

Las implementaciones de sistemas de gestión de tráfico y la seguridad en la circulación entre 1975 y 2009

Contribution to the implementation of technological innovations in improving the security of Spanish rail system

José Perlasia Giol (*)
Ingeniero Industrial

Resumen

En el transporte de viajeros y mercancías por ferrocarril, la seguridad en la circulación es el factor de calidad más importante para la sociedad en general, para los gobiernos de los países y para los gestores de este medio de transporte.

En la evolución del ferrocarril en España desde 1948 hasta nuestros días ha tenido una evolución espectacular y muy especialmente desde el año 1975 en cuyo periodo de casi 40 años ha cambiado totalmente el sistema de gestión de la circulación pasando desde recaer casi toda la responsabilidad en el factor humano y en multitud de normas a la implantación de mando y control así como la señalización basada en modernos sistemas de gestión de la circulación que han permitido que el total de accidentes anuales registrados haya disminuido de una manera espectacular y muy especialmente los relacionados con colisiones de trenes que es una de las clases de accidente cuyas consecuencias revisten la mayor gravedad por su afectación a las personas y a los bienes del ferrocarril.

El presente artículo tiene por objeto exponer resumidamente cual ha sido la evolución de los sistemas de bloqueo de trenes, de su movimiento dentro de las estaciones, cuales han sido los medios técnicos empleados y los sistemas de seguridad para prevenir el fallo humano así como la implementación de modernos sistemas de gestión de tráfico centralizado que independizan y reducen notablemente el riesgo de fallo humano

Al propio tiempo el artículo presenta dos gráficos fundamentales, el primero relativo a la evolución del total de accidentes de circulación en los 40 años citados y en particular del de colisiones y el segundo que refleja en las distintas fases de dicho periodo como se ha producido la relación de causa-efecto entre la implementación de dichos medios y la reducción correspondiente, hecho que ha sido posible gracias a sofisticados sistemas de bloqueo, de enclavamientos, de ayudas a la conducción como el ASFA, de comunicaciones por radiotelefonía y del control de tráfico centralizado.

La exposición y el análisis se centran exclusivamente en los ferrocarriles españoles de ancho ibérico (1,668 m) y en el periodo 1975-2009 con independencia de la Alta Velocidad que no es objeto del artículo.

Palabras clave: Nivel de seguridad ferroviaria, Bloqueo de trenes, Innovación técnica, ASFA (aviso señales, frenado automático), Momento de paso a nivel, Alabeo de vía, Bloqueo automático banalizado, Defecto de nivelación de vía, Enclavamiento, Control de tráfico centralizado, Implementar, Reducción de accidentes, Índice de frecuencia, Sistema ferroviario, Fallo técnico, Reducción de accidentes, Índice de frecuencia, Sistema ferroviario, Fallo técnico, Factor humano, Colisión de trenes, Radiotelefonía de trenes.

* jperlasia@telefonica.net

Abstract

At the same time the in the carriage o passengers and good by rail, traffic safety is most important quality factor for society in general, for governments of the countries and to the managers of this transport.

In the evolution of the railway in Spain from 1848 to today has evolved dramatically and especially since 1975 during which time nearly 40 years has completely changed the management system circulation going from putting almost all the responsibility on the human factor in many implementation rules to the command and control modern signalling systems based on traffic management that have allowed total crashes reported annually has decreased in a spectacular way and especially those related to collisions train which is a class of accident whose consequences are of the utmost gravity for her involvement with the persons and property of the railroad.

This article aims to briefly explain what has been the evolution of locking systems train their movement within the stations which have been the technical means and security systems to prevent human error and the implementation of modern traffic management systems and centralized independent in markedly reduce the risk of human error.

Fundamental paper presents two graphs, the first concerning the evolution of all traffic accidents in the 40 years cited in particular collision and the second reflecting the different stages of that period as has occurred cause-effect relation ship between the implementation of the media and the corresponding reduction, witch has been made possible by sophisticated locking systems ,interlocks , of driving aids such as ASFA radio communications and centralized traffic control.

The discussion and analysis focus exclusively on Spanish railways Iberian gauge (1,668 m) and the period from 1975 to 2009 regardless of the high speed is not the subject of the article.

keywords: Level of railway safety, Block system trains, Innovation technical, Notice automatic braking signals, Moment of level crossing, Track twist, Automatic block banal, Leveling defect track, Interlocking, Centralized traffic control, Implementing, Accident reduction, Frequency index, Railway system, Technical failure, Human factor, Train collision, Radiotelephone of trains.

