

PATENTES Y EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DEL FERROCARRIL ESPAÑOL. 1826-1936¹

FRANCISCO CAYÓN GARCÍA, ESPERANZA FRAX ROSALES,
MARÍA JESÚS MATILLA QUIZA, MIGUEL MUÑOZ RUBIO
Y JOSÉ PATRICIO SÁIZ GONZÁLEZ

Los procesos de industrialización que se desarrollaron en diversos países europeos y americanos a lo largo del siglo XIX tuvieron en común, independientemente del modelo seguido por cada nación, la necesidad de organizar medios de transporte rápidos y ágiles que permitieran romper con el aislamiento tradicional de las sociedades del Antiguo Régimen e integrar mercados nacionales e internacionales antes dispersos y disgregados. Frente a un mundo de producción limitada y ferias locales –donde los precios podían variar enormemente de unas regiones a otras por muy cercanas que estuvieran–, se pasó a un universo de máquinas y capitalismo. A partir de entonces fue el problema de la superproducción el que comenzó a preocupar. La solución fue profundizar gradualmente en los mercados interiores y abrir brecha en los exteriores. Para ello, en casi todos los países se mejoraron las redes de comunicación tradicionales –caminos, canales, navegación– y se desarrolló lo que acabaría convirtiéndose en el medio de comunicación terrestre más revolucionario del siglo pasado: el camino de hierro.

¹ Los datos para la elaboración de este artículo están basados en el libro CAYÓN, FRAX, MATILLA, MUÑOZ y SÁIZ (1998). Queremos agradecer la colaboración y financiación de este proyecto por parte de la Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Ministerio de Industria y Energía, Oficina Española de Patentes y Marcas, Aceralía, Amurrio, Iberdrola, INECO y TIFSA.

Efectivamente el ferrocarril ayudó, como ningún otro medio, a integrar mercados y homogeneizar precios pero también provocó importantes enlaces hacia delante y hacia atrás en el proceso mismo de industrialización². La construcción del ferrocarril estimuló en algunos países el desarrollo de la siderurgia, la minería del carbón o la industria de bienes de equipo, produciendo también efectos multiplicadores hacia delante sobre la economía al permitir ensanchar mercados a otras industrias hasta entonces condenadas a una producción local, lo que ayudó a provocar la especialización regional y sectorial de determinadas economías. Si nos centramos en el caso español, este papel teórico del ferrocarril ha sido objeto de números debates, opiniones y polémicas suscitadas por la manera en que éste se construyó (impulso estatal, importación de tecnología) y suficientemente conocidas en el mundo de la historia económica³. En todo caso parece evidente que sus efectos a largo plazo fueron cuando menos positivos para la industrialización española.

Pero el objeto esencial de este artículo va a discurrir por otros derroteros. Nuestra pretensión es reflexionar sobre la evolución tecnológica del ferrocarril español hasta 1936 utilizando para ello una novedosa fuente documental: las patentes de invención. La documentación histórica sobre patentes permaneció lacrada en España hasta la década de los noventa. El trabajo de Patricio Sáiz en el archivo de la Oficina Española de Patentes y Marcas dio lugar a la primera catalogación de las mismas y a la primera tesis doctoral sobre el tema, dirigida por María Jesus Matilla⁴, que se ocupaba fundamentalmente del periodo 1759-1878, además de sacar a la luz toda la información legislativa relativa a la propiedad industrial y realizar las primeras publicaciones sobre el tema⁵. A raíz de este trabajo, con el que pudimos contar con un método, estrategias de análisis y clasificación de las patentes, etc. se formó un grupo de investigación integrado por los autores de este artículo con el propósito de continuar mejorando el sistema de estudio y seguir catalogando y profundizando en la historia de la propiedad industrial aplicándola al mejor conocimiento de la historia económica nacional. En este sentido comenzaron los primeros trabajos dirigidos hacia sectores concretos y basados en el análisis pormenorizado de todas las patentes, como ocurrió con el sector marítimo⁶ y posteriormente con el ferrocarril⁷; apareciendo recientemente otros análisis generales del sistema⁸.

En lo que respecta al ferrocarril nuestro trabajo ha pretendido un análisis pormenorizado del sector, primero localizando todas las patentes solicitadas en España entre 1826 y 1936 para después realizar un estudio detallado de los expedientes que nos permitiera saber quién patentaba, cuándo, cómo, qué cosas y, sobre todo, en qué medida esta tecnología registrada acababa convirtiéndose en innovación tecnológica. ¿Sería posible

² HIRSCHMAN, A.O. (1961).

³ Veáanse los trabajos de TORTELLA, NADAL o GÓMEZ MENDOZA entre otros. Mas recientemente el libro de COMÍN COMÍN, MARTÍN ACEÑA, MUÑOZ RUBIO y VIDAL OLIVARES (1998).

⁴ SÁIZ GONZÁLEZ (1998).

⁵ SÁIZ GONZÁLEZ (1995), (1996a) y (1996b).

⁶ FRAX, MATILLA, MUÑOZ y SÁIZ (1994). De los mismos autores también (1996). De SÁIZ GONZÁLEZ (1994). De MUÑOZ y SÁIZ (1994).

⁷ MATILLA y SÁIZ (1995). Y recientemente CAYÓN, FRAX, MATILLA, MUÑOZ y SÁIZ (1998).

