separadas para "paso a nivel protegido", "anuncio de precaución", "baliza previa de señal de salida en indicación de parada" e "indicación de preanuncio de parada". El ASFA Digital modo básico" en septiembre de 2007, indica que la implantación de ASFA Digital' persigue "reducir el riesgo de accidente por fallo humano en un 60%" y que ASFA Digital debe ser la señalización principal en las líneas convencionales".

⁶⁷ Línea de Moncada Bifurcación a Ripoll. Archivos de servicio del Autor.

⁶⁸ Línea de Moncada Bifurcación a Ripoll. Archivos de servicio del Autor.

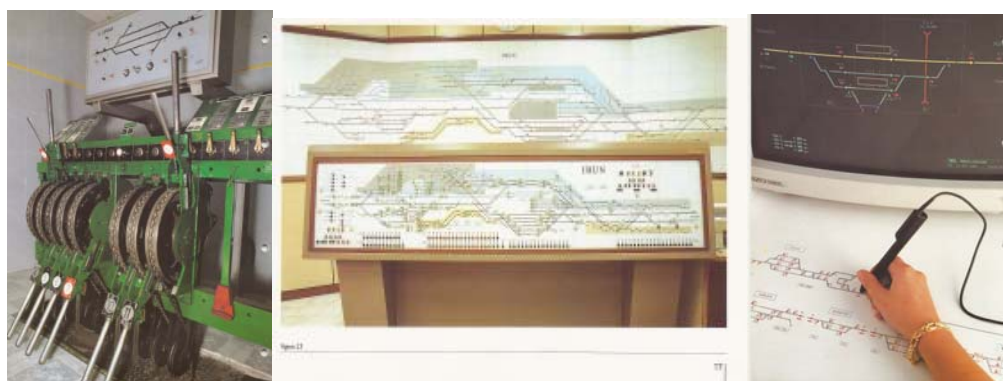
Sistemas de enclavamientos. Movimiento de trenes

A través de los sistemas de bloqueo hemos visto como se garantiza la seguridad en la circulación entre dos estaciones colaterales por diversos sistemas que van evolucionando según las innovaciones que integran y aumentando con ello la seguridad y por tanto reduciendo accidentes por colisiones como ha sucedido en el periodo de estudio, 1975-2009.

También hemos visto como los sistemas de bloqueo, integran la señalización para hacer posible la circulación segura manteniendo siempre las distancias de seguridad o garantizando que no se van a autorizar los movimientos de trenes que sean incompatibles y puedan generar un accidente.

Corresponde pues ahora considerar como puede garantizarse con la tecnología actual los movimientos seguros en las estaciones ya sea de paso con parada o sin parada y al mismo tiempo como pueden hacerse maniobras en otras vías que no sean las de circulación

En una estación o bifurcación o instalación ferroviaria similar, se considera enclavamiento la relación de dependencia entre la posición de aparatos agujas-calces, escapes, barreras, semibarreras y la indicación de las señales. A lo largo de los años han ido evolucionando siendo primero simples cerraduras centrales y cerrojos Bourè, después de concentraciones de palancas, después eléctricos y actualmente electrónicas. En la figura siguiente pueden verse imágenes de la evolución de los sistemas de enclavamientos:



1940
Mecánicos

1970
Eléctricos

1990
Electrónicos

Evolución de los enclavamientos y sus mesas de control⁶⁹

Fuente: Elaboración propia del autor con imágenes del Manual de Circulación de RENFE

Su objeto es garantizar la seguridad de las circulaciones mediante la posición adecuada de los aparatos y las órdenes correspondientes de las señales.

La instalación de enclavamiento y su modernización continuada han contribuido básicamente a establecer y asegurar itinerarios de entrada y salida de trenes y maniobras y a:

- Garantizar una correcta relación entre agujas y señales correspondiente a
- Itinerarios posibles que pueden realizarse en una estación o en una bifurcación
- Agilidad máxima en la realización de las operaciones de itinerarios.
- Garantizar las incompatibilidades entre itinerarios que originarían un accidente.
- Reducir casi a cero el personal de accionamiento de agujas y los supervisores de los mismos pudiendo accionarse todo desde una mesa de enclavamiento o últimamente desde un teclado y un monitor, incluso a distancia de la estación donde está instalado el enclavamiento.
- Como se comprende esta innovación ha tenido con toda probabilidad una importancia relevante en la reducción de accidentes por fallo humano.

En efecto en la figura siguiente, vemos una estación dotada de señalización y enclavamiento que le permite realizar operaciones de entrada y salida de trenes o bien pasos directos por la misma sin realizar parada, con toda seguridad.

⁶⁹ Manual de circulación RENFE.



Esquema de una estación con señalización y enclavamiento

Fuente: Elaboración propia del autor a partir de la Consigna de Enclavamiento de la estación de Arenys

Cada línea negra representa una vía y las discontinuidades, los límites de circuitos de vía, es decir, los tramos de vía protegidos por las señales mientras un tren está sobre esa vía, está protegido por delante y por detrás.

Cada movimiento que se puede realizar implica unos condicionamientos de seguridad, de forma que las señales no permiten autorizarlo si es incompatible con cualquier otro. Así, si se desea recibir un tren procedente de Barcelona Sagrera por la vía 1 y estacionarlo en la misma vía 1 los escapes 1-3 y 5-7 deben estar en posición normal es decir que permitan la entrada directa a la vía 1, el desvío nº 9 también en posición normal y la señal de entrada en amarillo (anuncio de parada) para efectuar parada en la estación ante la señal de salida S1/1 que es la que autorizaría la salida hacia la estación colateral de Canet de Mar, trayecto en vía única.

Si al mismo tiempo quisiéramos recibir un tren procedente de Maçanet para estacionarlo en la vía 1 el sistema no lo permitiría ya que se produciría una colisión frontal y la señal E2 estaría en rojo. En cambio si deseamos recibir el mismo tren en la vía 2, si podríamos poner la señal E2 en verde o en amarillo ya que este movimiento de entrada a vía 2 es compatible en seguridad con la entrada procedente de Barcelona a vía 1. Todas estas relaciones se establecen en un sistema eléctrico o electrónico que se denomina enclavamiento y que nos garantiza la seguridad de las operaciones en la estación y la entrada y salida de trenes a la misma

El enclavamiento va complementado por el sistema ASFA, que garantiza que si el Maquinista del tren no se detiene ante una señal en parada (rojo) enviará una orden automática de frenado de urgencia al tren para evitar una colisión.

Otros sistemas de seguridad en la circulación

La radiotelefonía de trenes

La radiotelefonía de trenes denominada inicialmente tren-tierra, tiene por objeto facilitar la información necesaria a los agentes para adoptar decisiones que afecten o puedan afectar a la circulación de los trenes, especialmente en caso de anomalía y también contribuir en cuanto sea posible a eliminar o impedir situaciones de peligro que pudieran presentarse durante la circulación de los trenes y de hecho han evitado accidentes o reducido mucho sus proporciones.

El sistema está constituido esencialmente por un Puesto Central de Radio, unos puestos móviles en los trenes, unos equipos portátiles y unos puestos fijos situados a lo largo de la línea. La comunicación radiotelefónica se establece entre el puesto central y los puestos móviles o portátiles por el intermedio de los puestos fijos. En la figura siguiente podemos ver un esquema de la banda de regulación.



Banda de regulación

Fuente: Manual de Circulación de RENFE. Radiotelefonía de trenes

En la figura siguiente podemos ver la pantalla de comunicación ubicada a la izquierda del pupitre de conducción con sus pulsadores de acción rápida para cada función.



Pantalla en cabina

Fuente: Manual de Circulación de RENFE. Radiotelefonía de trenes

El puesto móvil que circula por la línea se conecta automáticamente con el puesto fijo más cercano que es en general con el que existe mejor transmisión por radio y desde éste pasa la comunicación telefónica al puesto central a través de la línea telefónica. El sistema tiene diversas modalidades de funcionamiento que permiten establecer comunicaciones individuales y en algunos casos secretas entre los distintos tipos de Puestos dominando el PCR que es el Puesto Central de Radio.

Hombre muerto de control periódico en cabina de conducción

Dispositivo de seguridad instalado en todas las cabinas de conducción de cualquier vehículo motor. Este sistema, que actualmente se denomina **dispositivo de Vigilancia Hombre-Muerto**, tiene como misión activar el frenado de emergencia en el caso de que maquinista sufra un desvanecimiento.

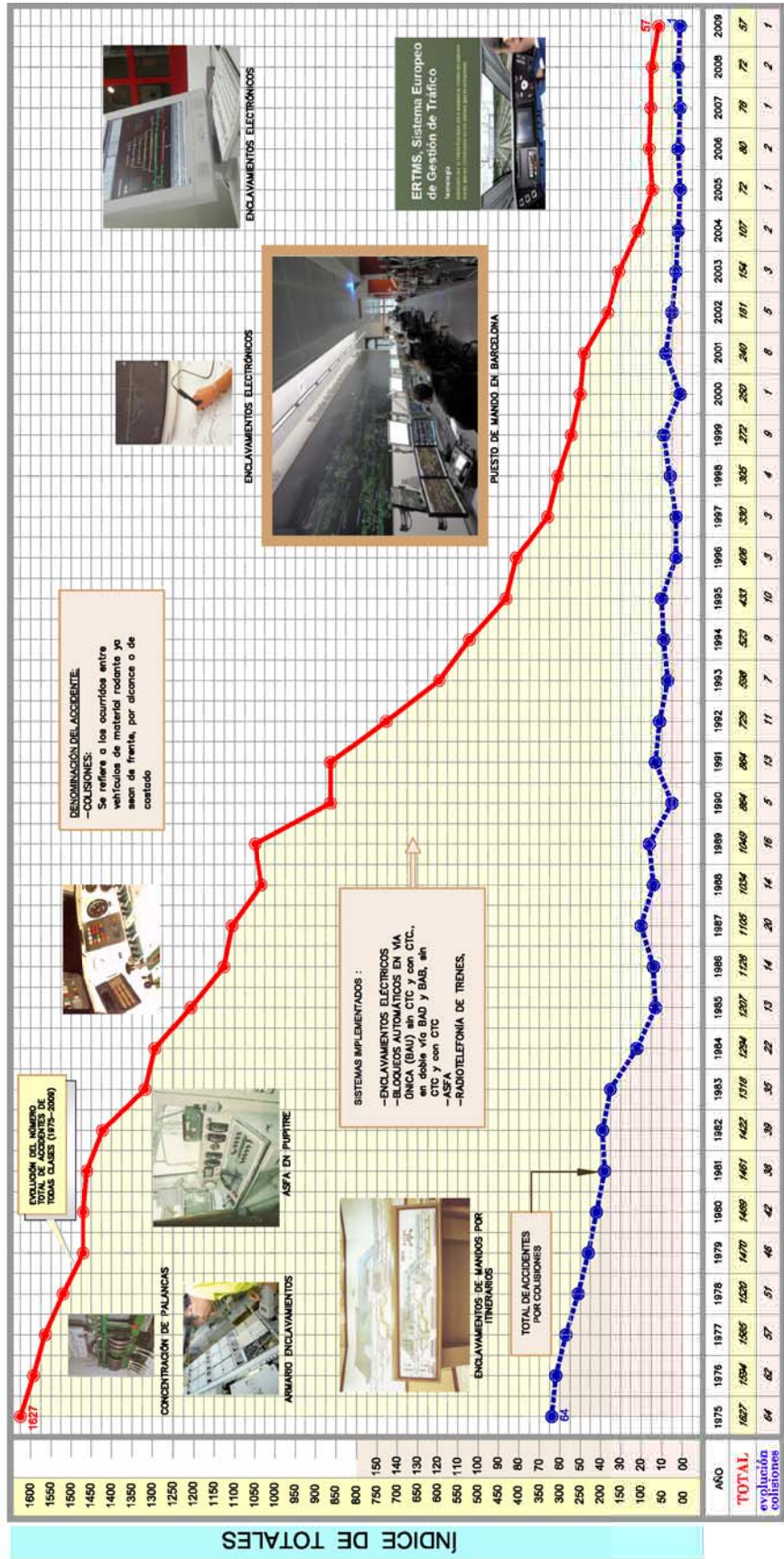
Evolución del número total de accidentes por colisiones

Representamos en una gráfica cuyo título es EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES POR COLISIONES, GR-6A, insertado en la página 177, la evolución de accidentes de todas clases en el periodo 1975-2009 (línea en color rojo). Sobre el mismo gráfico y en color azul representamos también la evolución específica del número de colisiones a 31 de diciembre de cada año desde 1975 a 2009, periodo de estudio

En esta gráfica, a la izquierda tenemos dos escalas que son respectivamente las correspondientes al total de accidentes de todas clases (0-1600) y la específica de colisiones (0-150).

CONTRIBUCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO ESPAÑOL

EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES POR COLISIONES



Actuaciones realizadas y la reducción de accidentes por colisiones.

Las informaciones obtenidas por el autor por sus propias notas en el periodo de actividad laboral en RENFE y después en las Direcciones de Seguridad de RENFE y de ADIF se han centrado en jalonar la situación de cada sistema implementado en cuatro fechas que se indican a continuación con objeto de, posteriormente, asociar su evolución a la gráfica de accidentes y analizar la posible correlación de estos y su reducción.

Partiendo pues de unas condiciones de explotación primitiva con métodos de bloqueo de trenes telefónico y de un manejo de agujas y señales manual o enclavamiento Bourè y cerradura central, o enclavamientos mecánicos, se han implementado sucesivamente los sistemas que se indican a continuación observando una elevación progresiva del nivel de seguridad, por la reducción continuada de accidentes. Se ha realizado:

- Los enclavamientos eléctricos y electrónicos en las estaciones cuyas características se han mencionado antes.
- La implementación de bloqueos eléctricos manuales, y automáticos, también antes mencionados con elevados niveles de seguridad
- La implementación de bloqueos automáticos banalizados en doble vía con control de tráfico centralizado o sin el que además de elevar la seguridad han contribuido a un mejor aprovechamiento de las instalaciones para hacerlas compatibles con conservación de día a determinadas horas en una de las dos vías.
- La instalación del sistema ASFA (Aviso de Señales y Frenado Automático)
- El control de tráfico centralizado y sus diversas funciones ya descrito
- La ASFA digital como sistema avanzado del asfa inicialmente instalado,
- La radiotelefonía de trenes como facilidad de comunicación permanente entre el Centro de Control de Tráfico y los maquinistas de los trenes u otras personas autorizadas en misión de línea.

Tomando como base pues, en función de la disponibilidad de datos fiables, cuatro fechas centradas en los años 1975, 1985, 1998 y 2009 establecemos una tabla con las fechas indicadas y los medios de explotación aplicados en cada fecha de manera que de una visión de conjunto

y evolutiva de la mejora de los medios y el aumento del nivel de seguridad como se verá en un gráfico que se insertará posteriormente a la siguiente tabla:

Tabla: Evolución de la tecnología de seguridad e innovación tecnológica (enclavamientos, bloqueos, ASFA y radiotelefonía de trenes y accidentes por colisiones)

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	1975	1985	1998	2009	OBSERVACIONES
SIN ENCLAVAMIENTO	620	376	194	72	
ENCLAVAMIENTO BOURE	468	317	272	48	
ENCLAVAMIENTO MECÁNICO	391	286	203	109	
ENCLAVAMIENTO HIDRODINAMICO	8	6	3	1	
ENCLAVAMIENTO ELÉCTRICO	182	441	660	477	
ENCLAVAMIENTOSELECTRONICOS	0	37	43	544	
BLOQUEO TELEFONICO Kms	8.165	5951	4699	2.543	
BLOQUEO ELECTRICO MANUAL Kms	2.194	912	847	97	
BLOQUEO AUTOMÁTICO Kms	568	1.835	1.665	247	Fuente :Adif Declaración 2008 Fuente:Memoria Renf 1985
CONTROL DE TRAFICO CENTRALIZADO (CTC) Kms	1.178	2.493	3.980	8.304	Fuente :Adif Declaración 2008
ASFA(Inicio en 1978) Kms de línea	0	6030	7.958	10.165	Fuente :Adif Declaración 2008
RADIOTELEFONIA DE TRENES Inicio en 1987	0	0	4.148	8.395	Fuente:ADIF Declaración 2008
ACUMULADO DE ACCIDENTES POR COLISIONES A 31 DE DICIEMBRE DE LOS AÑOS 1975,1985, 1998 Y 2009	64	13	4	1	

(1)Fuente: Plan Renfe 1972-1975. 150 Años de Historia de los Ferrocarriles Españoles y Dirección de Seguridad en la Circulación de RENFE

Unas breves observaciones sobre los datos de la tabla y su evolución por conceptos únicamente para reparar en algunos hechos que implican una sensible mejora en las condiciones de explotación y de seguridad en los distintos años considerados.

a) Año 1975

- Una explotación en la que existen 620 estaciones sin enclavamiento es decir con agujas libres accionadas por el factor humano (guardagujas con órdenes verbales directas o por teléfono) y disco rojo de parada diferida con farol de aceite y poste de punto protegido, es decir condiciones propicias al accidente por fallo humano.

- 468 estaciones con cerradura Bourè y señales luminosas concebidas básicamente en 1950 para asegurar el paso de los trenes directos, expresos y rápidos que era la tecnología mínima para pasar sin parar por las estaciones de noche, mercancías, etc.
- 391 enclavamientos mecánicos y solamente 182 con enclavamiento eléctrico y como antes se han indicado 620 estaciones sin enclavamiento.
- 8165 kms de bloqueo telefónico con todos sus riesgos de factor humano de los 12000 kms que tenía la Red aproximadamente en dicho año.
- El número de accidente de todas clases fue de 1626, punto de partida del presente estudio y de ellos 64 accidentes por colisiones objeto de este capítulo 5.

b) Año 1985

- Las estaciones sin enclavamiento se reducen de 620 a 376, se duplican las estaciones con enclavamiento eléctrico y aparecen los primeros en enclavamientos electrónicos en grandes estaciones.
- Aumentan el bloqueo automático y el CTC, con retroceso del bloqueo telefónico
- Aparecen en servicio 6030 kms del sistema ASFA instalados a partir de 1978 con unos resultados de eficacia excelente pues el número total de accidentes de todas clases se reduce de 1626 a 1213 pero es significativo que las colisiones en este periodo de 1975 a 1985 se reducen de 64 a 13. Una gran nota de eficacia elevada pues a favor del sistema ASFA entre otras implementaciones.

c) Año 1998

- Disminuyen las estaciones sin enclavamiento y con enclavamiento Bourè, aumentando notablemente los enclavamientos eléctricos que proporcionan elevado nivel de seguridad y de agilidad en la preparación de itinerarios, muy importante en estaciones con gran tráfico de Cercanías.
- Continúa el mismo ritmo de descenso de estaciones sin enclavamiento y con enclavamiento Bouré y aumentan los enclavamientos eléctricos.
- Se produce un trasvase de kms de bloqueo automático a este con control de tráfico centralizado (CTC) en que proporciona mayor agilidad en la explotación aplicado a líneas de gran tráfico como son el entorno de las grandes ciudades.

- Un avance importante en la continuación de la instalación de ASFA que aumenta un 20 % en 10 años y lo que es muy importante los accidentes por colisiones se reducen de 13 en 1985 a 4 en 1998, descendiendo también los accidentes globales de 1213 a 306.

d) Año 2009

Finalmente en este año, final del presente estudio se logra una reducción muy importante de estaciones sin enclavamiento y con enclavamiento Bourè, el bloqueo telefónico se reduce a 2543 kms en líneas de débil tráfico 8304 kms de líneas con CTC de un total de 11000 aproximadamente y a un aumento de líneas dotadas de ASFA con 10165 kms casi un 90 % de los kms de vía existentes

El año 2009 cierra con un total de 57 accidentes de todas clases y de ellos 1 por colisiones, cifras que ponen en evidencia la eficacia de la acción preventiva realizada en los accidentes por colisiones, en las que pende la vida de viajeros, empleados y a menudo terceros.

Gráfico de implementación de nuevas tecnologías y evolución de las colisiones.

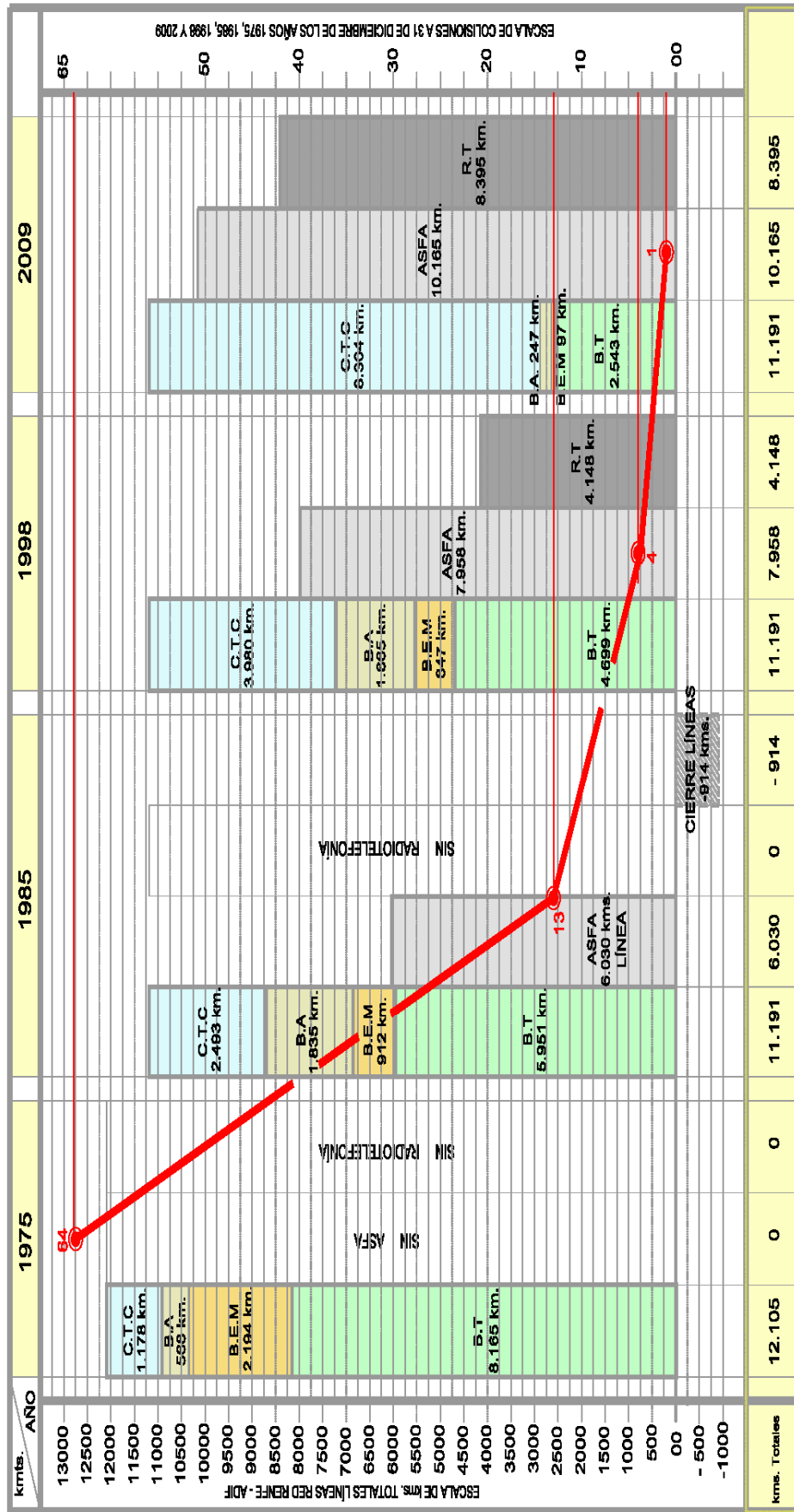
En 1975, cada una de los 4 grupos de 3 barras, que se divide en tramos, se parte de unos kms totales de la Red que eran 12.105 aproximadamente.

