

LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA EN EL FERROCARRIL A PARTIR DE 1941

Prof. Dr. Ing. A. López Pita
Catedrático de Ferrocarriles
Universidad Politécnica de Catalunya

1. INTRODUCCIÓN

Desde la creación de RENFE en 1941 hasta el momento actual, 1998, han transcurrido más de 50 años. La sola mención de este período temporal invita a pensar en la dimensión de la evolución tecnológica experimentada por el ferrocarril en general como modo de transporte y por el ferrocarril español de forma específica.

Por otro lado, cabe recordar que el sistema ferroviario está formado por un conjunto de subsistemas entre los que destacan: la infraestructura, las instalaciones fijas de vía, la señalización, la comunicación o la electrificación, la tracción, el material remolcado de viajeros y mercancías, el material autopulsado y las instalaciones terminales de viajeros y mercancías.

Abordar de forma individualizada la evolución tecnológica que ha tenido lugar en cada uno de los citados subsistemas, supera ampliamente lo que puede ser el objetivo habitual de una comunicación. Además resultaría una exposición que estaría carente de un hilo argumental que enlazase los progresos experimentados en los referidos subsistemas.

En consecuencia hemos optado, para nuestra intervención, por partir de la premisa siguiente como hilo conductor: la evolución tecnológica que ha tenido el ferrocarril es el resultado de la búsqueda de una oferta de la mayor calidad posible al menor coste.

La calidad de la oferta, limitada al ámbito de los servicios de viajeros, siguiendo a FELICI et al. (1992) viene configurada básicamente por los parámetros indicados en el cuadro 1.

Cuadro 1

PRINCIPALES PARÁMETROS QUE CONFIGURAN LA CALIDAD DE LA OFERTA EN LOS SERVICIOS DE VIAJEROS POR FERROCARRIL

Tiempo de viaje	Relacionado con la velocidad comercial
Frecuencia de servicios	Número de servicios por día y por sentido. Distribución horaria
Confort	Espacial, acústico y ambiental
Fiabilidad	En el cumplimiento de los horarios y de las prestaciones ofrecidas
Seguridad	Ausencia de incidentes y accidentes

Fuente: Elaboración propia a partir de FELICI et al. (1992)

La exposición tratará de mostrar como el ferrocarril ha tratado de dar respuesta a la necesidad de reducir el tiempo de viaje en sus principales relaciones mediante la

evolución tecnológica en los ámbitos que determinan la factibilidad de circular a mayor velocidad.

2. EL TIEMPO DE VIAJE COMO VARIABLE ESENCIAL EN LA ELECCIÓN MODAL.

Ha transcurrido ya algún tiempo desde que los análisis realizados en los principales países pusieron de manifiesto la importancia atribuida por los viajeros, especialmente en los desplazamientos interurbanos, a los distintos factores que intervienen en la decisión de optar por uno u otro modo de transporte.

Es indudable que la rapidez constituye, como es bien conocido, uno de los mayores atributos que un modo de transporte puede tener, pero no cabe olvidar que junto a él, otros factores juegan también un papel relevante en la toma de decisiones.

El ferrocarril, en cada país, ha tratado, en función de sus posibilidades de presentar en algunos corredores, los de mayor demanda global, una oferta atractiva para constituir una alternativa de elección respecto al resto de modos.

De forma concreta, el cuadro 2, muestra los tiempos de viaje ofrecidos por el ferrocarril español en algunas relaciones radiales y transversales, en el período 1944-1997.

Cuadro 2
TIEMPOS DE VIAJE POR FERROCARRIL EN ALGUNAS
RELACIONES ESPAÑOLAS EN EL PERÍODO 1944 –1997

RELACIÓN DESDE MADRID CON (km)	AÑO					
	1944	1960	1970	1981	1986	1997
Barcelona (692)	14h 40'	9h	8h 30'	8h	6h 50'	6h 35'
Valencia (494)	10h 15'	6h 30'	6h 05'	4h 48'	4h 30'	3h 43'
Coruña (737)	20h 15'	12h 30'	10h	9h 45'	8h 50'	8h 50'
RELACIÓN DESDE BARCELONA CON (km)	AÑO					
	1944	1960	1970	1981	1986	1997
Valencia (369)	9h 45'	5h 40'	4h 40'	4h	3h 53'	2h 55'

Fuente: Elaboración propia años 1986 y 1997. Resto de datos tomados de

De manera sintética puede decirse que en este espacio temporal, el tiempo de viaje se redujo en más del 50% y en determinados trayectos se quedó en un tercio del existente hace más de 50 años.