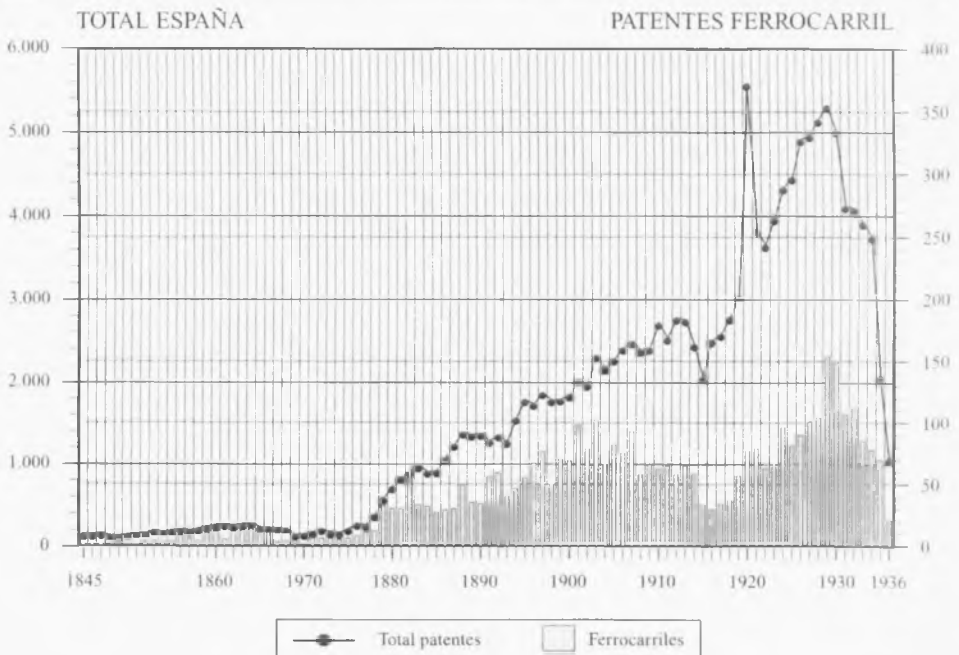
⁸ Es el caso de la Tesis Doctoral de JOSÉ MARÍA ORTIZ VILLAJOS (1998a). Del mismo autor ver también (1998b).

detectar el cambio técnico que fue aconteciendo en el ferrocarril a lo largo del siglo XIX y XX? ¿Se confirmarían las hipótesis generalizadas sobre la estrecha dependencia de la tecnología extranjera? ¿Existiría innovación tecnológica de interés en la industria ferroviaria nacional? ¿Sirve el análisis de las patentes para encontrar conclusiones válidas que expliquen cómo se produce el cambio técnico y cuál es su influencia sobre el crecimiento económico?. La respuesta a estas preguntas, o al menos nuestro intento por hacerlo, serán el hilo conductor de este artículo.

1. El sistema de patentes y el ferrocarril

Aunque el sistema de patentes en España se había iniciado en 1826, lo cierto es que hubo que esperar hasta 1845 para que se registrase la primera solicitud de una patente de carácter ferroviario. La inexistencia en los años anteriores de un mercado demandante de este tipo de productos hacía lógicamente innecesario que los inventores dedicasen recursos económicos en la tramitación y mantenimiento de una patente que no tenía posibilidades de ponerse en práctica. A la altura de 1845, sin embargo, ya se

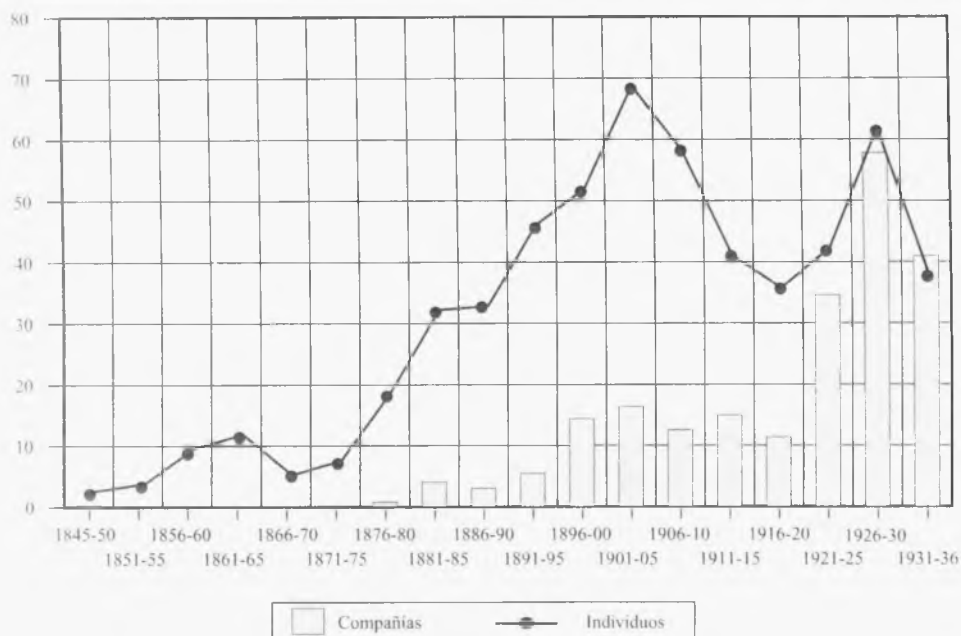
Gráfico 1. Solicitudes de patentes ferroviarias y del total nacional (1845-1936)



Fuente: Expedientes de la OEPM.