En la barra de izquierda se representan cada uno de los sistemas de bloqueo existentes mediante tramos con iluminados con distintos colores y podemos ver como en 1975 predomina mayoritariamente el bloqueo telefónico y apuntan los automáticos (bloqueo eléctrico manual BEM, bloqueo automático BA y CTC que corresponde a los de Galicia, León, y Asturias. No se ha iniciado el ASFA ni se ha iniciado tampoco la radiotelefonía de trenes. El total de accidentes por colisiones es de 64.

En 1985 si observamos el segundo grupo de tres barras, la de la izquierda representativa del número de kms de línea de cada clase, retrocede el bloqueo telefónico y avanzan CTC y bloqueo automático, habiéndose instalado 6030 kms de sistema ASFA y ninguno de radiotelefonía todavía. Los accidentes por colisiones anuales descienden coincidiendo con la siguiente variación de los medios tecnológicos:

En el periodo 1985-1998 las líneas equipadas con bloqueo automático con CTC aumentan retrocediendo el bloqueo telefónico, un avance importante los kms de línea dotados de ASFA. Finalmente el periodo 1998-2009 registra un avance espectacular en líneas dotadas de CTC y únicamente 2543 kms de bloqueo telefónico en líneas de débil tráfico que posteriormente serán tributarias de bloqueo eléctrico manual, bloqueo por radio o algún otro tipo de las modernas modalidades existentes.

GRÁFICO DE IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS Y EVOLUCIÓN DE LAS COLISIONES



Enclavamientos en estaciones

Como ya se ha indicado anteriormente los enclavamientos de las estaciones son sistemas para establecer y asegurar itinerarios de entrada y salida de trenes y maniobras. Al mismo tiempo nos garantizan una correcta relación entre agujas y señales correspondiente a cada itinerario que queramos establecer y si son más de uno nos aseguran que no sean incompatibles ya que de si lo fueran el sistema no lo permitiría. En todos los casos nos proporcionan agilidad máxima en la realización de las operaciones.

Tabla: Evolución de los enclavamientos en estaciones

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	1975	1985	1998	2009	OBSERVACIONES
SIN ENCLAVAMIENTO	620	476 (1)	234	97	
ENCLAVAMIENTO BOURE	468	317(1)	272	9	
ENCLAVAMIENTO MECÁNICO	391	286(1)	251	181	
ENCLAVAMIENTO HIDRODINAMICO	8	6	3	1	
ENCLAVAMIENTO ELÉCTRICO	182	441	660	524	
ENCLAVAMIENTOS ELECTRONICOS	0	37	43	574	

(1) En 1984 se cerraron 914 kms de líneas.

En la implementación de sistemas innovadores se ha pasado de tener las estaciones, como antes ya se ha indicado, hasta finales de 1969, con agujas libres y únicamente un disco rojo de parada diferida que aseguraba, la distancia suficiente de parada hasta un punto negro, llamado poste de punto protegido que limitaba la salida de la estación para hacer maniobras

Por otra parte era el punto donde los trenes que habían encontrado el disco rojo debían detenerse y que estaba después de la primera aguja de la estación, a pequeñas mejoras como fueron los enclavamientos Bourè concebidos para realizar combinaciones entre itinerarios y posición de las agujas, después se construyeron cabinas para concentrar palancas de accionamiento de las agujas a distancia también asegurando que nunca fueran incompatibles los itinerarios y ya finalmente los enclavamientos eléctricos y electrónicos en que las agujas se

mueven mediante motores eléctricos que además quedan encerrojados en su posición para asegurar su inmovilidad al paso de los trenes.

5. Conclusiones

En resumen podemos concluir este capítulo con las siguientes conclusiones:

- La implementación de sistema ASFA a partir de 1978 con 6030 kms hasta un total de 10165 kms de línea entre 1978 y 2009 unido a otros factores puede establecerse que redujo las colisiones desde 64 en 1975 a 1 en 2009.
- El ASFA instalado tiene carácter de control puntual de la velocidad del tren y cuando al pasar por una baliza, aquella no es adecuada activa el freno de emergencia evitando sin duda accidentes por colisiones. Posteriormente se ha mejorado el sistema con el ASFA DIGITAL que supone un control continuo de la velocidad con mayor eficacia todavía.
- La instalación de enclavamientos eléctricos y electrónicos en las estaciones sustituyendo a otros más rudimentarios y complementados con el ASFA, han elevado notablemente el nivel de seguridad, aumentado la agilidad de su preparación y anulación permitiendo la aplicación de mejores aceleraciones y deceleraciones en los procesos de arranque y parada de los trenes.
- Los nuevos sistemas de bloqueo automático, automático banalizado, complementados con el ASFA han elevado la seguridad, la capacidad de circulación de las líneas y la facilidad de circulación y también la posibilidad de la conservación de vía y catenaria circulando en vía única sin reducción de velocidad.
- La ampliación del control de tráfico centralizado del cual en 1975 ya existían 1178 kms al instalarse los primeros CTC, en Asturias y León ha agilizado la explotación al tiempo que se han reducido costes de personal.
- La implementación de la radiotelefonía de trenes a partir de 1987 ha sido un gran avance en la facilidad de comunicación evitando los teléfonos con pertiga, el bajarse a la señal de entrada estando esta en rojo para recibir una autorización de rebase y en una emergencia abre la posibilidad de tomar decisiones que se transmiten y cumplen de inmediato pudiendo evitar o disminuir la importancia de accidentes.

- Paralelamente a este proceso de innovación de los sistemas de bloqueo y explotación han ido descendiendo los kms de explotación con bloqueo telefónico de mayor riesgo para seguridad en la circulación.

15. ÍNDICE TEMÁTICO

A

Actuaciones en la vía anteriores a1975	Pág. 218
Accidente de circulación	Pág. 67
Acciones preventivas de incendios y explosiones	Pág. 260
Aviso de señales y frenado automático (ASFA).....	Pág. 159
ASFA DIGITAL.....	Pág. 161
Accidentes actuales en el bloqueo automático	Pág. 186
Acuerdos verticales	Pág. 205
Alabeo	Pág. 210
Arrollamiento de obstáculos.....	Pág. 263

B

Balasto	Pág. 193
---------------	----------

C

Causa raíz	Pág. 81
Cerramiento de líneas ferroviarias.....	Pág. 275
Clases de accidentes de circulación	Pág. 81
Control de Tráfico Centralizado (CTC).....	Pág. 155
Carril.....	Pág. 197
Calidad geométrica de una vía.....	Pág. 205
Condición de descarrilamiento de Nadal	Pág. 207
Conclusiones generales.....	Pág. 377
Comparación entre características humanas y las máquinas.....	Pág. 371

D

Decisiones del Estado y de RENFE posteriores a la Guerra Civil	Pág. 91
Desvíos.....	Pág. 202
Descomposición de cargamentos	Pág. 289
Desvíos talonables	Pág. 304

E

Efectos de la guerra civil en el sistema ferroviario	Pág. 91
Esquema de una estación con señalización y enclavamientos.....	Pág. 169

Evolución de la tecnología de seguridad e innovación tecnológica.....	Pág. 179
Evolución de enclavamientos en estaciones a lo largo del periodo	Pág. 168
Ejemplos de incendios y explosiones.....	Pág. 238
Ejemplo de rebases	Pág. 308
El factor humano	Pág. 361
F	
Factores que propician los descarrilamientos	Pág. 192
Factor tecnológico.....	Pág. 369
I	
Innovación	Pág. 64
Índices estadísticos de accidentalidad.....	Pág. 84
Innovaciones en la utilización de los nuevos elementos de superestructura de vía	Pág. 225
Innovaciones en el mantenimiento de la vía	Pág. 225
Instrucción de seguridad para túneles ferroviarios.....	Pág. 254
M	
Mapa de ubicación de detectores de caldeo en la Red.....	Pág. 249
Metodología de investigación.....	Pág. 60
Medida de la accidentalidad.....	Pág. 65
Medios de extinción de incendios.....	Pág. 251
Métodos herbicidas para la prevención de incendios en la vía	Pág. 253
N	
Norma Europea contra incendios en trenes EN 45545.....	Pág. 237
Norma básica de autoprotección.....	Pág. 259
O	
Objetivo de la tesis.....	Pág. 60
Otras clases de señales. Señales indicadoras	Pág. 162
Otros sistemas de seguridad en la circulación	Pág. 170
P	
Pasos a nivel, de clase A y B, y de clase C, D y E. Actuación realizada.....	Pág. 120
Principios básicos de la seguridad en la circulación de trenes	Pág. 145
Principales funciones de un Puesto de Mando de Circulación.....	Pág. 136

Peralte.....	Pág. 204
Prescripciones de circulación de trenes con materias peligrosas	Pág. 296
Principales causas de un accidente originadas por fallo humano.....	Pág. 368
R	
Realimentación del sistema de seguridad ferroviario.....	Pág. 77
Radiotelefonía de trenes	Pág. 170
Registros de locomotoras y automotores relativos a velocidad, variables, etc.....	Pág. 174
Registros del tren auscultador de vía	Pág. 215
Riesgo de incendios en el ferrocarril.....	Pág. 233
Riesgos en el transporte de materias peligrosas	Pág. 294
Riesgos de los rebases	Pág. 307
S	
Seguridad en la circulación ferroviaria	Pág. 63
Sistema de Seguridad Ferroviario	Pág. 77
Situación de la accidentalidad en el año 1975 y 2009	Pág. 85
Sistemas de bloqueo.....	Pág. 147
Separación mínima entre dos trenes sucesivos en marcha.....	Pág. 158
Simulador de conducción.....	Pág. 372
Sistemas de enclavamientos en estaciones.....	Pág. 167
Seguridad en la vía. Problema técnico	Pág. 191
T	
Talonamientos y rebase de señales,	Pág. 301
Tabla de clase de protección de pasos a nivel según su AxT	Pág. 120
Traviesas	Pág. 195
Tren auscultador para el control del estado de la vía	Pág. 215
V	
Visitas de seguridad a la línea	Pág. 77
Z	
Zona de limitación del uso de terrenos para la vía.....	Pág. 192

16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ MANTARAS, D. 2003 Oviedo. FERROCARRILES. Ingeniería, Transportes, Servicio de Publicaciones. I.S.B.N. 84-8317-365-4.

- ARQUES J.L. abril 2007. EJEMPLO DE ADAPTACIÓN DE UN VEHÍCULO TRACTOR PARA LA AUSCULTACIÓN DE VÍA Y CATENARIA. Madrid. Seminario de Tecnología de vía. Foro del ferrocarril y del Transporte.