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 artículo 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 RENFE¹ 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 e párrafo anterior.

Estos sistemas o acantonamientos 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

¹ 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.

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 sustituido por control de tráfico centralizado, bloqueo por radio, sistema de contador de ejes.



Fig. 1 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 2)



Fig. 2 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 3.

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 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.

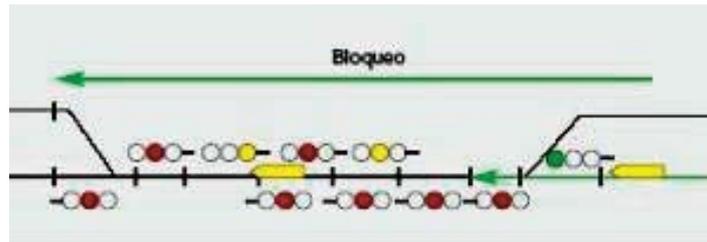


Fig. 3 Esquema de trayecto con Bloqueo automático en vía única²
Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

El control físico de este primer CTC en España estaba ubicado en Ponferrada y queda reflejado en la siguiente fotografía. Figura 4



Fig. 4 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 5. En España se inició su aplicación en el entorno de Madrid y Barcelona hacia 1922.

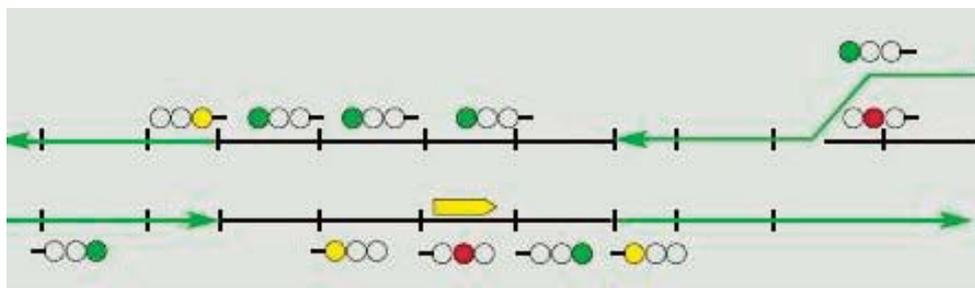


Fig. 5 Esquema de trayecto con Bloqueo automático en doble vía
Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

² Fuente Análisis de Mecánica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI. Los trenes circulan aun por la izquierda.

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 (bloqueos automáticos en vía única) paralelos y puede estar gestionado también por un Jefe de Control de Tráfico Centralizado. En la figura 6 podemos ver su característica de señalización en línea del BAB

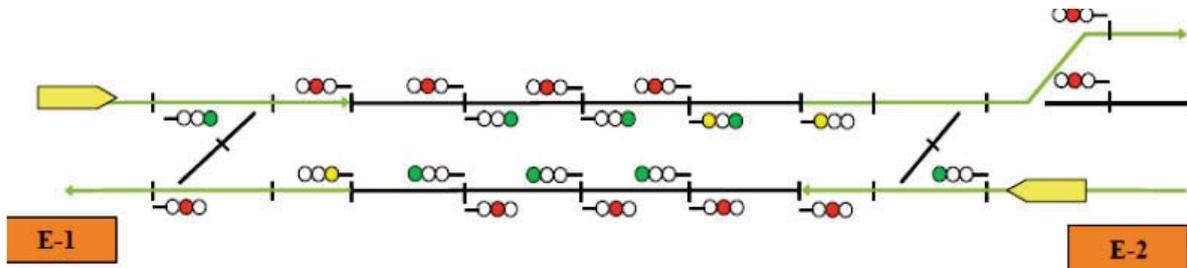


Fig. 6 Esquema de trayecto con Bloqueo automático banalizado³
Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

El esquema de la figura 6 se corresponde, funcionalmente, con la fotografía de la figura 7 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.



Fig. 7 Vista de un de trayecto con bloqueo automático banalizado
Fuente: Internet. Señalización ferroviaria

³ Fuente Análisis de Mecánica y Electricidad. Revista de los Ingenieros de ICAI.

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 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.