habían desarrollado algunos proyectos para la construcción de líneas férreas (Barcelona-Mataró y Madrid-Aranjuez fueron proyectadas en 1843 y 1844, respectivamente) y por tanto se abrían expectativas de negocio que los inventores y las empresas del sector no querían desaprovechar. Conforme se fue diseñando la que sería futura red ferroviaria española, en especial tras la Ley de Ferrocarril de 1855, el número de registros de invención se fue incrementando, si bien es cierto que el número de patentes no conoce un verdadero impulso hasta la década de los ochenta. En este último aspecto no difirió sustancialmente de la evolución general del sistema de patentes que mantuvo un crecimiento moderado hasta esas mismas fechas. Probablemente las mejores condiciones económicas del país en el último cuarto de siglo, unido al abaratamiento de las patentes a que dio lugar la promulgación de una nueva ley en 1878, favorecieron este mayor desarrollo del sistema de patentes. En el caso del ferrocarril habría que añadir, además, que durante estos años se llevó a cabo la segunda gran oleada en la construcción de líneas en las redes de las distintas concesionarias, lo que abría expectativas para las empresas fabricantes de material ferroviario de un mercado más amplio y con nuevas necesidades, por lo que debían prepararse para ofertar nuevos productos y evitar que empresas españolas pudieran hacer uso de una tecnología que ellas habían generado. De hecho, debemos recordar que fue poco tiempo después, en 1884, cuando se construyó

Gráfico 2. Solicitudes de patentes ferroviarias según el status jurídico del solicitante (1845-1936). Medidas quinquenales

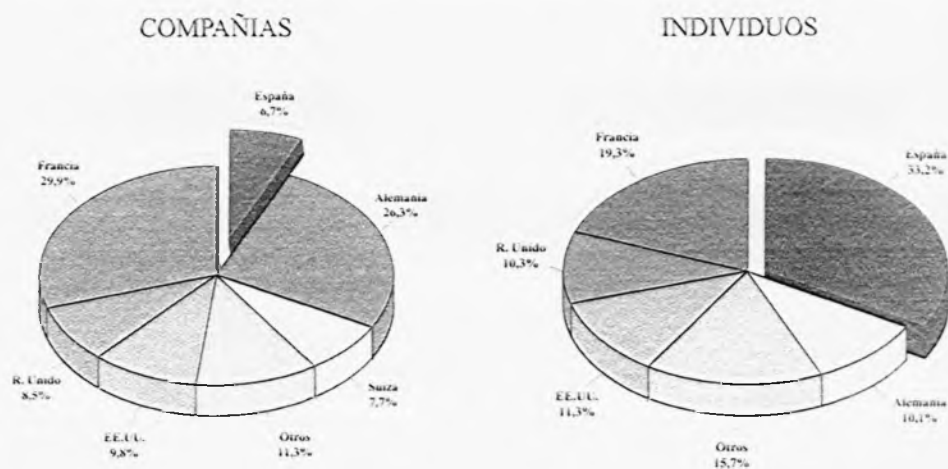


Fuente: Expedientes de la OEPM.

en la factoría de la Maquinista Terrestre y Marítima la primera locomotora de vapor fabricada en España.

Como se puede apreciar en el gráfico 1, a partir de 1878 se observa una tendencia de claro crecimiento en la solicitud de patentes que, aún con discontinuidades, se mantuvo hasta los años de la Primera Guerra Mundial. En ese momento se produjo un evidente descenso motivado, en gran parte, por el elevado número de solicitantes extranjeros que habitualmente utilizaban el sistema de patentes. Probablemente por este hecho el descenso de las solicitudes se había iniciado ya desde 1910, una contracción fruto del ambiente prebélico que se respiraba en Europa y que sin duda incidió en una reducción de las patentes presentadas relativas al ferrocarril, un sector que se vio particularmente afectado al ser considerado este medio de transporte como de carácter estratégico en momentos de conflictos armados. La finalización de la guerra posibilitó una nueva reactivación del sistema hasta alcanzar en los últimos años de la década de los años veinte el mayor número de patentes de todo el periodo estudiado. No hay que olvidar tampoco el clima favorable al desarrollo de este tipo de transporte que significó el Estatuto Ferroviario de 1924 que, junto a la política económica seguida por la dictadura de Primo de Rivera, pueden explicar este crecimiento en el número de patentes. Sin embargo, las incertidumbres provocadas por la crisis económica internacional de los primeros años treinta, la inestabilidad política que sacudió al país y las dificultades de las propias concesionarias, fueron factores suficientes para desincentivar la innovación en la década de los treinta y esto quedó plasmado en un importante retroceso en el número de patentes ferroviarias, de tal manera que en 1936 las patentes solicitadas volvían a estar en niveles semejantes a los de 1880.

Gráfico 3. Solicitudes de patentes ferroviarias según status jurídico y nacionalidad (1845-1936)



Fuente: Expedientes de la OEPM.

Las nuevas tecnologías ferroviarias representaron, en el conjunto del periodo estudiado, un 2,7 por 100 del total de patentes registradas en España. Este porcentaje no incluye aquellas patentes que se referían a cuestiones genéricas aplicables a varios sectores (por ejemplo: *una nueva caldera de vapor*) sino específicamente aquellos registros que hacían referencia concreta al nuevo sistema de transporte (*una nueva caldera aplicable a las locomotoras del ferrocarril*). En un periodo tan amplio y tan clave para el desarrollo del ferrocarril en Europa, sin duda se trata de un porcentaje muy pequeño de patentes, cuestión que puede tener que ver con la dependencia tecnológica del exterior, y con la importación de materiales y técnicas ferroviarias que no se registraron en el país ⁹. En total fueron cerca de cuatro mil patentes que comenzaron a registrarse a partir de 1845, una vez que se intuía que en España iba a comenzar a existir un mercado para el “camino de hierro”.