- CONSEJO DE MINISTROS DE ESPAÑA DEL 9 DE DICIEMBRE DE 1988. IMPLANTACIÓN DEL ANCHO EUROPEO (UIC 1,435 m) en la nueva línea ferroviaria de alta velocidad Madrid-Sevilla.

- DELFT. Aspectos generales en materia de seguridad y salud a considerar en la utilización de la maquinaria a emplear en las obras de construcción y mantenimiento de infraestructuras ferroviarias.

- DENOMINACIÓN DE LAS CLASES DE ACCIDENTES FERROVIARIOS [RENFE (1997)]. Norma Técnica de Tratamiento de Accidentes de Circulación. Dirección de Inspección y Seguridad de RENFE.

- DIRECTIVA DEL CONSEJO DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS de 29 de julio de 1991 sobre el desarrollo de los ferrocarriles comunitarios (91/440/CEE) tiene por objeto facilitar la adaptación de los ferrocarriles comunitarios a las necesidades europeas.

- EL SISTEMA ASFA (AVISO DE SEÑALES Y FRENADO AUTOMÁTICO). Manual de Circulación RENFE anejo al REGLAMENTO GENERAL DE CIRCULACIÓN.

- EL NAFA (NUEVO PLAN DE ACCESOS A ANDALUCÍA) MINISTERIO DE FOMENTO. L.A.V. MADRID SEVILLA.

- FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑÓLES 1995.150 AÑOS DE HISTORIA DE LOS FERROCARRILES ESPAÑÓLES. ISBN de RENFE. Fundación de los Ferrocarriles Españoles. ISBN 84-88675-57-7.
- FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑÓLES. OBRAS PÚBLICAS EN CATALUÑA. PRESENTE, PASADO Y FUTURO. 2003.Fundación de los Ferrocarriles Españoles.
- FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑÓLES SEMINARIO SOBRE EL INCREMENTO DE VELOCIDAD COMERCIAL EN EL FERROCARRIL. Fundación de los Ferrocarriles Españoles Sociedad Colectiva-Diseño. I.S.B.N. 84-398-7403-0. Imprime Arte Graf, 1986.
- JEAN ALIAS Y ANTONIO VALDÉS. 1990. La vía del ferrocarril. Librería Editorial Bellisco Madrid. ISBN 84-85198-43-3.
- LEY 39/2003 DE 17 DE NOVIEMBRE DEL SECTOR FERROVIARIO que dispone, que la entidad pública empresarial Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles pase a denominarse Administrador de Infraestructuras Ferroviaria.
- LEY DE BASES DE ORDENACIÓN FERROVIARIA Y DE TRANSPORTES POR CARRETERA DE 24 DE ENERO DE 1941.
- LIBRO BLANCO DE TRANSPORTES. MINISTERIO DE TRANSPORTES 1987.
- LÓPEZ PITA A. 1983. MATERIAL REMOLCADO. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. Tomo ISBN 84-7943-078-2.
- LÓPEZ PITA A. 2004. FERROCARRIL, INGENIERÍA Y SOCIEDAD. Real Academia de Ingeniería. Madrid ISBN 84-95662-23-X.

- LÓPEZ PITA A 2006 a) INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS 2006. Ediciones UPC. Cenit. ISBN 2006- 25777.
- LÓPEZ PITA A 2006 b) LA EXPLOTACIÓN FERROVIARIA. Explotación convencional en ancho IBERICO.
- LÓPEZ PITA A, MANTENIMIENTO DE VÍA. INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS. Ediciones UPC 2006 c) Producción Comgrafic S.A., I.S.B.N.:25577-2006
- 987-84-8468-363-6-LOSADA MARTÍNEZ M.1995. CURSO DE FERROCARRILES. MECÁNICA DE LA VÍA. ETS, Ingenieros de Caminos, canales y puertos. ISBN 978-847-493- 2256.
- LOZANO P. EL LIBRO DEL TREN. Fundación de los Ferrocarriles Españoles. I.S.B.N. 84-96.052-84-2.
- MONTESINOS ORTUÑO J. Y MANUEL CARMONA SUÁREZ. TECNOLOGÍA DE CATENARIA Dirección de Mantenimiento de Infraestructura. Publicaciones de RENFE.
- OLIVEROS RIVES F.1980 a) TRATADO DE EXPLOTACIÓN DE FERROCARRILES. Tomo I Planificación.
- OLIVEROS RIVES F.1980 b). MADRID. LA VÍA. Editorial Rueda. I.S.B.N.: 84-7207-005-0
- OLIVEROS RIVES F.1983, TRATADO DE FERROCARRILES INGENIERÍA CIVIL E INSTALACIONES. Editorial Rueda.
- PERLASIA GIOL, JOSÉ. Colaboración en el INFORME DE LA INSPECCIÓN GENERAL DE RENFE para investigar las causas del *alcance de tren Costa Vasca al expreso Cantabria estacionado en Valladolid* el día 3 de marzo de 1988, con el resultado de ocho víctimas mortales y tres heridos, 1988.

- PERLASIA GIOL, JOSE. Colaboración en el INFORME DE LA INSPECCIÓN GENERAL DE RENFE para investigar las causas del *arrollamiento de un autobús en un paso a nivel de Juneda* (Lleida) línea de Tarragona a LLeida, el día 25 de marzo de 1988, con el resultado de 10 niños víctimas mortales y 5 adultos además de varios heridos, 1988.

- PERLASIA GIOL, JOSE. Colaboración en el INFORME DE LA INSPECCIÓN GENERAL DE RENFE para investigar las causas del *incendio de un tren en el túnel de Sabadell junto al apeadero de Sabadell Centre*, el día 2 de Septiembre de 1988, con el resultado de 52 viajeros intoxicados por el humo, 1988.

- PERLASIA GIOL, JOSE. Colaboración en el INFORME DE LA INSPECCIÓN GENERAL DE RENFE para investigar las causas de la *colisión de tren TALGO Madrid – Gijón contra un tren de mercancías estacionado en la estación de Arévalo* el día, el día 6 de Septiembre de 1989, con el resultado de 5 muertos y numerosos heridos, 1989.

- PERLASIA GIOL JOSE. Colaboración en el INFORME DE LA INSPECCIÓN GENERAL DE RENFE para investigar las causas de la *descomposición de un cargamento de un tren de mercancías de Madrid Abroñigal a Granollers – Centre*, en el trayecto de Alcalá de Henares a Torrejon, el cual impactó contra el tren Intercity Zaragoza – Madrid el día 3 de Julio de 1990, causando 6 víctimas mortales y varios heridos, 1990.

- PONCE DE LEÓN, FERNANDO 2011. UNIVERSIDAD DE COMILLAS. LOS SISTEMAS DE CONTROL DE TRÁFICO Y SEÑALIZACIÓN. ISBN.

- PLAN ESTRATÉGICO DE INFRAESTRUCTURAS Y TRANSPORTE 2005-2020 (PEIT) a política de infraestructuras y transportes del Ministerio de Fomento viene establecida en el Plan Estratégico de Infraestructuras y Transporte 2005-2020 (PEIT).

- PLAN DE MODERNIZACIÓN DE RENFE 1964-1973.

- PLAN RENFE 1972-1975.

- PLAN GENERAL DE INSPECCIÓN Y SEGURIDAD 1992. RENFE. DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA.

- REAL DECRETO 2422/1978 DE 28-8-1978 SOBRE PASOS A NIVEL. 1993 Orden de homologación de 2-1-1993 en RENFE del sistema de protección de pasos a nivel con señalización luminosa y acústica.

- REAL DECRETO 780/2001 DE 1 DE AGOSTO sobre pasos a nivel, a distinto nivel, reordenación de pasos a nivel y máximo rigor en el uso de pasos a nivel particulares. BOE.

- REAL DECRETO 780/2011 DE 1 DE AGOSTO.

- RENFE DIRECCIÓN DE TRANSPORTES. 1973. BLOQUEO AUTOMÁTICO EN VÍA ÚNICA CON CONTROL DE TRÁFICO CENTRALIZADO ENTRE SAN JUAN DE MOZARRIFAR-LÉRIDA-SAN VICENTE DE CALDERS. Publicación de RENFE. Dirección de Transportes.

- REGLAMENTO GENERAL DE CIRCULACIÓN DIRECCIÓN DE TRANSPORTES – RENFE 1982. Documentos de la Dirección de Inspección y Seguridad de RENFE para la regulación de la circulación ferroviaria. Instalaciones, circulación, trenes, bloqueos, maniobras.

- RENFE 1978 NOTA SOBRE EL COCHE DE CONTROL GEOMÉTRICO DE VÍA. Interpretación de los resultados.

- RENFE 1982 a), MANUAL DE CIRCULACIÓN. DIRECCIÓN DE TRANSPORTES, comprendiendo los fascículos Semibarreras automáticas, ASFA, Enclavamientos, Bloqueos, Radiotelefonía.

- RENFE 1982 b), NORMA TÉCNICA DE ACCIDENTES DE CIRCULACIÓN, ACCIDENTES DE PERSONAS Y AVERÍAS E INCIDENCIAS. Dirección de Reglamentación y Seguridad. RENFE 1982.

- REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, 1965 agosto. PLAN DECENAL DE MODERNIZACIÓN

- RENFE. LA NORMATIVA FERROVIARIA INTERNA DE 1975-1993. La evolución de los Reglamentos e Instrucciones Generales de Circulación y demás normativa en el periodo 1975-1993. Dirección de Transportes 1975. Dirección de Circulación 1997. Recopilación propia del autor de la tesis.

- RENFE. MEMORANDOS DE CATENARIA RENFE 1959, 1967, 1975. Dirección de Mantenimientote infraestructura.

- RENFE-ADIF.SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA .Documentación interna.

- SITRA, 1987. INSTRUCCIÓN TÉCNICA PARA LOS OPERADORES DEL SISTEMA INFORMÁTICO DE TRÁFICO utilizado en los Centros de Control de Trafico Centralizado de las Delegaciones de Circulación de RENFE. Dirección General de Infraestructura de RENFE.

- RAILTECH. SOLDADURA DE VÍA. Fuente: Internet.

- TABLA Nº 3 [ARQUES J.L. (2007)] QUE SINTETIZA LOS CRITERIOS DE LA ORDEN DEL 2-8-1981 indicando para cada clase.

17. ANEJOS AL PROYECTO DE TESIS

A Anejo (Capítulo 5)

Tabla 1: Accidentes ferroviarios por colisiones importantes (con víctimas), en líneas ferroviarias españolas de ancho ibérico, entre los años 1975 y 2009.