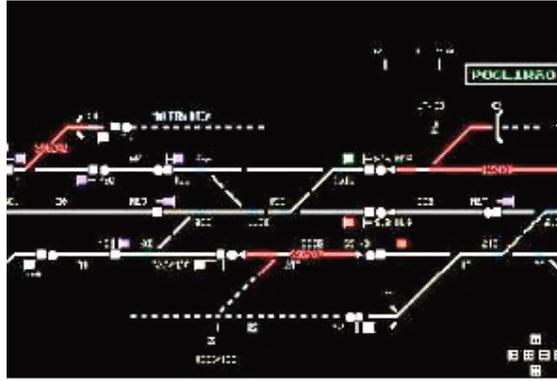


Figura 8 Pantallas CTC que registran posición de trenes y los envíos de órdenes
Fuente: Elaboración propia del autor Manual de circulación. Bloqueo de trenes

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 9 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 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 10 podemos ver una sala de CTC de ADIF en Barcelona.



Figura 9 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.

3. Separación mínima entre dos trenes consecutivos

En la figura 14.3.10 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. 10 Separación mínima de dos trenes consecutivos
Fuente: Elaboración propia del autor

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 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 11, podemos ver el pupitre de conducción de una locomotora con el panel de mandos de ASFA en la parte central.



Figura 11. El ASFA en el pupitre de conducción
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.



Figura 12. Baliza en la caja de la vía⁴
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 13 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 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”.

⁴ Fuente: del Fascículo de ASFA, que forma parte del Manual de Circulación de ADIF.



Fig. 13. Pupitre de locomotora con ASFA DIGITAL⁵
Fuente: ASFA.Declaración Red .ADIF

Esta primera fase no exige que ADIF efectúe modificaciones en los equipos de tierra. En la figura 14 podemos ver una señal de paso a nivel dotada de ASFA.



Figura 14. Señal de PN dotada de ASFA⁶
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 Línea de Moncada Bifurcación a Ripoll. Archivos de servicio del Autor.

⁶ Línea de Moncada Bifurcación a Ripoll. Archivos de servicio del Autor.

5. 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 15 pueden verse imágenes de la evolución de los sistemas de enclavamientos:

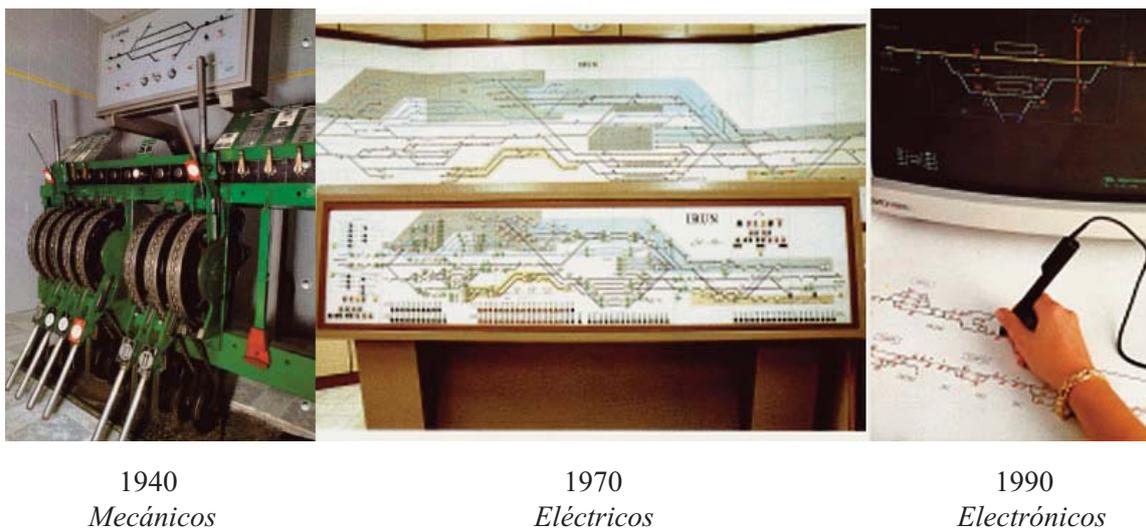


Fig. 15. Evolución de los enclavamientos y sus mesas de control⁹
Fuente: Elaboración propia del autor con imágenes del Manual de Circulación de RENFE

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

⁹ Manual de Circulación de RENFE.