Quiénes eran los que patentaban y en qué sectores tecnológicos lo hacían son aspectos de interés para conocer el desarrollo de la invención ferroviaria y las posibilidades de llevar a la práctica las diferentes propuestas efectuadas. Respecto a los solicitantes, hasta el segundo decenio del siglo XX hubo una clara preponderancia del inventor individual, no haciendo su aparición las sociedades hasta 1880 y aún así con cierta timidez. Finalizada la guerra europea la situación se modifica radicalmente. Son entonces las empresas las que se involucran con un mayor interés en este sector disminuyendo el número de solicitantes individuales, aunque estos sólo se verán superados en el número de solicitudes anuales en el periodo 1931-1936. Es éste un proceso normal en el desarrollo de la innovación, en donde la investigación en el seno de las compañías industriales va desbancando al tradicional *learning by doing*. Además, debe tenerse en cuenta que a partir de los años veinte el sector de construcción ferroviaria nacional conoció un importante desarrollo, siendo capaz de fabricar la mayor parte del material demandado por las concesionarias. Las grandes empresas internacionales se dieron cuenta de la necesidad de proteger sus productos y de ahí que se incorporasen con mayor intensidad al sistema de patentes español, incluyendo grupos tecnológicos que hasta entonces habían estado poco representados, en especial todo lo relativo a la tracción eléctrica que conoce en estos años su primer impulso constructivo después de la experiencia de los tranvías a finales del XIX.

A pesar de todo, durante la etapa estudiada, el 71,5 por 100 de los solicitantes fueron personas físicas ¹⁰ y la mayor parte de ellos extranjeros, una cuestión que se intensifica cuando analizamos las patentes en manos de las compañías, donde las empresas españolas jugaron un pobre papel. Es este un dato relevante debido a que eran las compañías las que tenían mayores posibilidades de innovar y, de hecho, el número de patentes de las que se ha podido constatar que fueron llevadas a la práctica fue considerablemente superior en aquellas que habían sido solicitadas por empresas que las que se hicieron a título particular.

⁹ Por ejemplo en Inglaterra entre 1830 y 1850, periodo de la construcción del ferrocarril, el porcentaje de patentes ferroviarias superaba el 7 por 100 del total. SULLIVAN (1990).

¹⁰ No obstante, hay que tener en cuenta que en muchas ocasiones el socio de una compañía podía intentar proteger un invento registrándolo a título individual para evitar que se integre en el capital de la misma con los consiguientes riesgos, por ejemplo, en caso de disolución, o que un individuo podía obtener una patente de su invento para luego cederla como aportación no dineraria a una empresa constituida para explotarla.

Como la capacidad de llevar a la práctica la innovación es mayor en las compañías, la poca participación de las empresas nacionales en el sistema de patentes nos lleva a plantearnos la disposición de la industria nacional para desarrollar productos propios. Ninguna de las grandes empresas del sector registraron inventos de consideración relativos al ferrocarril y en ningún caso, cuando lo hicieron, patentaron más de dos o tres inventos. Lo paradójico es que desde comienzos de la década de los veinte la industria española fue capaz de construir la mayor parte del material que circulaba por las redes de las distintas concesionarias ¹¹. Sin duda se valían de la copia de material foráneo que había llegado a nuestro país en los años precedentes, pero también utilizaban la tecnología extranjera, mediante cesiones o transferencias, una tecnología que en muchas ocasiones había sido patentada en España para proteger los inventos y evitar que se pudiera producir su copia. Las empresas nacionales desestimaron la creación de departamentos de investigación propios, probablemente porque el desarrollo alcanzado en otros países —fundamentalmente Francia, Gran Bretaña y Alemania— en este sector, en el que llevaban trabajando desde mediados del siglo XIX, hacía más factible la utilización de un material que ya había demostrado sus bondades. De esta manera, las compañías nacionales apenas patentaron un 7 por 100 del total de las solicitadas por empresas frente al casi 30 por 100 de las sociedades francesas o el 26 por 100 de las alemanas. Como en tantas otras ocasiones, la industria nacional se desarrolla a remolque de la inversión extranjera.

Un elemento a tener en cuenta es que las compañías registraban un mayor número de patentes debido no sólo al hecho de que desarrollasen diferentes líneas de investigación y prolongasen esta actividad durante toda la vida de la empresa sino principalmente por los mayores recursos puestos a disposición de la innovación, con lo que pretendían mejorar su producción y con ello incrementar sus beneficios. Esto dio lugar a una importante concentración del número de patentes registradas por las grandes compañías del sector, de manera que sólo dieciocho de ellas acapararon casi el 30 por 100 del total de patentes solicitadas por las empresas. A ello podemos añadir que, normalmente, tendían a mantener una alta especialización, aunque como se podrá apreciar en la Tabla I en muchos de los casos patentaban en varios grupos tecnológicos. Probablemente este fuera también uno de los motivos que llevaron a la escasa presencia de las compañías nacionales, puesto que a la irregularidad de la demanda y la cortedad de las series producidas se unía la premura de tiempo con que se solicitaban los nuevos vehículos, lo que originó una falta de especialización, presentándose la mayor parte de las sociedades a la práctica totalidad de los concursos, independientemente del tipo de material que se demandase. En estas condiciones era difícil desarrollar productos propios, máxime teniendo en cuenta que no había ningún tipo de unificación en cuanto a las características técnicas del material ferroviario ¹².