Nº	Descripción del accidente	Fecha	Lugar	Víctimas	Causa más probable del accidente	Innovación es favorable a la seguridad
1	Colisión frontal de dos trenes de mercancías	11-11-1975	Trayecto de Cañada de Calatrava. Línea de Ciudad Real a Badajoz	1 muerto 1 herido	Fallo humano en bloqueo telefónico. Rebase de señal de entrada y colisión con la cola de tren estacionado	Bloqueo automático (B.A.U.) o (B.A.B.) Y ASFA
2	Colisión por alcance de una unidad de tren a un tren de mercancías	3-08-1977	Trayecto de Santa Elena a Calancho. Línea de Alcazar de San Juan a Cadiz	2 muertos 3 heridos	Colisión por cola de un tren de viajeros a un tren de mercancías dentro de un túnel detenido en señal de entrada con bloqueo automático	Sistema que evite el incumplimiento de la marcha a la vista. Formación o sistema tecnológico.
3	Colisión frontal de tren TALGO con tren de mercancías estacionado	19-12-1978	Estación de Blanca Abarán Murcia	2 muertos 2 heridos	Rebase señal de entrada en parada. Y colisión con tren estacionado. Fallo humano.	ASFA
4	Colisión frontal en plena vía	7-12-1979	Trayecto de Granollers-Las Franqueses. Línea de Montcada B.a Ripio.	18 muertos 49 heridos	Deriva de tren sin viajeros y colisión con otro en sentido contrario con viajeros. Defecto frenado. Fallo humano.	Bloqueo automático en vía única con CTC (ya se instaló en 1987)
5	Colisión por alcance de una unidad de tren a un tren de mercancías	10-3-1980	Trayecto de Guiamets a Marsá. Túnel del trayecto Els Guiaments-Marça	2 muertos 31 heridos	Rebase de señales permisivas del CTC en parada e incumplimiento de marcha a la vista colisionando contra cola del mercancías detenido en señal entrada a Marsá	Sistema que evite el incumplimiento de la marcha a la vista. Formación o sistema tecnológico
6	Colisión frontal	15-07-1980	Estación de Torralba	17 muertos 22 heridos	Rebase de la señal de entrada apagada y colisión con tren estacionado. Fallo humano.	Fallo humano. Incumplimiento de normativa ante señal apagada. Formación
7	Colisión frontal de trenes TER	3-03-1981	Trayecto de Miraflores a Soto del Real	7 muertos 20 heridos	Salida de tren Ter de la estación de Miraflores con la señal en parada	Fallo humano. Rebase de señal en parada. ASFA. Incumplimiento de normativa Formación

8	Colisión	3-7-1982	Estación de Bustarviejo	1 muerto 19 heridos	Colisión por cola del TER Burgos-Madrid contra el Expreso Puerta del Sol	Fallo humano Rebase de la señal de entrada ASFA
9	Colisión frontal	3-1983	Trayecto de Moncada Bif-Moncada Ripollet. Línea de Moncada B. a Ripoll	2 muertos 4 heridos	Fallo humano Expedir un tren hacia vía única habiendo concedido vía a otro	Bloqueo automático en vía única con CTC Fallo humano. Ya instalado en 1987
10	Colisión frontal	29-9-1987	Estación de Almacelles. Línea de Zaragoza a Barcelona por Lleida	1 muerto 24 heridos	Salida indebida de la estación de Almacelles cuando estaba llegando a la estación otro tren de viajeros	Presentación del tren dispuesto con señal de salida en parada. Fallo humano
11	Colisión por cola del Expreso Cantabria contra el Costa Vasca	3-03-1988	Estación de Valladolid	8 muertos 30 heridos	Fallo de frenado de tren Costa Vasca al entrar en la estación de Valladolid y colisionar contra el Costa Cantabria	Fallo técnico. Defecto de funcionamiento de freno no advertido en el trayecto Madrid – Valladolid
12	Colisión de tren TALGO sobre la cola de un mercancías	7-9-1989	Estación de Arevalo	5 muertos 44 heridos	Itinerario de entrada equivocado para el TALGO y colisión por cola con un mercancías estacionado	Fallo humano Enclavamientos de estaciones. Instalación.
13	Colisión por cola	24-06-93	Tramo Madrid-Villaverde Bajo	19 heridos	Rebase de la señal de entrada por retraso en la acción de frenado colisionando con un tren de Cercanías que estaba saliendo.	Fallo humano. Retraso en la acción de frenado. Formación y asfa digital
14	Colisión de costado de tren Mare Nostrum con unidad de tren de viajeros saliendo de San Celioni	28-07-93	San Celoni	1 muerto 2 heridos	Fallo humano Rebase de la señal de entrada	Fallo humano Retraso en la acción de frenado Del tren Mare Nostrum. Formación y Asfa digital
15	Colisión de costado	15-04-1995	Borges Blanques	12 heridos	Salida indebida de la estación de Borges Blanques estaba llegando a la estación otro tren de viajeros	Presentación del tren dispuesto con señal de salida en parada. Fallo humano Formación
16	Colisión de costado de un regional con el Euromed	30-3-2002	Torredembarra. Línea de Valencia N. a Tarragona	91 heridos	Salida indebida del tren regional cuando pasaba el Euromed	Presentación del tren dispuesto con señal de salida en parada. Fallo humano
17	Colisión frontal	3-6-2003	Estación de Chinchilla	19 muertos 49 heridos	Expedir un tren a un trayecto con otro tren en marcha	Bloqueo automático con CTC. Fallo humano

18	Colisión frontal de dos trenes TALGO al realizarse un cruzamiento	25-04-2004	Trayecto de Linarejos –Pedroso	50 heridos	TALGO Galicia estacionado en via desviada esperando cruce. Talgo hacia Madrid tenia itinerario equivocado colisionando frontalmente	Fallo humano. Establecimiento itinerario equivocado Enclavamientos
19	Palencia	25-9-2005	Estación de Palencia	42 heridos	Acoplamiento violento de un tren Ter con otro para formar una sola composición	Fallo humano. Velocidad inadecuada para el acoplamiento
20	Colisión por cola a tren estacionado	28-04-2010	Apeadero de Clot – Aragón Barcelona	18 heridos	No cumplimentar correctamente la marcha a la vista	Sistema que evite el incumplimiento de la marcha a la vista

Fuente: Ministerio de Fomento, Comisión de Investigación de accidentes.

Dirección de Seguridad corporativa RENFE.

Internet: Mundo Ferroviario Febrero 2012

Fuente: Federación Castellano Manchega de Amigos del Ferrocarril. Estadísticas

Periódicos: La Vanguardia, El País y ABC.

Archivos documentales del Autor del Proyecto obtenidos en sus puestos de trabajo en RENFE.

B Anejo (Capítulo 6)

Tabla 2: Algunos accidentes por descarrilamientos

Nº	Descripción del accidente	Fecha	Lugar	Víctimas	Causa más probable del accidente	Innovaciones favorables a la seguridad
1	Descarrilamiento de los 3 últimos coches del tren TALGO nº 452 de Madrid a Cadiz en las agujas de entrada de la estación de Manzanares	15-12-1978	Estación de Manzanares	13 muertos 14 heridos	La causa más probable fue un fallo en un desvío sin precisar si fue mecánico o humano	Enclavamientos eléctricos y ASFA
2	Descarrilamiento de tren ferrobús	20-10-1981	Zamora	Sin víctimas	Defecto de vía	Renovación de vía y mantenimiento según estado.
3	Descarrilamiento de electrotren nº 530	20-9-1987	Pajares	1 herido	Arrollamiento de materiales	Prevención
4	Descarrilamiento del tren expreso Bahía de Cádiz	1-10-1989	Quintana de la Serena a Campanario (Badajoz)	1 herido	El accidente se produjo por las grandes lluvias caídas en la zona lo que provocó inundaciones que se llevaron un tramo de vía	No se dispone de información suficiente
5	Descarrilamiento expreso Gibralfaro en Despeñaperros	26-12-1995	Cabra	2 muertos 7 heridos	Corrimiento de tierras por lluvias	Mantenimiento de Infraestructura de vía, adecuado
6	Descarrilamiento del tren Talgo Luis Campens, Madrid-Lisboa	2-3-1995	Fuenlabrada a Griñón (Madrid)	2 heridos	Defecto de vía	Mantenimiento de infraestructura
7	Descarrilamiento de tren expreso costa verde	25-6-1998	Valdestillas	Sin víctimas	Rotura de cambio de agujas	Mantenimiento de vía
8	Descarrilamiento de tren de mercancías	21-4-1999	Robledo	Sin víctimas	Movimiento intempestivo del desvío al cambiar de vía. Fallo humano	Enclavamiento eléctrico
9	Descarrilamiento tren TALGO Paris Madrid 408	5-7-2008	Medina del Campo	Sin víctimas	Exceso de velocidad sobrepasando la limitación existente	Asfa y cumplimiento de Normas

10	Descarrilamiento de tren automotor regional	22-5-2001	Santa Liña –Ager .LLeida P. Segur	Sin víctimas	Defectos de vía	Mantenimiento de infraestructura adecuado
11	Descarrilamiento de tren TALGO Madrid – Cartagena	4-1-2003	Tabarra	2 muertos 2 heridos	Rotura de una barra de freno de la locomotora que provocó el descarrilamiento	Mantenimiento del Tren TALGO
12	Descarrilamiento de tren rápido Valencia – Madrid	6-11-2006	San Vicente de Alcántara	Sin víctimas	Descarrilamiento a consecuencia del desguarnecido de la vía por fuertes lluvias	Infraestructura
13	Descarrilamiento del tren tranvía 18160	28.8.2009	El Rebollar	Sin víctimas	Accionamiento indebido de la cerradura Bouré estando el tren sobre el desvío.	Enclavamiento eléctrico y Normas

C Anejo (Capítulo 7)

Tabla 3: Síntesis de la Normativa de Prevención de Incendios en Trenes en Proyecto de la CEE.

Nº	Descripción del accidente	Fecha	Lugar	Víctimas	Causa más probable del accidente	Innovaciones favorables a la seguridad
1	Explosión de dos vagones cisterna cargados con combustible líquido	30-7-1977	Ciudad Real	60 heridos	Incendio de un vagón de madera enganchado con las cisternas que probablemente provocó la explosión	Cumplimiento de la Normativa de la Instrucción General nº 43. Transporte de materias peligrosas.
2	Explosión de 6 bidones de nitrocelulosa	13-8-1985	Madrid – Peñuelas	1 herido	Al efectuarse un enganche del vagón que transportaba el producto de la nitrocelulosa	Cumplimiento de la Normativa de la Instrucción General nº 43. Transporte de materias peligrosas.
3	Incendio en las proximidades de la vía	8-9-1990	Salou-Tarragona	Sin víctimas	Explosión de un rack de Repsol e incendio con deformación de vía	Adoptar disposiciones que ya se tomaron de suspender la circulación de trenes en la vía próxima
4	Incendio de un tren de cercanías en el túnel de Sabadell entre las estaciones de Sabadell Sur y el Apeadero de Sabadell Centro	4-9-1998	Sabadell Sur-Terrassa	52 intoxicados por el humo	Derivación eléctrica en el techo e incendio en el túnel de Sabadell Sur a Sabadell Centro con 52 intoxicados por el humo generado.	Mantenimiento de trenes. Prevención de incendios, materiales tren adecuados y salidas de emergencia de los túneles.
5	Explosión de varios coches de unidades de tren al efectuar su entrada en la estación de Madrid-Atocha	11-3-2004	Atocha Cercanías	191 fallecidos 1857 heridos	Atentado	Competencia gubernativa. Cumen cada momento, diligentemente las ordenes de la Policía
6	Incendio de cables a la entrada del túnel Atocha-Chamarti	10-3-2008	Atocha Cercanías	Sin víctimas	Incendio de cables de servicio Adif.	Mantenimiento preventivo.

D Anejo (Capítulo 9)

Resumen de disposiciones de la Instrucción General nº 43 para el transporte de mercancías peligrosas.

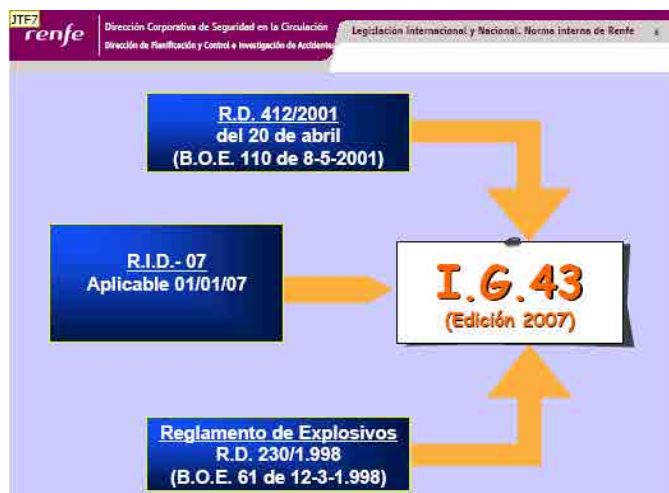


Figura: Reglamentación Internacional, Nacional y de Renfe relativa al transporte de MM. PP.⁷⁰
Fuente: Instrucción General nº 43, 2007, ejemplar del autor

Disposiciones generales.