- 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 16, 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

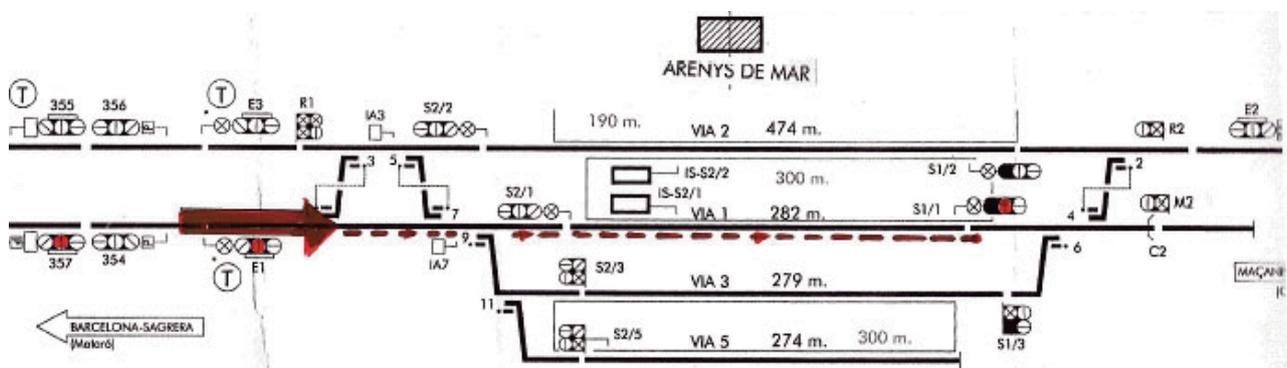


Fig. 16. Esquema de una estación con señalización y enclavamiento

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.

6. 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 17 podemos ver un esquema de la banda de regulación.

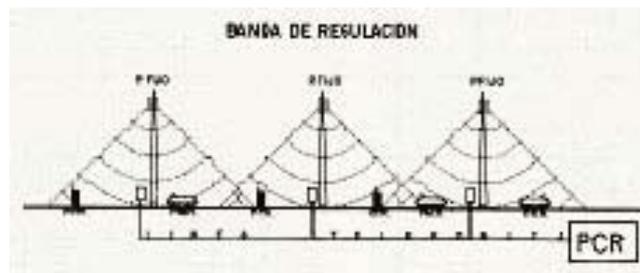


Fig.17 Banda de regulación

Fuente: Manual de Circulación de RENFE. Radiotelefonía de trenes

En la figura 18 la pantalla de comunicación ubicada a la izquierda del pupitre de conducción con sus pulsadores de acción rápida para cada función



Fig. 18. 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.