¹¹ CAYÓN y MUÑOZ (1998).

¹² En 1917 hubo un intento de unificar, siquiera parcialmente, parte de este material, para lo cual se intentó que MZA y Norte entrasen en el accionariado de la Maquinista. El acuerdo no fue finalmente posible debido precisamente a las diferentes necesidades de las concesionarias. Así, sólo MZA se incorporó al accionariado de la empresa catalana, mientras que Norte colaboró decisivamente en la creación de Babcock & Wilcox. Véase CAYÓN y MUNOZ (1998).

Tabla 1. Compañías con mayor número de solicitudes de patentes ferroviarias y distribución por grupos tecnológicos: España (1845-1936)

COMPAÑÍA	PAÍS	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	Total
Brown Boveri et Compagnie S. A.	Suiza		16	14	1	1	4		2		1	1		1	41
Fried Krupp A. G.	Alemania	6					20			1	2			2	31
Compagnie d'Electricité Thomson-Houston de la Méditerranée	Francia		13	6				3	1				1	3	27
Compagnie Française pour l'Exploitation des Procédés Thomson-Houston	Francia		7	16				3							26
Compagnie Generale de Signalisation	Francia								3	6	15				24
Knorr-Bremse A. G.	Alemania	3	2			4	3	7			4				23
General Railway Signal Company	EEUU		1					1	1		15				18
Compagnie des Freins Westinghouse	Francia						5	12						1	18
Schmidt'sche Heissdampf Gesellschaft M. B. H.	Alemania	17													17
Adolf Bleichert & Co. A. G.	Alemania											14			14
Siemens & Halske A. G.	Alemania						1		2		9	1		1	14
Siemens Schuckertwerke g.m.b.h.	Alemania		6	1	3	1	1	1							13
J. Stone & Co. Ltd.	R.Unido.	1	1				9							2	13
National Malleable and Steel Castings Co.	EEUU						12								12
Compagnie J. G. Brill	Francia						11		1						12
Schneider & Cie.	Francia	2		1		1	1	2	1				3		11
Gebrüder Hardy	Austria							9		1					10
Construction Electriques de France	Francia		6		4										10
TOTAL		29	75	38	8	7	46	38	11	8	46	16	4	8	334

I-Tracción Vapor; II-Tracción Eléctrica; III-Sistemas de alimentación de ferrocarriles eléctricos; IV-Tracción Diesel; V-Otras cuestiones de la tracción; VI-Material remolcado; VII-Frenos; VIII-Infraestructura; IX-Maniobra en vía; X-Seguridad en la circulación; XI-Funiculares; XII-Tranvías; XIII-Varios.
Fuente: Expedientes de la OEPM.

En este rápido repaso a los principales elementos que distinguieron a la invención ferroviaria falta por señalar, por último, la cuestión de la duración y caducidad de las patentes, un tema estrechamente relacionado con la puesta en práctica de las mismas. Hay que tener en cuenta que era este un requisito legal para que el invento registrado mantuviera su protección. La obligación de explotar la patente era un primer filtro que el inventor tenía que superar si quería mantener la posesión en exclusiva de la tecnología, lo cual nos ofrece

información sobre las expectativas de negocio que éste intuía –tanto directas como indirectas– puesto que de lo contrario abandonaría la patente antes de abordar estas cuestiones. Esto, además, nos va a permitir corroborar en muchas ocasiones si efectivamente la nueva tecnología se introdujo en el mercado. Sin embargo, hay que tener presente que la fiabilidad de la fuente decrece en diversas etapas del periodo estudiado. De hecho, sólo un 3,6 por 100 de las patentes concedidas se mantuvieron en vigor hasta el final de la concesión, lo que nos indica que los titulares, aunque fabricasen sus productos o pusieran en funcionamiento sus procedimientos, iban perdiendo paulatinamente el interés en el mantenimiento del monopolio a medida que transcurría el tiempo. Esta situación venía determinada en muchas ocasiones por el hecho de que la tecnología se viera superada en periodos inferiores a los veinte años, apareciendo nuevos inventos o mejoras de los anteriores que hacían inútil seguir protegiendo algo que había quedado ya obsoleto.

Lo cierto es que también en este caso encontramos diferencias entre los solicitantes nacionales y los extranjeros. Los primeros sólo acreditaron la práctica en el 24 por 100 de las concesiones, mientras que los segundos lo hicieron en el 39 por 100, lo que parece estar en relación con el hecho de que como consecuencia de las peculiaridades del sector hasta bien entrado el siglo xx fuesen los capitales y tecnologías exteriores las predominantes, teniendo países como Francia, Alemania o Gran Bretaña grandes intereses en su explotación. En porcentajes similares nos movemos cuando de lo que se trata es de estudiar el nivel de práctica entre las empresas y los individuos. Fueron las compañías las que en mayor medida acreditaron este trámite con un 41 por 100 de las patentes frente al 26 por 100 de las pedidas por personas físicas, lo que estaba en relación con los mayores recursos, capital y oportunidades de explotar las concesiones. No olvidemos que el ferrocarril era, y es, un sector en donde con frecuencia fue necesario proceder a realizar elevadas inversiones para introducir, comercializar, utilizar o fabricar determinadas innovaciones.