“El capítulo 1 define las características del transporte de mercancías peligrosas, figura anterior insertada, por ferrocarril que se rige en España por el Reglamento Relativo al Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Ferrocarril (RID), y por otras normas nacionales. Esta Instrucción General es un resumen de las principales disposiciones que exige el RID, en la edición aplicable desde el 1 de enero de 2011. Además recoge otras disposiciones contenidas en el R.D. 412/2001 de 20 de abril por el que se regulan diversos aspectos relacionados con el transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril. (B.O.E. nº 110 de 8 de mayo de 2001), así como las normas dictadas por el Administrador de la Infraestructura Ferroviaria que afectan a este tipo de transporte.

⁷⁰ Dirección Corporativa de Seguridad en la Circulación RENFE



Figura: Concepto de mercancía peligrosa

Fuente: Instrucción General nº 43, 2007, ejemplar del autor

Clases de materias peligrosas

Las mercancías peligrosas, según el RID, se incluyen en una de las clases siguientes según el riesgo que representan, y si tuvieran más de uno, el más importante.

Clase 1 Materias y objetos explosivos.

Clase 2 Gases.

Clase 3 Líquidos inflamables.

Clase 4.1 Materias sólidas inflamables, materias autorreactivas o de reacción espontánea y materias explosivas desensibilizadas sólidas.

Clase 4.2 Materias que pueden experimentar inflamación espontánea.

Clase 4.3 Materias que al contacto con el agua desprenden gases inflamables.

Clase 5.1 Materias comburentes.

Clase 5.2 Peróxidos orgánicos.

Clase 6.1 Materias tóxicas.

Clase 6.2 Materias infecciosas.

Clase 7 Materias radiactivas.

Clase 8 Materias corrosivas.

Clase 9 materias y objetos peligrosos diversos.

La figura siguiente muestra los signos convencionales o etiquetas de las materias peligrosas.



Figura: Signos convencionales de las materias peligrosas

Fuente: Instrucción General nº 43, 2007, ejemplar del autor

El orden de numeración de las clases no guarda relación con la magnitud del peligro, a cada materia u objeto, que constituye la mercancía peligrosa, le corresponde un número ONU y una designación oficial de transporte. Las mercancías peligrosas se encuentran listadas en el apéndice de esta instrucción general. Cuando la denominación de una materia o de un objeto figura expresamente en la lista, se identificará para el transporte, mediante su designación oficial de transporte para las mercancías que no disponen números de identificación de las mercancías peligrosas con independencia de la clasificación del artículo anterior, las mercancías peligrosas se identifican con los números siguientes:

a) Por su *número de identificación de peligro, de dos o tres cifras* y a veces precedido de la letra x, que permite conocer la naturaleza del peligro. La primera cifra identifica el peligro principal y la segunda o tercera, los peligros subsidiarios. Habitualmente se le conoce como número de peligro.

b) Por su *número de identificación de materia, de cuatro cifras*, establecido por un comité de expertos de las naciones unidas y que permite saber de qué materia se trata. Habitualmente se le conoce como número ONU para la designación de la mercancía en el documento de transporte e inscripciones en envases, embalajes y cisternas, va precedido por las letras UN.

Existe un acuerdo europeo que recoge la Instrucción General presente en el que se definen los distintos conceptos que están contenidos en la misma, como bulto, caja móvil, cargador etc con objeto de emplear el léxico correcto en los documentos y el las relaciones de las personas que intervienen.

El capítulo 2 trata del etiquetado de los bultos, Establece que en cada bulto deberá figurar de manera clara y duradera, el número ONU correspondiente a las mercancías contenidas, precedido de las letras "UN". En el caso de objetos no embalados, el marcado debe figurar sobre el objeto, sobre su armadura o sobre su dispositivo de manipulación, de estiba o de lanzamiento A título de ejemplo, la Instrucción General define: figura la clase, el modelo, el aspecto de las etiquetas y los detalles del significado.

La figura insertada a continuación muestra etiquetas de gases no inflamables y no tóxicos.

CLASE	MODELO Nº	ASPECTO	SIGNIFICADO
2	2.2		<p>GASES NO INFLAMABLES Y NO TÓXICOS.</p> <p>Signo convencional (botella de gas): negro o blanco sobre fondo verde. Cifra "2" en el vértice inferior.</p>

Figura: Etiquetas de gases no inflamables y no tóxicos
Fuente: Instrucción General nº 43, 2007, ejemplar del autor

En el capítulo 3 se dan normas para el etiquetado de vagones y contenedores de forma que se fijaran etiquetas de peligro en las paredes exteriores de grandes contenedores, CGEM, (contenedores de gas de elementos múltiples) contenedores cisterna, cisternas portátiles y vagones.

La figura siguiente muestra un resumen de actuación para garantizar el material de transporte y su reconocimiento.

Material y Reconocimiento



EL suministrador de los medios de porte o el transportista, informará al cargador de la última mercancía cargada, debiendo además, cumplir lo dispuesto en el RID sobre limpieza de los medios de transporte antes de la carga.

EL cargador deberá exigir el certificado de lavado de la cisterna o contenedor cisterna, emitido por la empresa autorizada por la Administración Pública competente, en el que conste que la cisterna está vacía y limpia.

Figura: Estado del material a cargar y su reconocimiento
Fuente: Instrucción General nº 43, 2007, ejemplar del autor

La Instrucción General define también las obligaciones de seguridad de los participantes en el transporte de esta mercancía peligrosa y afecta al *expedidor* que tiene la obligación de remitir al transporte un producto que cumpla las disposiciones del RID especialmente que las mercancías peligrosas están clasificadas y autorizadas para el transporte conforme a dicho RID y otras.

El **transportista** debe comprobar lo que debía hacer el expedidor, verificar que las mercancías peligrosas están autorizadas al transporte conforme al RID, asegurarse de que la documentación prescrita acompañe al documento de transporte y esté encaminada, asegurarse visualmente de que el vagón y el cargamento no presentan defectos manifiestos, fugas, fisuras, falta de dispositivos de equipamiento, etc. Verificar que los vagones no están sobrecargados.

Transporte que se realiza. Datos estadísticos de los años 2005-2006

En el gráfico sectorial que se inserta a continuación, figura siguiente, podemos ver que el 45% del transporte que se realiza corresponde a hidrocarburos gaseosos en mezcla licuada y en segundo con el 30% los combustibles para motores diesel, completando el resto del transporte el alcohol etílico con un 16% y el 9 % restante cloruro de vinilo estabilizado.



Figura: Importancia cuantitativa del transporte de materias peligrosas en Renfe 2005-2006
Fuente: Instrucción General nº 43, 2007, ejemplar del autor

Si el transportista constata una **infracción** a las disposiciones del RID, no debe realizar el envío hasta la puesta en conformidad. Si mientras el envío se encuentra en ruta, llegara a producirse una infracción que pudiera comprometer la seguridad del transporte, el envío debe ser detenido lo antes posible, teniendo en cuenta los imperativos de seguridad asociados a la circulación y a la inmovilización del envío, así como a la seguridad pública, reanudándose tras su puesta en conformidad.

El *destinatario* tiene la obligación de no aplazar sin motivo justificado, la recepción de la mercancía y verificar después de la descarga, que las disposiciones que le afectan del RID son respetadas. Se incluyen también las obligaciones específicas del cargador del embalador, del cargador de cisternas llenador y del gestor de infraestructura ferroviaria.

Consejero de seguridad: toda empresa dedicada al transporte de mercancías peligrosas por ferrocarril, o a las operaciones de carga, descarga, llenado o embalaje asociadas a estos transportes, designará uno o varios Consejeros de Seguridad para el transporte de mercancías peligrosas, encargados de ayudar a la prevención de riesgos para las personas, los bienes o el medio ambiente, inherentes a estas actividades.

En el capítulo 4 se define el panel naranja cuando se transporten mercancías para las cuales en el apéndice de esta Instrucción General, se indique un número de identificación de peligro, se fijará un panel rectangular de color naranja de manera que permanezca bien visible, según las especificaciones que se indican más adelante:

“El número de identificación de peligro y el número ONU deberán estar constituidos por cifras de color negro de dimensiones y características definidas. El número de identificación de peligro para las materias de las clases 2 a 9 se compone de dos o tres cifras. En general, las cifras indican los peligros siguientes: (2) emanación de gas, resultado de una presión o reacción química, (3) inflamabilidad de materias líquidas (vapores) y gases o materia líquida susceptible de calentamiento espontáneo, (4) inflamabilidad de materia sólida o materia sólida susceptible de calentamiento

espontáneo, (5) comburente (favorece el incendio), (6) toxicidad o peligro de infección, (7) radiactividad, (8) corrosividad, (9) riesgo de reacción violenta espontánea.”

El peligro de reacción violenta espontánea en el sentido de la cifra 9 comprende la posibilidad por la propia naturaleza de la materia, de un peligro de explosión, de descomposición o de una reacción de polimerización, resultado de un desprendimiento de calor considerable o de gases inflamables y/o tóxicos. La duplicación de una cifra indica una intensificación del peligro relacionado con ella, cuando el peligro de una materia está indicado suficientemente con una sola cifra, esta cifra se completa con un cero. La figura siguiente muestra un ejemplo de panel naranja.



Figura: Ejemplo de panel naranja
Fuente: Instrucción General nº 43, 2007, ejemplar del autor

En el capítulo 5 se detalla la importancia de la documentación para el transporte y su objeto, todo transporte de mercancías peligrosas regulado por el RID, deberá ir acompañado de la documentación prescrita en el mismo. Este capítulo contiene disposiciones generales y resume las particulares de aquellos transportes más habituales.

El capítulo 6 trata de las disposiciones relativas a la carga, descarga y manipulación así como de las disposiciones generales. El interior y el exterior de un vagón o de un contenedor, debe ser inspeccionado antes de la carga, a fin de asegurarse de la ausencia de cualquier defecto susceptible de afectar a su integridad o a la de los bultos cargados. Los bultos podrán cargarse, en general, en vagones cubiertos o contenedores cerrados, en vagones o contenedores entoldados, o en vagones o contenedores abiertos sin toldo, y siempre de manera que no puedan desplazarse peligrosamente, ni se puedan volcar o caer. Cuando se requieran flechas de orientación, los bultos deberán colocarse de acuerdo con dichas marcas.

Se incluye en la instrucción las normas para la carga en común con otros bultos provistos de etiquetas de peligro distintas que no deberán cargarse conjuntamente en un mismo vagón o contenedor, a menos que la carga en común esté específicamente permitida.

Las mercancías peligrosas sólo podrán ser transportadas en trenes de mercancías, excepto aquellas que son enviadas como paquete exprés, y siempre que este tipo de transporte esté autorizado para una determinada mercancía en el RID. El transporte de mercancías peligrosas está sometido a la utilización obligatoria de un material determinado según se trate de transporte de bultos, granel o cisternas.

El capítulo 8 de la Instrucción está dedicado a las disposiciones aplicables al personal y a la circulación de los trenes, mediante prescripciones generales las cuales establecen que no está permitido utilizar ninguna fuente de ignición en las proximidades de los bultos contenedores o vagones que transporten mercancías peligrosas o las hayan transportado y se encuentren vacíos y sin limpiar.