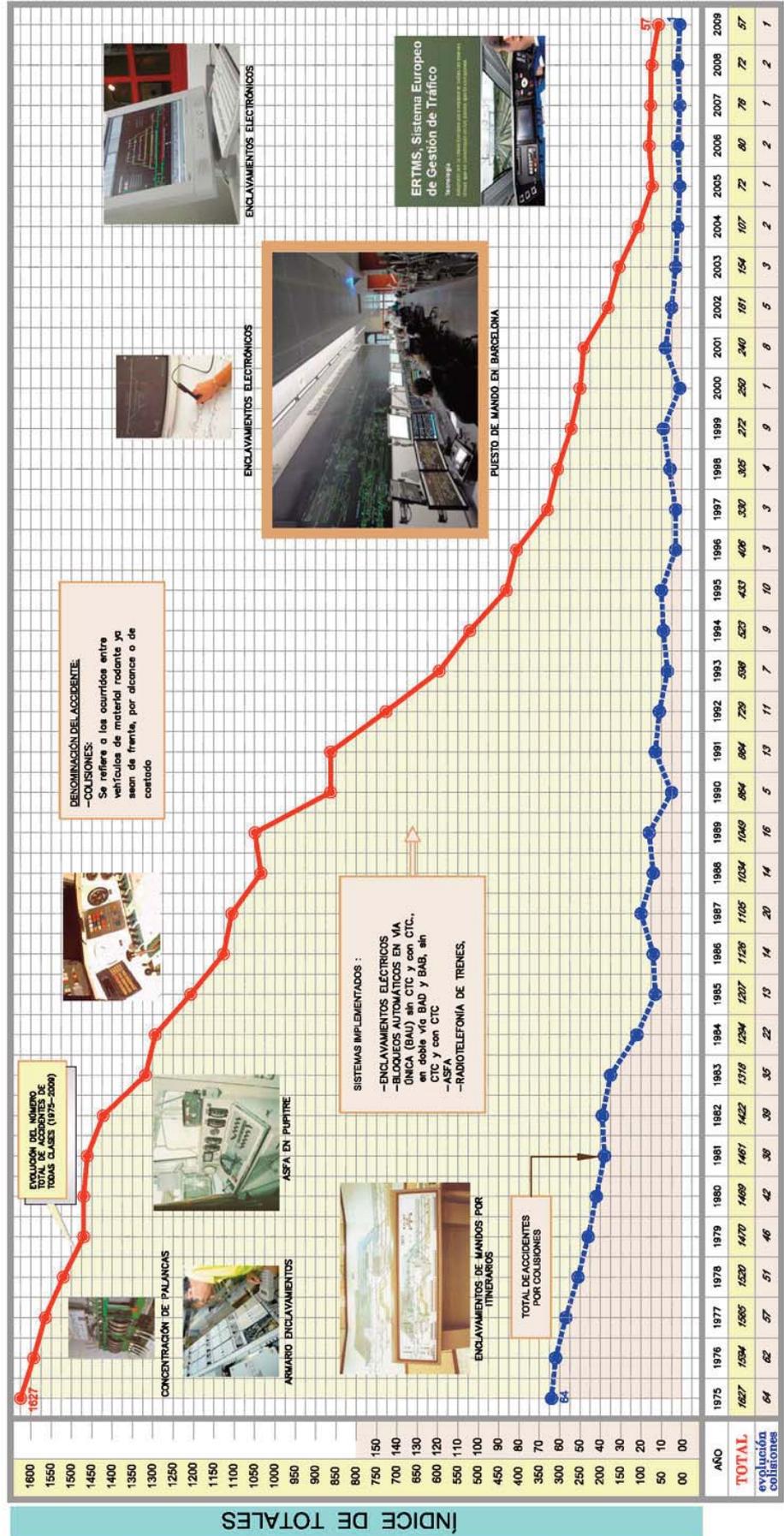
7. Evolución del número total de accidentes por colisiones

Representamos en una gráfica cuyo título es EVOLUCIÓN DEL NÚMERO TOTAL DE ACCIDENTES POR COLISIONES, GR-6, 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 (0-1600) 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



8. 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
- El 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 las tablas 1 y 2.

Tabla nº 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 BOURÉ	468	317	272	48	
ENCLAVAMIENTO MECÁNICO	391	286	203	109	
ENCLAVAMIENTO HIDRODINÁMICO	8	6	3	1	
ENCLAVAMIENTO ELÉCTRICO	182	441	660	477	
ENCLAVAMIENTOS ELECTRÓNICOS	0	37	43	544	
BLOQUEO TELEFÓNICO Kms	8.165	5.951	4.699	2.543	
BLOQUEO ELÉCTRICO MANUAL Kms	2.194	912	847	97	
BLOQUEO AUTOMÁTICO Kms	568	1.835	1.665	247	Fuente: Adif. Declaración 2008 Fuente: Memoria Renfe 1985
CONTROL TRÁFICO CENTRALIZADO (CTC) Kms	1.178	2.493	3.980	8.304	Fuente: Adif. Declaración 2008
ASFA (Inicio en 1978) Kms de línea	0	6.030	7.958	10.165	Fuente: Adif. Declaración 2008
RADIOTELEFONÍA DE TRENES (Inicio en 1978)	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	

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.
- 8.165 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.

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.

9. 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.