¿Cómo fueron posibles los logros mencionados? Gracias a la evolución tecnológica experimentada tanto en el ámbito de la vía como del material y de las instalaciones de seguridad. Veamos algunos aspectos de los mencionados progresos.

3. LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA NECESARIA PARA VELOCIDADES MÁXIMAS DE 160/200 km/h

Un rápido cálculo a partir de los tiempos de viaje indicados en el cuadro 2 y de las respectivas distancias, pone de relieve la obtención de velocidades comerciales comprendidas entre 80 km/h y 130 km/h. Si se tiene en cuenta que esta prestación representa, en general, el 80% de la velocidad máxima practicada en circulación, se deduce la necesidad de obtener velocidades punta por encima de los 160 km/h.

¿En qué forma el ferrocarril ha hecho factible dichas prestaciones?.

Por lo que respecta a la vía, introduciendo carriles de 54 kg/ml o 60 kg/ml, frente a los de 45 kg/ml, existentes con anterioridad, incorporando traviesas de hormigón frente a las traviesas de madera, y, finalmente, utilizando sujeciones elásticas que permitan soldar el carril, en sustitución de la primitiva vía con juntas.

En cuanto a la sustitución de las traviesas de madera por traviesas de hormigón, el ferrocarril español incorporó en 1956, las denominadas traviesas RS, constituidas por dos dados de hormigón. A finales de la década de los años 70, RENFE, comenzó a utilizar traviesas de hormigón monobloc de características análogas a las empleadas por los ferrocarriles alemanes.

En síntesis puede decirse, que la consideración conjunta de la evolución tecnológica experimentada por los componentes de la superestructura ferroviaria permitió la generalización del carril continuo soldado, afectando de forma muy notable, en términos positivos, al confort del viajero y a la reducción de los gastos de conservación de la vía, al eliminar las tradicionales juntas con bridas.

Es importante destacar la gran evolución experimentada por la maquinaria de conservación de vía. Se recuerda como de las primeras bateadoras de finales de los años 40, con rendimientos de 200 metros/hora, se logró pasar ya a mediados de los años 70, a rendimientos diez veces superiores. Desde el punto de vista de la reducción de costes de conservación de la calidad geométrica de la vía, la progresiva sustitución de los trabajos manuales, por trabajos mecanizados, hizo posible una disminución del 90% de las horas-hombre necesarias por kilómetro de vía, en el período 1950-1985.

Por lo que respecta a la señalización, el hecho quizás más destacable fue la progresiva sustitución de la señalización mecánica por la señalización luminosa, consiguiendo de este modo una mayor fiabilidad y seguridad en la explotación.

El progreso experimentado en este ámbito ha sido muy importante, dado que como puede observarse en el **cuadro 3**, en 1997 se disponía del 48% de la longitud de la red equipada con Bloqueo Automático o CTC.

Cuadro 3
EVOLUCIÓN DEL BLOQUEO AUTOMÁTICO
Y DEL C.T.C. EN RENFE 1941 – 1997

AÑO	Longitud de la red dotada de bloqueo Automático ó C.T.C.
1941	-----
1970	15,5%
1975	23,1 %
1985	34%
1990	35,8%
1997	48%

Fuente: Datos tomados de MUÑOZ RUBIO (1995) y RENFE (1997)

La relativamente reciente introducción de composiciones circulando a 200 km/h por algunas secciones de la red existente, determinó la incorporación de nuevas luces en la señalización, el verde centelleante, con objeto de disponer de distancia de frenado suficiente para las referidas composiciones, sin necesidad de modificar la distancia existente entre las señales ya establecidas (*fig. 1*).