A continuación se reproducen muy reducidas un resumen de las prescripciones de circulación es decir de aquel conjunto de normas que debe observar ADIF y RENFE en el transporte de materias peligrosas, por considerar que son importantes para dar idea concreta de las precauciones que se toman antes de expedir un tren con mercancías y de cómo se actúa en caso de accidente, figura siguiente, entre las que está que en la estación de origen del transporte el responsable de la misma entregue al maquinista del tren una ficha de seguridad donde consten los datos fundamentales que se indican respecto a las características del producto, e instrucciones en caso de anomalía o fuga del mismo.

PRESCRIPCIONES DE CIRCULACIÓN

La Empresa Ferroviaria facilitará al maquinista una FICHA DE SEGURIDAD correspondiente a la mercancía que transporte. Podrá ser requerida al expedidor, quién está obligado a facilitarla según R.D. 387/1996 de 1 de marzo (Directriz básica de Planificación y Protección Civil ante el riesgo de accidentes en los transportes de MM.PP. por carretera y ferrocarril, y que contendrá, al menos, la siguiente información:

- ✓ Número de identificación de peligro
- ✓ Número de identificación de la materia
- ✓ Denominación de la materia
- ✓ Clasificación de la mercancía según el RID
- ✓ Naturaleza de los peligros
- ✓ Normas de actuación en caso de accidente (protección personal, tipo de agente extintor, dilución o contención del derrame, etc)
- ✓ Primeros auxilios
- ✓ Teléfono de contacto del expedidor en caso de emergencia

**Figura: Prescripciones de circulación de trenes⁷¹
RENFE. Instrucción General nº 43. Materias peligrosas**

Esta prohibición es de especial aplicación en: las operaciones de carga y descarga., el depósito de los bultos y contenedores en muelles y almacenes., la detención y circulación de los vehículos en estaciones, cargaderos y plena vía, la reparación de los vehículos en el curso de transporte, los trabajos en las proximidades de la vía o en las estaciones que cuando se lleven a cabo el encargado de los trabajos, se encargará de coordinar éstos de acuerdo con el Puesto de Mando o, en su defecto, con los responsables de circulación de las estaciones colaterales, de manera que, al paso del tren no exista ninguna fuente de ignición en las proximidades teniendo en cuenta que el tajo de trabajo debe disponer siempre de un medio de comunicación.

Accidentes en trenes de materias peligrosas.

Para analizar las situaciones de accidentalidad que puede crear un tren de materias peligrosas consideraremos los criterios de clasificación que establece la Dirección de Seguridad en la Circulación de ADIF representada en la figura siguiente, una vez establecidos los distintos casos referiremos a dicha tipología un caso determinado ocurrido dentro del periodo de estudio.

⁷¹ Dirección de Protección Civil RENFE

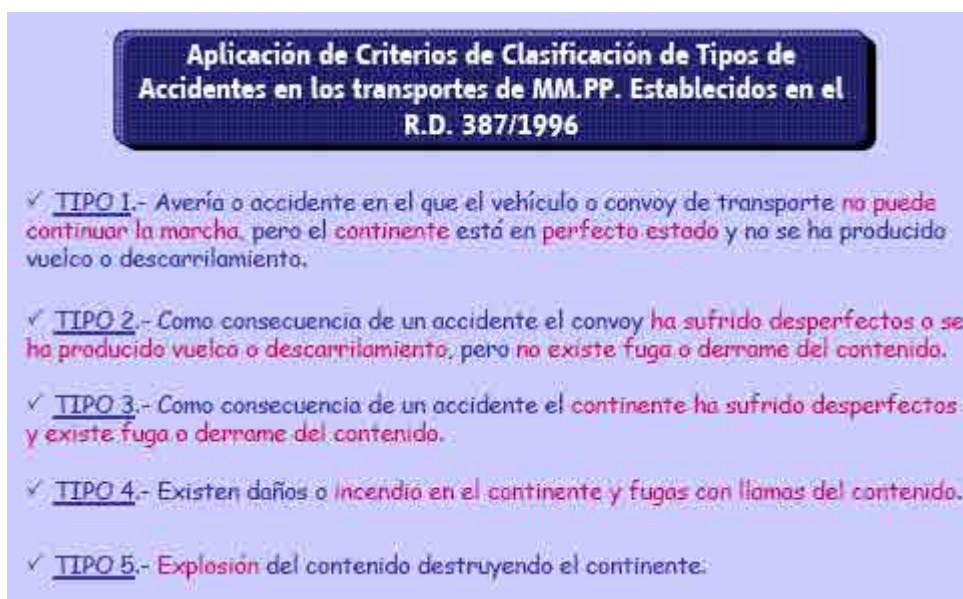


Figura: Criterios de clasificación de tipos de accidentes en transporte de materias peligrosas
Fuente: Instrucción General nº 43, 2007, ejemplar del autor

Con carácter general las medidas preventivas que están establecidas en el caso de una incidencia con materias peligrosas y que establece la Instrucción General nº 43 son las que se detallan a continuación sin perjuicio de las que puedan ordenarse por los equipos de salvamento y extinción de incendios cuando lleguen al lugar del incidente haciéndose cargo de el mismo, con la colaboración del personal De ADIF-RENFE que sea necesario prestar a requerimiento del Jefe de Salvamento y Extinción de Incendios. La figura a continuación insertada, resume las medidas cautelares en caso de accidente.



Figura: Resumen de las medidas cautelares a adoptar en caso de incidencia
Fuente: Instrucción General nº 43, 2007, ejemplar del autor

E Anejo (Capítulo 11)

Referencias a la Normativa del Sistema Electrificado de RENFE y al proceso de electrificación de las líneas.

Tabla 4: Cronología de electrificación y modernización de catenaria de líneas RENFE. (Fuente base: Federación Castellano-Manchega de Amigos del Ferrocarril (Hoja 1))

Línea o tramo electrificado	Fecha electrificación inicial
P,Cataluña a Manresa y Moncada a San Juan	2-8-1928
Ujo - Busdongo	1-1-1929
Alsasua -Irún Hendaya	7-6-1929
Ripoll-Puigcerdá	21-7-1929
Bilbao -Portugalete y Luchana Baracaldo	5-8-1933
Baracaldo Darsena del Puerto	5-8-1933
Olaveaga-La Casilla	1-7-1936
Desierto-Ortuella	22-1-1944
Madrid-El Escorial.Villalba-Avila	16-1-1944
Enlace Punta Linea Triano (Vizcaya)	7-4-1945
Cercedilla-Segovia	9-2-1946
Segovia-Hontanares	12-8-1947
Barcelona-Mataró	28-10-1948
Mataró -Arenys de Mar	20- 6-1951
Santurce-Puerto	28-12-1951
Ortuella -San Julian	9-10-1953
Torre del Bierzo-Ponferrada	10-1-1954
Reinosa -Santander	31-8-1954
León-Brañuelas	3-1-1955
Ujo-Gijón	4-1-1955
Reinosa-Alar del Rei	8-5-1955
Oviedo-Trubia	16-6-1955
León -Busdongo	23-11-1955
Villabona-San Juan de Nieva	13-12-1955
Nubledo-Trasona	27-12-1955
Quintanilla-Barruelo Santullán	27-12-1955
Martorell- Molins de Rei-Bif Bordeta	26-6-1956
Tarragona -Barcelona y Líneas de C. Antúnez	26-2-1956
Soto del Rey -Ciano Santa Ana	7-7-1956
Miranda de Ebro-Orduña-Bilbao	23-8-1956
Barcelona - Sagrera	14-12-1956
S.Vicente C. - Martorell	12-1-1957
Reus -Tarragona	12-1-1957
Tudela Veguin-Lugo de LLanera	6-9-1957
Santa Cruz de Mudela-Linares Baeza	30-9-1957

Sagrera-Montmeló	11-4-1958
Montmeló-Breda	11-4-1958
Breda-Massanet Massanas	11-4-1958
Arenys-Massanet Massanas	11-4-1958
Reus-Roda de Bara –San Vicente de Calders	1-7-1958
Leon, enlaces con Asturias	30-11-1959
Linares Baeza-Espeluy-Cordoba	23-2-1960
Alcazar de San Juan -Manzanares	30-9-1960
Manzanares –Santa Cruz de Mudela	30-9-1960
Veriña –Abroño	16-5-1961
Miranda de Ebro-Vitoria	15-12-1961
Vitoria – Alsasua	15-12-1961
Ponferrada-Monforte de Lemos	12-9-1962
Ramal de Ponferrada a Vilafranca del Bierzo	12-9-1962
Massanet Massanas - Girona	14-9-1962
Madrid –Alcazar de San Juan	13-7-1963
Girona-Llança	1-11-1963
Llança-Port Bou	1-11-1963
Port Bou-Cerbere	1- 2- 1964
Figueres – Llança 2ª via	25-9-1964
Venta de Baños – León	1-7-1965
Palencia – Alar del Rey	1-7-1965
Castillejo Añover- Toledo	13-9 -1965
Cambio tensión líneas 1500 Barcelona	18-11-1965
Avila- Venta de Baños	1-7-1966
Hontanares – Medina del Campo	15-9-1966
Atocha-Chamartin-Pinar de las Rozas	1-7-1967
Burgos –Miranda de Ebro	1-6-1968
Venta de Bañanos – Burgos	1-7-1968
Miranda de Ebro- Vitoria (2ª vía)	1-7-1969
Cambio de tensión de 1500 V. Madrid- Av. Segovia	11-4-1972
Pitis-Madrid Ch.-Vicálvaro –Sta Cat- Atocha	19-12-1972
Valencia-Tarragona	17-10-1973
Vicálvaro –Vallecas	20-12-1973
Madrid-Guadalajara	17-4-1975
Ramal Girona-Girona Mercancías	13-7-1975
Barcelona Sants-Aeropuerto del Prat	18-7-1975
Málaga-Fuengirola	31-7-1975
Manzanares –Ciudad Real	28-11-1975
Ciudad Real- Puertollano	1-12-1975
Madrid Ch. –Univ. Cantoblanco	3-12-1975
Cordoba –Sevilla	14-4-1976
Reus-Plana P.Roda B-Lérida-Zaragoza –Castejon de Ebro	30-5-1976

Silla – Valencia	10-12-1976
Espeluy – Jaen	10-12-1976
Miranda de Ebro-Castejón de Ebro	10-12-1976
Jativa -Silla	23-5-1977
Sevilla –Cadiz	28-11-1977
Castejón de Ebro –Pamplona-Alsasua	28-11-1977
Mogente – Játiva	17-3-1978
Sevilla-Huelva	28-5-1978
Alcazar de San Juan Mogente	15-10-1979
Torralba-Arcos de Jalón	22-11-1979
Zaragoza- Mora la Nueva	20-8-1980
Villaverde Bajo –Fuenlabrada	1-9-1980
Villaverde Altgo y Getafe a Badajoz	1-9-1980
Calatayud -Casetas	28-3-1981
Arcos de Jalón -Calatayud	31-5-1981
Lérida- Manresa	31-5-1981
Manzanares – Sta. Cruz de Mudela	23-5-1982
Cambio de tensión a 3000 V Miranda –Alsasua	23-5-1982
S.Vicente Calders –Molins de Rey 2ª via	26-9-1982
Cambio de tensión a 3000 V Alsasua - Hendaya	29-5-1983
Cabañal – Puzol	25-10-83
Arcos de Jalón -Ariza	18-12-1984
Silla - Ford	16-4-1985
Torralba – Arcos de Jalón	15-6-1985
Sigüenza - Torralba	19 -9-1985
Ariza – Alhama de Aragón	18-12-1986
La Encina -Alicante	30-5-1987
Ateca - Calatayud	30-7-1987
Minas del Marquesado - Almeria	15-5-1988
Bifurcación Fuencarral	8-10-1988
By pass de Pinar de las Rozas	15-11-1988
Ciudad Real-Miguelturra-Puertollanol	27-1-1992
Puertollano-Refineria	25-4-2002

F Anejo (Capítulo 12)

1 Estudio individual de cada pieza de electrificación de avería repetitiva

Grifas

Su función en la catenaria. Es suspender con ayuda de una péndola a caballo del sustentador las piezas que existen para pinzar el hilo de contacto en dos entallas laterales que le habrán de mantener a una altura lo más constante posible del plano de rodadura.