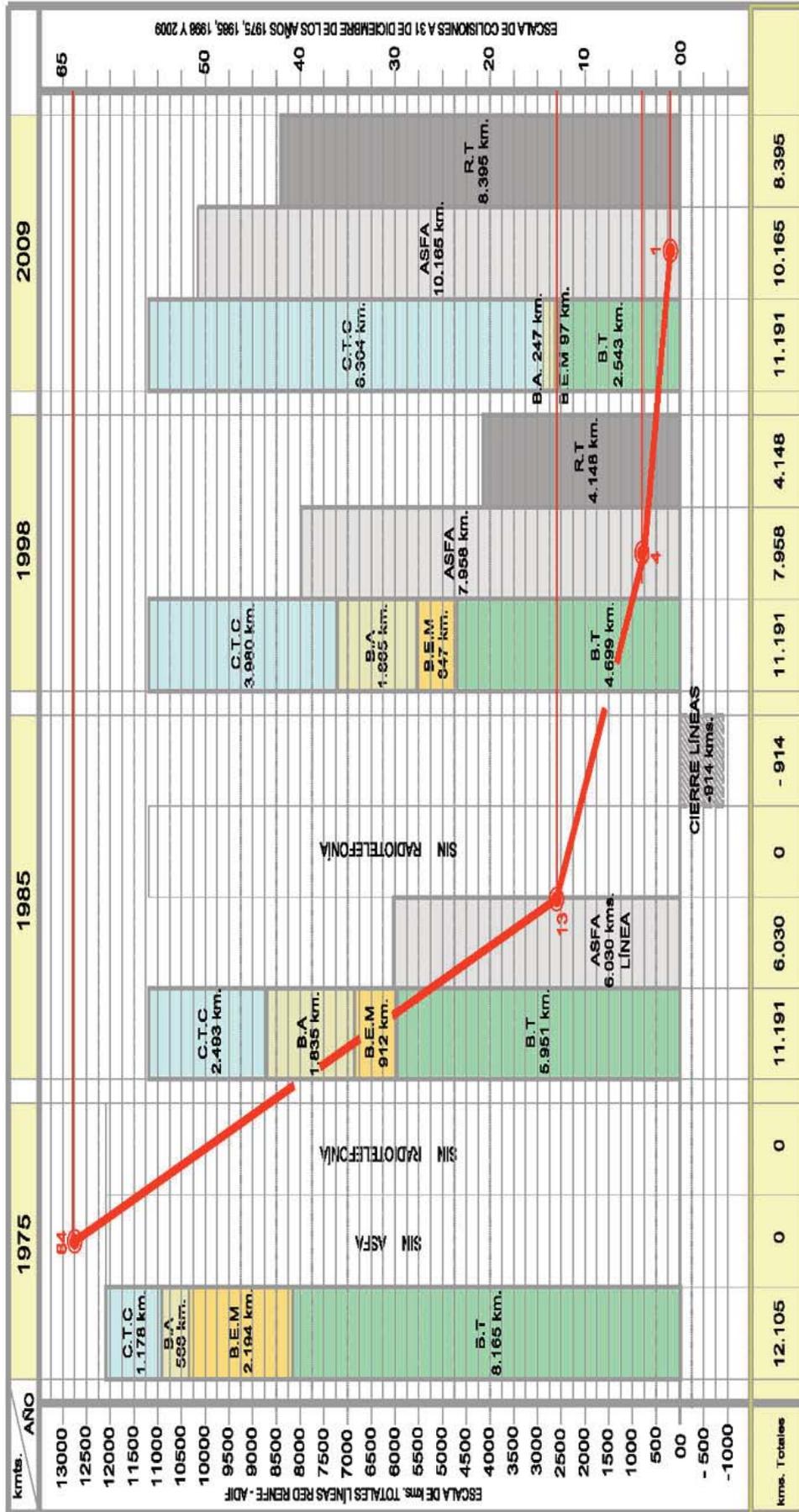
En la barra de izquierda se representan cada uno de los sistemas de bloqueo existentes mediante tramos con iluminados con distintos colores y podemos ver como en 1975 predomina mayoritariamente el bloqueo telefónico y apuntan los automáticos (bloqueo eléctrico manual BEM, bloqueo automático BA y CTC 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 de el 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



10. 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 nº 2. Evolución de los enclavamientos en estaciones

INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	1975	1985	1998	2009	Observaciones
SIN ENCLAVAMIENTO	620	476(1)	234	97	
ENCLAVAMIENTO BOURÉ	468	317(1)	272	9	
ENCLAVAMIENTO MECÁNICO	391	286(1)	251	181	
ENCLAVAMIENTO HIDRODINÁMICO	8	6	3	1	
ENCLAVAMIENTO ELÉCTRICO	182	441	660	524	
ENCLAVAMIENTOS ELECTRÓNICOS	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 Bouré 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.

11. 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 medios tan anacrónicos como los teléfonos de 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 para seguridad en la circulación.