2. Evolución de los grupos tecnológicos

El análisis de las patentes ferroviarias no sólo proporciona una importante información sobre el origen de los inventores sino que, lógicamente, también aporta una muy abundante documentación sobre los sectores tecnológicos hacia los que se dirigía esta invención. Esto permite comprobar cuáles eran los problemas técnicos que en cada momento demandaban nuevas soluciones, pues aunque existían problemas de carácter general que afectaban a todos los países había otros específicos que derivaban de las características especiales de cada uno de ellos. En el caso español estas especificidades venían determinadas fundamentalmente por el diferente ancho de vía y por las difíciles condiciones orográficas que exigían un tipo de material con algunas modificaciones sobre los modelos normalmente empleados en otros lugares ¹³.

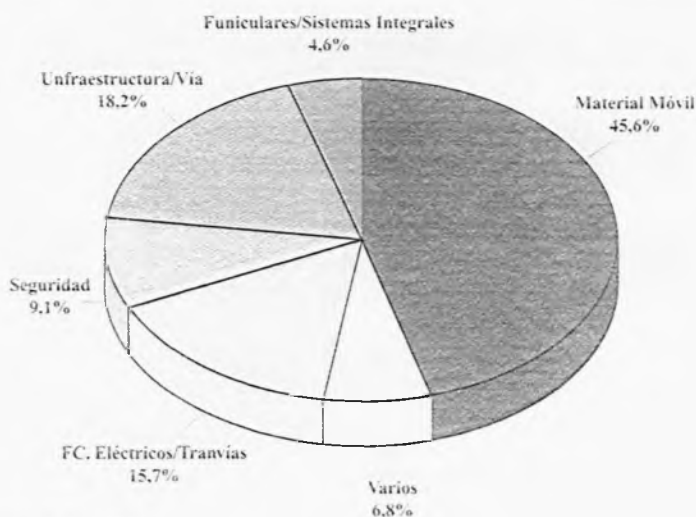
Como era de esperar, el grupo tecnológico que estuvo más representado dentro del sistema de patentes fue el de material móvil, con más de un 45 por 100 de los registros ferroviarios. Es decir, casi la mitad de las invenciones registradas se centraban en

¹³ Un ejemplo temprano de este tipo de patentes fue la solicitada en 1868 por Melitón Martín de Bartolomé, que llevaba el expresivo título de *Locomotora Española de Montaña*.

aspectos relacionados con la tracción, el material remolcado o cualquiera de los múltiples componentes necesarios para el buen funcionamiento de estos vehículos: transmisiones, frenos, adherencia, accesorios, etc. Tras el material rodante nos encontramos con un 18,2 por 100 de patentes relacionadas con infraestructura y vía (carril, traviesas, balasto, agujas, maniobras etc.), sector que se convierte en el segundo grupo tecnológico en importancia, aunque hemos de tener en cuenta que muchas de las patentes sobre carriles se referían en realidad a procesos de fabricación de los mismos y que como tales también eran aplicables en otros productos siderúrgicos. El tercer gran grupo sería el de los ferrocarriles y tranvías eléctricos que acapararon casi un 16 por 100 del total de patentes ferroviarias. Aunque buena parte de estos inventos se referían, en definitiva, a material móvil, en especial a tracción, la existencia de una infraestructura específica para este tipo de material es lo que aconseja su diferenciación para dotarla de entidad propia. El resto de las patentes concedidas se repartían entre métodos para garantizar la seguridad de la circulación (sistemas de bloqueo y regulación, enclavamientos, señalización, sistemas de comunicación), funiculares y sistemas integrales de ferrocarril, y un grupo de varios en el que incluimos todo lo relacionado con aspectos complementarios como billeteaje, sistemas de control de viajeros, sistemas de información, publicidad, etc.

Si al analizar los niveles de puesta en práctica habíamos encontrado notables diferencias entre los inventores individuales y las sociedades, cuando se estudian los distintos grupos tecnológicos también se observan grandes desigualdades. De esta manera, fue el material móvil, con casi un 34 por 100 de prácticas, el que se convirtió en el grupo tecnológico más importante, seguido por los sistemas funiculares y los sistemas integrales, mientras que la infraestructura, los ferrocarriles eléctricos y la seguridad conocieron una menor realización efectiva con un 22 por 100 de prácticas acreditadas.

Gráfico 4. Solicitudes de patentes ferroviarias según sectores tecnológicos (1845-1936)



Fuente: Expedientes de la OEPM.

2.1. Cambio tecnológico y crecimiento económico

¿Cuál es la relación entre crecimiento económico e innovación tecnológica?. Se ha discutido mucho sobre esta interacción, fundamentalmente sobre si el crecimiento en un determinado sector económico se produce como efecto de la invención y difusión de nuevas tecnologías capaces de aumentar la productividad o si la actividad inventiva –y las innovaciones a que da lugar– se produce precisamente debido al crecimiento que experimenta el sector en un periodo dado. Dicho de otra manera, ¿el crecimiento económico asociado al cambio técnico es una cuestión de oferta o de demanda de nuevas tecnologías?

Hasta hoy en día el pensamiento económico ha trabajado profundamente el tema aunque aquí podríamos resumir las líneas generales en tres grandes ideas. La primera de ellas fue la mantenida por la tradición *schumpeteriana* en la que la invención, como producción de nueva información, era un problema de oferta básicamente, es decir, era un dato del que se partía y del que simplemente había que tomar nota. Según esta visión, el crecimiento económico sería consecuencia de innovaciones técnicas fundamentales. En la década de los sesenta, Schmookler fue el pionero al introducir la actividad inventiva como comportamiento sujeto a racionalidad económica, poniendo el énfasis en el lado de la demanda. Demostró empíricamente mediante el análisis de las series de patentes y las de producción que existía una evolución temporal correlativa entre ambas series con la particularidad de que la invención presentaba un retardo respecto a la producción. Es decir, según Schmookler, cuando la producción de un determinado producto aumenta, las invenciones relacionadas con él también. Parece sostenible, por tanto, que los beneficios esperados por el invento, la capacidad de financiarlo, el número de inventores potenciales, etc., crezcan si aumentan las ventas del producto. Desde este punto de vista sería el propio crecimiento económico del sector el que provoca el avance técnico y el aumento de productividad.