Conjunto péndola corta ≈ 600 mm.

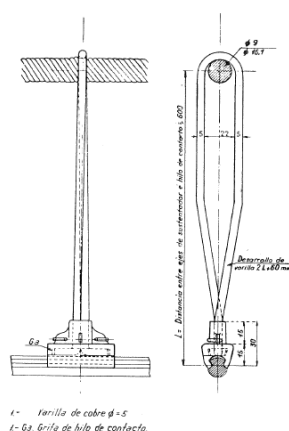


Fig. E.1 Conjunto de sustentador, péndola, grifa e hilo de contacto

La actuación sobre este tipo de grifa que era de bronce al aluminio fue sustituirla por otro tipo de cobre al níquel-silicio con lo que además de aumentar su resistencia mecánica se aumentó su conductibilidad eléctrica resolviendo el problema, con la sustitución de las grifas.

2 Estudio de las averías que se producían y resultado del estudio

En la figura siguiente, podemos ver en alzado y en sección las características de una catenaria ordinaria formada por el sustentador en la parte superior, cable de cobre de 153 mm² de sección el cual suspende una péndola que es la que a su vez mediante la pieza en forma de pinza llamada grifa, sujeta el hilo de contacto. La grifa tiene dos partes sujetas por un tornillo pasante y una tuerca que abrazan el hilo de contacto de cobre y 107 mm² de sección con forma de 8 para facilitar la sujeción del mismo más arriba de su diámetro horizontal

5 Conjuntos de giro de ménsulas

Su función en la catenaria. Permitir el giro de la ménsula a un lado o a otro teniendo como eje de giro un soporte fijado al poste que permita el seguimiento de los desplazamientos del hilo de contacto y sustentador por dilatación o contracción del mismo.

Esta pieza que originalmente tenía una resistencia al giro de la ménsula a ambos lados de la misma para adaptarse a las dilataciones y contracciones de la catenaria se rediseño con objeto de facilitar notablemente la articulación de la ménsula, consiguiendo una correcta adaptación a los giros requeridos mejorando considerablemente su rendimiento.

Seccionamiento de lámina de aire de catenaria

Su función en la catenaria es dividir tramos contiguos de catenaria a efectos de regulación de la tensión mecánica o eléctrica.

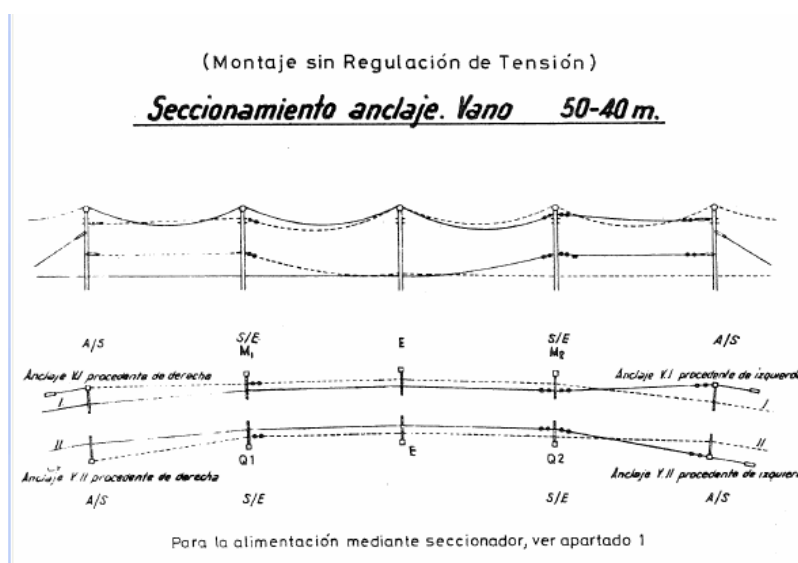


Fig. E3 Averías en seccionamientos

6 Estudio de las averías que se producían, resultado del estudio y actuaciones

En estos seccionamientos donde las catenarias se elevan bruscamente para ir a su anclaje en el poste correspondiente y la siguiente también descendía bruscamente provocando pérdidas de contacto del pantógrafo y generando arcos con riesgo de corte del hilo de contacto se suavizaron las pendientes evitando los despegues.

7 Aisladores de sección

Su función en la catenaria. Este equipo se utiliza para separar eléctricamente unas vías de otras con objeto de poder independizar sus alimentaciones y formar circuitos eléctricos independientes, es decir, lo que se denomina paquetes de vías. Sus partes principales son los deflectores, aisladores, cuernos apagachispas y grifas de unión con los hilos de contacto

La actuación realizada en este elemento fue eliminar la variedad de modelos existente homologar el mejor rediseño. redactando al propio tiempo una nueva norma más restrictiva

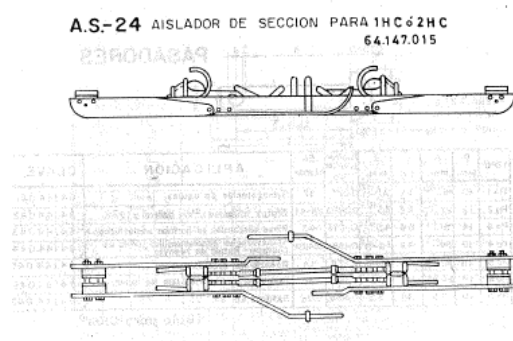


Fig. E4 Averías en aisladores de sección

Estudio de las averías que se producían, resultado del estudio y actuaciones

Los aisladores de sección deben tener unas determinadas características como son

- soportar las tensiones mecánicas de las catenarias donde están intercalados
- ligereza
- capacidad de disipar la energía del arco eléctrico
- elementos resistentes a los arcos
- facilidad de nivelación
- distancia de aislamiento adecuada a los tipos de pantógrafo que circulan por la Red

La actuación realizada fue eliminar la gran variedad de los existentes homologando uno nuevo que cumpliera correctamente las condiciones mencionadas y estableciendo una nueva Norma.

8 Aisladores de sustentación .Su función en la catenaria.

Como los conductores de la catenaria en general son desnudos, precisan estar aislados de la tierra del sistema para evitar derivaciones recurriendo para ello a los aisladores que pueden ser de distintos tipos como porcelana, vidrio, resina, exposi, teflón, composite etc. Estos materiales deben cumplir la Norma UNE 21-110-82 para tensiones superiores a 1000 voltios.

Se cambió el tipo de aislador para evitar el desprendimiento por defecto de pegado con la parte aislante y se aplicó otra modalidad que evitaba este defecto.

En los estudios efectuados con motivo de las averías repetitivas destacaba negativamente el aislador A 11 espirelec que soportaba el brazo de atirantado y sufría continuas tracciones y compresiones en el herraje terminal de anclaje a la ménsula por una parte y al brazo propiamente dicho por otra siendo necesaria una nueva concepción de la pieza y del pegado aislador –espárragos de tracción



Fig. E 5 Averías en aisladores de sustentación

Nuevo diseño y utilización de modelos de aislador unidos a una nueva normativa técnica de recepción y una gran exigencia en los ensayos dieron paso a la solución del problema de aisladores. A título de ejemplo la Dirección cito como dato de magnitud que en 3 años de los 90 se cambiaron 200.000 aisladores.

Los ensayos a realizar con la exigencia estricta de la Norma vigente vienen agrupados en tres grupos, el primero está destinado a comprobar las características del aislador que solamente depende de la forma y dimensiones, ensayos de tensión en seco y bajo lluvia.

El segundo grupo integra los ensayos que tienen por objeto comprobar la calidad de los materiales empleados, ensayos de resistencia, mecánicos, destrucción electromecánica, perforación.

El tercer grupo está destinado a eliminar los aisladores que presenten defectos de fabricación. Ensayos mecánicos, de alta frecuencia y frecuencia industrial.

9 Estudio de las averías que se producían, resultado del estudio y actuaciones

Como resultado de los análisis de múltiples averías y experiencias realizadas se decidió suprimir las conexiones equipotenciales y sustituirlas por péndolas equipotenciales que, una vez resueltos los problemas que daban las grifas dejaron de producirse averías por dicha causa.

Averías en los descargadores de antenas

Es una protección de la línea catenaria frente a sobrecargas atmosféricas.



Fig. E. 6 Descargador de antenas

En los estudios realizados se constató que la disposición inicial de las antenas en forma de embudo hacia arriba, una sección estrecha y después unas antenas divergentes cebaba el arco y no producía el efecto de soplado y extinción deseados. La nueva disposición abriéndose las antenas desde la base en forma divergente resolvió el problema.

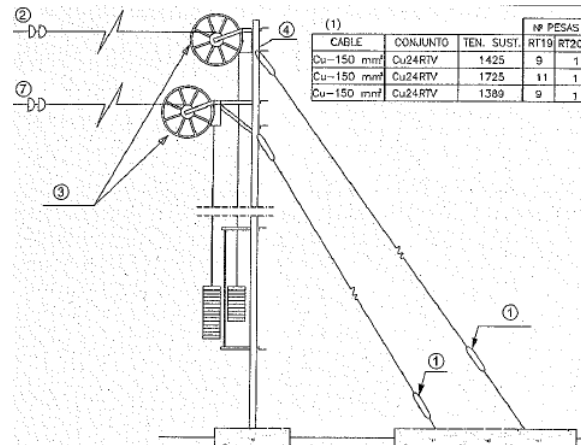
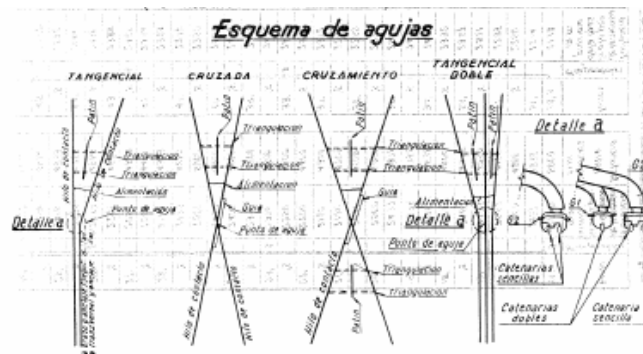


Fig. E. 7 Sistema de regulación automática de la tensión de catenaria

Hilos de acero daba lugar a roturas, con el consiguiente aumento de la tensión de trabajo de los hilos no rotos y finalmente la rotura de estos. Después de la realización de pruebas y ensayos se llegó a la conclusión de que engrasando el cable deslizaban mejor los hilos componentes unos sobre otros permitiendo el deslizamiento entre ellos y evitando roturas.

Nuevos tipos de agujas aéreas cruzadas



Nueva distribución del pendolado

Un estudio de cada vano relacionando la elevación del hilo de contacto en función de la distancia entre péndolas permitió determinar la distancia óptima entre estas y mejorar el contacto con el pantógrafo.

Barcelona septiembre de 2013.