En paralelo a la evolución tecnológica indicada para la vía y las instalaciones de seguridad, cabe situar el avance experimentado en la electrificación de las líneas, elemento cuasi-indispensable para obtener un óptimo económico entre prestaciones y costes.

Resulta obligado recordar que ya antes de la creación de RENFE, existían en España, algunos tramos electrificados, destacando los correspondientes a la rampa de Pajares (sección Busdongo a Ujo) en 1925 y a los recorridos entre Ripoll a Puigcerdá, por un lado, y Alsasua a Irún por otro. Ambos en 1929. El desarrollo de la electrificación en RENFE, se muestra, sucintamente, en el cuadro 4.

Cuadro 4
DESARROLLO DE LA ELECTRIFICACIÓN EN RENFE

AÑO	Longitud de la red %
1941	3,4
1960	14,6%
1970	22,6%
1980	40,4%
1990	51,4%
1997	55%

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de MUÑOZ RUBIO (1995) y RENFE (1997)

Quizás ha sido el marco del material ferroviario el que ha presentado en este período temporal (1941-1989) las innovaciones más relevantes. La entrada en servicio comercial del tren Talgo II en 1950 entre Madrid y Hendaya, significó la entrada de la industria española en el ámbito internacional, dado que las sucesivas series de este material: Talgo III en 1964 a 140 km/h; Talgo de rodadura desplazable a 160 km/h, en 1968, superando el problema del diferente ancho de vía; Talgo pendular en 1980, primero a

160 km/h y posteriormente a 200 km/h, supusieron el reconocimiento de la potencialidad de una de las primeras empresas españolas de fabricación de material ferroviario.

En materia de prestaciones comerciales este período temporal se caracterizó por introducir en explotación servicios con velocidades punta de hasta 160 km/h, hecho que tuvo lugar en algunas secciones del triángulo Madrid-Barcelona-Valencia.

Es de interés situar ahora el ferrocarril español en el marco definido por los países europeos situados al otro lado de los Pirineos. En términos de longitud de red por superficie de cada país. España tiene un ratio 2,5 veces inferior al de países como Francia, Italia o el Reino Unido. Referida la extensión de la red a la población, España se encuentra en el marco que corresponde a países como Italia, Bélgica o el Reino Unido y es inferior en un 50% al ratio que disponen Dinamarca, Suiza, Alemania o Francia.

Es indudable, no obstante, que los indicadores mencionados no proporcionan ninguna referencia sobre la calidad de los servicios que potencialmente pueden prestarse por las infraestructuras de cada país. Si como es usual se consideran, a este respecto, dos de los factores más representativos de la mencionada potencialidad: el porcentaje de secciones de vía doble y el porcentaje de tramos de la red convencional en los que pueden alcanzarse velocidades punta comprendidas entre 160 y 200 km/h, se constata la deficiente posición del ferrocarril español.

Es de interés destacar, que el ferrocarril español no disponía más que de un 20% de su red con vía doble, frente al 42% de Alemania o al 48% de Francia. Por lo que respecta a la velocidad, la red española que posibilita los 160/200 km/h es el 40% de la extensión de su red principal, mientras que Alemania dispone del 75% y Francia del 85%.

No sorprende por tanto que en las relaciones de largo recorrido, la cuota de mercado del ferrocarril, lo que equivale a decir, su papel en el sistema de transportes sea muy poco significativa; en media y para los principales corredores del orden del 11%.

4. LA EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA NECESARIA PARA CIRCULAR A ALTA VELOCIDAD.

De una manera, en cierto modo convencional, se suele aceptar que la circulación a alta velocidad implica alcanzar velocidades máximas situadas en el intervalo de los 250 a los 300 km/h, necesitando, por tanto, de la construcción de nuevas infraestructuras.

Se deduce, por tanto, que el primer elemento diferenciador de la explotación de líneas en alta velocidad es la necesidad de recurrir a la realización de una nueva línea, con características geométricas tales que los radios de curva no son, salvo excepciones, inferiores a 3000 m, frente a los 300 m que se encuentran con cierta frecuencia en la geografía ferroviaria española.