Ambas posturas han sido matizadas por Rosenberg en el sentido de acercar el problema de la invención a ambos lados de la dialéctica oferta-demanda. Para Schmookler la ciencia y la tecnología tienen un papel subordinado en la organización de la actividad inventiva, mientras que para Rosenberg esto no es así. La demanda de inventos es fundamental, pero actúa dentro de los límites y restricciones de un cuerpo de conocimientos que crece a ritmos desiguales, es decir, dentro de los límites de la oferta: *... la distribución de recursos inventivos ha estado determinada en el pasado por las fuerzas de la demanda que han conformado de manera amplia los rendimientos variables de la invención con éxito, con las fuerzas de parte de la oferta que han determinado la probabilidad de éxito dentro de un determinado marco temporal*¹⁴.

Parece evidente, por tanto, que oferta y demanda pueden jugar papeles complementarios a la hora de explicar el cambio técnico y el crecimiento económico, es decir, pueden existir innovaciones “radicales” (en sentido más schumpeteriano) que son capaces de “crear” sectores industriales nuevos o de revolucionar la organización y productividad de industrias tradicionales provocando un fuerte proceso de crecimiento en

¹⁴ Para profundizar en estas líneas de pensamiento consultar VERGARA (1989) de donde tomamos la presente cita de N. Rosenberg y el resumen anterior.

el sector (debido por tanto a la oferta técnica); pero también sucede que debido al propio crecimiento económico y, por lo tanto, a las expectativas de negocio creadas, se “demanden” nuevas invenciones complementarias o “incrementales” que impliquen ventajas comparativas respecto a los competidores, encaminadas a solucionar los cuellos de botella que el propio avance técnico provoca, es decir, inventos parciales o secundarios, matizaciones de la tecnología existente que permitan seguir incrementando la tasa de productividad y por tanto realimentar el propio crecimiento económico que hace dirigir capitales hacia el I+D en el sector.

Fruto de nuestro trabajo con las patentes ferroviarias, que no olvidemos sólo son una vía de innovación tecnológica puesto que se puede avanzar a través de la transferencia tecnológica, la copia o, simplemente, a través de la invención no registrada. La primera conclusión es que las invenciones que se protegen mediante patente en la época estudiada son en su inmensa mayoría invenciones incrementales, avances parciales y complementarios cuyo origen es la demanda de soluciones técnicas a problemas concretos. Las invenciones, por lo tanto, seguirían a la producción. Se trata de un problema de demanda. Así, por ejemplo, en aquellos países como España cuyas dificultades orográficas son fuertes se desarrollan importantes porcentajes de patentes relacionadas con sistemas de frenado, o con sistemas específicos para subir pendientes o tomar curvas de pequeño radio, o también sistemas diversos destinados a permitir el cambio de la vía ancha a la estrecha, problema fundamental en el ferrocarril español. De la misma forma también es posible encontrar patentes radicales, las menos, que pudieron revolucionar la tecnología existente, como pudo ser el caso del TALGO¹⁵. Pero, en general, responden a líneas de desarrollo técnico que se basan en numerosas invenciones parciales anteriores. En realidad prima la pequeña invención. El cambio técnico ferroviario parece producirse gradualmente a través de numerosísimas patentes y convergencia de líneas de investigación.

Al analizar individualmente las patentes registradas hemos podido observar que, sin embargo, se presentaron un número moderado de ellas que protegían unidades completas. Por ejemplo, en el caso de la tracción de vapor se registraron 35 patentes que ofrecían nuevos modelos de locomotoras, lo que significaba el 12.2 por 100 de las solicitudes presentadas sobre este tipo de tracción, unas nuevas locomotoras que, sin embargo, incluían, lógicamente, componentes que ya habían sido evolucionados con anterioridad. Lo que normalmente se desarrollaban en los inventos patentados eran las diferentes partes que constituían una locomotora de manera parcial: sistemas de alimentación, recalentadores, mecanismos de distribución y, por supuesto, calderas que por sí solas representaron el 51.7 por 100 de las patentes sobre tracción de vapor.

Por lo que respecta al material remolcado lo que predominaba era la invención parcial en cuestiones comunes a coches y vagones (ejes, ruedas, bojes, bastidores, cojinetes, lubricación, suspensión, enganches y topes), es decir, a sus partes constitutivas, patentes que superaban el 53 por 100 del total en este grupo. Las innovaciones en estas

¹⁵ Alejandro Goicoechea el inventor del Talgo, registró su primera patente en 1927. Se trataba de un sistema de soldadura eléctrica para vagones que permitía aligerar el peso de las unidades. Era lo que hemos considerado como un invento incremental. Nueve años después, patentó un sistema completo de vagones, e incluso de tracción, antecedente directo en su faceta conceptual de lo que a finales de la década de los cuarenta se convertiría en el Talgo, probablemente la principal aportación española al desarrollo del ferrocarril.