Referencias bibliográficas

- [1] DENOMINACIÓN DE LAS CLASES DE ACCIDENTES FERROVIARIOS [RENFE (1997)]. Norma Técnica de Tratamiento de Accidentes de Circulación. Dirección de Inspección y Seguridad de RENFE
- [2] EL SISTEMA ASFA (AVISO DE SEÑALES Y FRENADO AUTOMÁTICO). Manual de Circulación RENFE anejo al REGLAMENTO GENERAL DE CIRCULACIÓN.
- [3] FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES 1995. 150 AÑOS DE HISTORIA DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES. ISBN de RENFE. Fundación de los Ferrocarriles Españoles. ISBN 84-88675-57-7
- [4] FUNDACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES. OBRAS PÚBLICAS EN CATALUÑA. PRESENTE, PASADO Y FUTURO. 2003. Fundación de los Ferrocarriles Españoles
- [5] JEAN ALIAS Y ANTONIO VALDÉS. 1990. La vía del ferrocarril. Librería Editorial Bellisco Madrid. ISBN 84-85198-43-3.
- [6] 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
- [7] LEY DE BASES DE ORDENACIÓN FERROVIARIA Y DE TRANSPORTES POR CARRETERA DE 24 DE ENERO DE 1941.

- [8] LIBRO BLANCO DE TRANSPORTES. MINISTERIO DE TRANSPORTES 1987
- [9] LÓPEZ PITA A. 2004. FERROCARRIL, INGENIERÍA Y SOCIEDAD. Real Academia de Ingeniería. Madrid ISBN 84-95662-23-X
- [10] LÓPEZ PITA A 2006 a) INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS. 2006. Ediciones UPC. Cení. ISBN 2006- 25777
- [11] LÓPEZ PITA A 2006 b) LA EXPLOTACIÓN FERROVIARIA. Explotación convencional en ancho IBERICO
- [12] LÓPEZ PITA A, MANTENIMIENTO DE VÍA. INFRAESTRUCTURAS FERROVIARIAS. Ediciones UPC 2006.c) Producción Comgrafic S.A., I.S.B.N.:25577-2006
- [13] 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
- [14] LOZANO P. EL LIBRO DEL TREN. Fundación de los Ferrocarriles Españoles. I.S.B.N. 84-96.052-84-2
- [15] OLIVEROS RIVES F.1980 a) TRATADO DE EXPLOTACIÓN DE FERROCARRILES. Tomo I Planificación.
- [16] OLIVEROS RIVES F.1980 b). MADRID. LA VÍA. Editorial Rueda. I.S.B.N.: 84-7207-005-0
- [17] OLIVEROS RIVES F.1983, TRATADO DE FERROCARRILES INGENIERÍA CIVIL E INSTALACIONES. Editorial Rueda
- [18] PONCE DE LEÓN, FERNANDO .2011. UNIVERSIDAD DE COMILLAS. LOS SISTEMAS DE CONTROL DE TRÁFICO Y SEÑALIZACIÓN. ISBN
- [19] 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).
- [20] PLAN DE MODERNIZACIÓN DE RENFE 1964-1973
- [21] PLAN RENFE 1972.1975
- [22] PLAN GENERAL DE INSPECCIÓN Y SEGURIDAD 1992. RENFE. DIRECCIÓN GENERAL DE INFRAESTRUCTURA.
- [23] 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.
- [24] 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.
- [25] REAL DECRETO 780/2011 DE 1 DE AGOSTO
- [26] 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.

[27] 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.

[28] RENFE .1982. a, MANUAL DE CIRCULACIÓN. DIRECCIÓN DE TRANSPORTES, comprendiendo los fascículos Semibarreras automáticas, ASFA, Enclavamientos, Bloqueos, Radiotelefonía.

[29] RENFE. 1982. b, NORMA TÉCNICA DE ACCIDENTES DE CIRCULACIÓN, ACCIDENTES DE PERSONAS Y AVERÍAS E INCIDENCIAS. Dirección de Reglamentación y Seguridad. RENFE. 1982

[30] REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS. 1965 agosto. PLAN DECENAL DE MODERNIZACIÓN

[31] 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.

[32] RENFE-ADIF .SEÑALIZACIÓN FERROVIARIA .Documentación interna

[33] 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.

[34] TABLA Nº 3 [ARQUES J.L.(2007)]QUE SINTETIZA LOS CRITERIOS DE LA ORDEN DEL 2-8-1981 indicando para cada clase.