La circulación a alta velocidad representa, sin duda alguna, una profunda evolución tecnológica del ferrocarril llamado convencional o dicho de otro modo, aquél que puede llegar a alcanzar, en ciertas secciones, de los trazados construidos el pasado siglo, los 200 km/h de velocidad punta.

Ante la imposibilidad de analizar cada uno de los ámbitos afectados por el aumento de la velocidad, como ha sido el caso de la nueva línea Madrid-Sevilla, nos limitaremos a subrayar los aspectos que consideramos de mayor interés.

En el marco de la superestructura e infraestructuras de la vía se encuentra la necesidad de disponer de carriles de mayor calidad de fabricación, presentando defectos inferiores en un 50% a los admisibles para menor velocidad, en longitudes de onda de 1,7 a 1,8m.

Las placas de asiento deben aumentar su elasticidad y capacidad de amortiguamiento. Las traviesas deben disponer de mayor área de apoyo y el balasto debe tener una mayor resistencia (coeficiente de Los Angeles de 15 a 20).

Los túneles presentarán secciones transversales de 60 a 100 m² frente a los 40/45 m² habituales en una vía doble convencional. La figura 2 muestra las ordenes de magnitud de la sección del túnel impuesta por la velocidad.

En relación con la entrevía, cabe destacar el incremento de este valor desde los 3,5 a 4 m que se encuentran en las líneas clásicas, hasta los 4 a 5 m de las nuevas infraestructuras.

Por último subrayar la utilización de aparatos de vía de corazón móvil, para mejorar la seguridad de la circulación.

En el ámbito de las instalaciones de seguridad, la señalización lateral es sustituida por una señalización continua en cabina, ante la imposibilidad por el maquinista de observar la naturaleza de la señal con la velocidad.

En el marco de la electrificación los sistemas de corriente continua a 1500 ó 3000 V son abandonados en beneficio de la electrificación en corriente alterna a 25000 voltios para reducir los sobrecostes que se tendrían adoptando la primera opción.

En cuanto al material, el elemento más relevante es el empleo de composiciones autopropulsadas, abandonando la tradicional composición basada en la utilización de una locomotora más un conjunto de coches remolcados. Junto a ello la adopción de un peso por eje en el material motor de 16 a 17 toneladas, frente a las convencionales 20/22 toneladas.

5. LA CONSTRUCCIÓN DE NUEVAS INFRAESTRUCTURAS EN EL FERROCARRIL ESPAÑOL

Una de las actividades que caracteriza quizás de mejor manera el ferrocarril europeo en las últimas dos décadas, es la construcción de nuevas infraestructuras aptas para recibir circulaciones a alta velocidad.

Dos son los motivos básicos de este hecho son: la falta de capacidad de algunos itinerarios y especialmente la imposibilidad de lograr configurar una oferta de calidad y atractiva frente a la ofrecida por los modos de transporte concurrentes.

De un modo global, a nivel europeo, puede decirse que el ferrocarril ha sido el hermano pobre de los sistemas de transporte.

En efecto, las carreteras alcanzaron su pleno desarrollo tecnológico pasando de las redes nacionales a las autopistas en 1935, es decir, hace más de 60 años, y en la actualidad hay en Europa más de 37.000 km.

La aviación, a partir de los años 60, se olvidó excepto para las cortas distancias de los aviones a hélice, introduciendo el reactor, más rápido, cómodo y seguro. Mientras, el ferrocarril permaneció, hasta comienzos de los años 80, con los trazados construidos hacia 150 años, disponiendo en la actualidad de poco más de 3400 km de nuevas secciones de líneas.

A partir de este hecho objetivo, cabe preguntarse si son o no necesarias en España nuevas infraestructuras de ferrocarril.

Con carácter preliminar es útil recordar que en los últimos tiempos ha habido dos planteamientos antagonistas en relación con esta cuestión. Un primer grupo de opiniones aglutinaba a quienes pensaban que el coste de las nuevas líneas no hacía aconsejable construir nuevas secciones, siendo más económico recurrir a la modernización de los trazados existentes. Un segundo grupo de puntos de vista estimaba, por el contrario, que sólo recurriendo a la construcción de nuevas líneas sería posible hacer frente a los avances logrados por los otros modos de transportes.

En nuestro criterio, la respuesta al interrogante planteado no puede llevarse a cabo de manera apriorística y por consideraciones simplistas, sino incorporando al menos algunos de los principales elementos que intervienen en el proceso de toma de decisiones.

En realidad, estimamos que el objetivo a lograr es conseguir que, en el segmento de mercado en que se enmarca esta reflexión, el transporte de viajeros a medias y largas distancias, el ferrocarril sea un modo útil a la sociedad, entendiendo por útil que sea utilizado por un número relevante de los potenciales clientes que se muevan en una relación dada.

En este contexto es indudable que la construcción de la nueva línea de alta velocidad entre Madrid y Sevilla representó que el ferrocarril pasase de ser un modo de transporte “relativamente poco útil” con una cuota de mercado de tan sólo el 13% del total de los desplazamientos en la relación, aun modo muy valorado, al disponer de una cuota de mercado casi cuatro veces mayor (41%).

De cuanto antecede se infiere que ¿sólo las nuevas infraestructuras y la alta velocidad dan respuesta “útil”? Puede decirse que existen otras formas de situar al ferrocarril en condiciones de ser un modo “útil” de transporte. La modernización de los trazados, la utilización de vehículos de caja inclinable o la construcción de nuevas infraestructuras, son herramientas que dispone el ferrocarril para lograr mediante una adecuada combinación total o parcial de ellas, alcanzar una presencia significativa en el mercado del transporte.

En función de las características propias que concurren en cada corredor es posible encontrar la actuación ferroviaria más adecuada.

En consecuencia, la aplicación de la filosofía precedente al caso español nos invita a pensar que la red ferroviaria del próximo siglo estará formada por una inteligente combinación de trazados del siglo pasado modernizados y de nuevas secciones de línea.

En nuestro criterio habría de buscarse un tiempo objetivo para cada relación que venga definido por lograr optimizar las tres variables siguientes: la inversión económica, la cuota de mercado del ferrocarril y el margen positivo de explotación del operador ferroviario. La construcción de la nueva línea Madrid-Barcelona, en período de ejecución responde a este criterio.

Desde el punto de vista ingenieril, esta nueva línea supondrá nuevos retos tecnológicos. De Madrid a Lleida, a lo largo de casi 470 km, será preciso construir más de 25 km de viaductos y aproximadamente la misma longitud de túneles. Estos, frente a secciones del orden de 40 m² que presentan las actuales líneas, dispondrán de secciones de casi 80m².

En el terreno del material, la necesidad comercial de lograr un tiempo de viaje entre Madrid y Barcelona, comprendido en el intervalo de las 2h 15/2h 30, obligará a disponer de ramas capaces de situarse en el intervalo de los 320/350 km/h de velocidad punta, hasta el momento no practicada por ningún ferrocarril.

6. SÍNTESIS

La exposición realizada ha tenido por objeto mostrar de forma sucinta los principales aspectos de la evolución tecnológica experimentada por el ferrocarril español, desde la constitución de RENFE en 1941.

Se ha tratado de poner de relieve que la citada evolución ha sido la consecuencia de ofrecer una oferta de mayor calidad en los servicios ferroviarios, para hacer frente a los otros modos de transporte.

En paralelo el deseo de lograr dicha calidad al menor coste posible, de forma que el balance económico fuese positivo para el ferrocarril.

BIBLIOGRAFÍA

COMÍN COMÍN, F.; MARTÍN ACEÑA, P.; MUÑOZ RUBIO, M.; y VIDAL OLIVARES, J. (1998), *150 Años de Historia de los Ferrocarriles Españoles*, Madrid, Anaya y FFE.

LÓPEZ PITA, A. (1990), “Condiciones de calidad derivados de las nuevas prestaciones ferroviarias”, *Revista Espais* nº 23, pp. 42-56.

LÓPEZ PITA, A. (1993), “Criterios de planificación de las nuevas infraestructuras ferroviarias”, *Revista del Banco Bilbao/Vizcaya*, pp. 37-64.

MUÑOZ RUBIO, M. (1995), *Renfe (1941-1991) Medio Siglo de Ferrocarril Público*, Madrid, Luna.