cuestiones fueron las que permitieron el avance general en velocidad, capacidad y comodidad de coches y vagones, puesto que pudieron construirse unidades con una mayor longitud y seguridad además de disponer de mayor capacidad para el transporte de pasajeros y mercancías en relación al peso muerto del vehículo. A estas cuestiones le siguieron inventos en piezas accesorias (32,5 por 100), como asientos, camas, puertas, ventanas, refrigeración, iluminación, calefacción, alarmas, etc. que, fundamentalmente, permitieron avances en la comodidad. Si sumamos piezas accesorias y auxiliares tenemos en total más del 85 por 100 de las patentes relacionadas con el material remolcado. Por último, los nuevos modelos de vehículos no llegaron al 15 por 100 y en su mayoría fueron vagones y furgones y escasos los coches de viajeros. Esto estaba en sintonía con la realidad del transporte ferroviario en el XIX en el que predominaban los vehículos destinados al transporte de mercancías. De hecho, se necesitaban mejorar y adaptar el material rodante para transportar determinadas materias (de nuevo un problema de demanda) como líquidos, productos perecederos o minerales ¹⁶. Así las invenciones de nuevos modelos de vehículos solían ser vagones cuba, vagones frigoríficos o vagones tolva. Circunstancias similares encontramos en el resto de los grupos tecnológicos en donde los “perfeccionamientos”, palabra frecuente en el enunciado de muchas patentes, se convirtieron en el principal objeto de la invención.

2.2. Grupos tecnológicos, invención y empresas

Veamos a continuación, en sus líneas más generales, qué era lo que se patentaba y en qué momentos, lo que nos informará de la trayectoria tecnológica del sector así como la participación nacional en este proceso. Comencemos con el material móvil puesto que fue el grupo tecnológico de mayor importancia y en el que podemos encontrar notables diferencias entre el material de tracción y el remolcado a la hora de llevar a la práctica los nuevos inventos, lo que sin duda estaba en relación con el hecho de que el material remolcado exigía de menores capacidades tecnológicas para su fabricación, un hecho del que da cuenta la rápida asunción por parte de los constructores nacionales de la práctica totalidad de la fabricación de este tipo de vehículos. A finales del siglo XIX la industria nacional era capaz de construir la mayor parte de los coches y vagones que circulaban por las diferentes redes, así como buena parte del material auxiliar. En el caso de la tracción de vapor las circunstancias fueron muy distintas. Hasta 1884 no se fabricó ninguna locomotora en España y se tendrá que esperar hasta los años veinte para que este tipo de material fuera construido totalmente en España, limitándose hasta entonces a montar unos equipos que se importaban íntegramente del exterior ¹⁷. Es sintomático también que los inventores nacionales, tanto sociedades como individuos, dirigieran sus investigaciones en mayor medida hacia el material remolcado, lo que vendría dado no solo porque exigía de menores

¹⁶ La mayor importancia de los vehículos destinados al transporte de mercancías en el sistema ferroviario queda puesta de manifiesto al considerar que en los primeros años de la década de los treinta tanto en MZA como en Norte, las dos grandes concesionarias, el 94 por 100 de su material remolcado se correspondía con vagones y furgones de diversos tipos.

¹⁷ Hasta el año 1900 en España sólo se habían construido 21 locomotoras de vapor cuando en las diferentes concesionarias el parque de este tipo de material estaba próximo a las 1.700.

conocimientos técnicos sino también porque tecnológicamente eran más factibles de ser llevados a la práctica en unos talleres nacionales que, salvo excepciones, no estaban excesivamente especializados. En el caso de las sociedades, aunque las alemanas y francesas fueron las que más patentaron en nuestro país, es relevante el hecho de que en el caso de la tracción de vapor casi el 40 por 100 de las patentes efectuadas por empresas tuvieran un origen alemán, destacando especialmente la Schmidt'sche Heissdampf Gesellschaft m.b.h. con diecisiete patentes, aunque también encontramos a otras muchas como la AEG, Fried Krupp o Knorr-Bremse. Entre las francesas, por su parte, podemos destacar a L'Auxiliaire des Chemins de Fer et de l'Industrie, la Société Française des Pompes et Machines Worthington o la Compagnie Fivel-Lille. Se trataba, además, de empresas con un elevado grado de especialización en determinados componentes de las locomotoras, algo que nunca alcanzaron las compañías españolas.

La primera patente relacionada con la tracción de vapor se registró en el año 1862 cuando Vaessen, ingeniero jefe de la casa St. Leonard, sociedad belga que proporcionó algunas de las primeras locomotoras que cubrieron el trayecto Madrid-Aranjuez, presentó un invento que tenía como propósito mejorar la estabilidad de las locomotoras, un problema que preocupó enormemente durante las décadas centrales del siglo XIX. Habría que esperar seis años para que se presentase la primera solicitud que pretendía mejorar aspectos relacionados con las calderas de las locomotoras. Fue Alejandro Friedmann quien patentó un nuevo sistema de alimentación de inyector que sustituía a los utilizados en las primeras locomotoras mediante bombas y caballetes de alimentación. Este invento, por ejemplo, sería puesto en práctica en algunas locomotoras de Norte dos años más tarde. Después de la aparición de la doble expansión, que permitió mejorar el rendimiento de las locomotoras al conseguir menores pérdidas de calor, al tiempo que reducía la condensación y, consecuentemente aumentaba la presión, y de cuya primera aplicación ferroviaria tenemos noticias en 1887, se puede considerar que la época de las grandes innovaciones en la tracción de vapor había sido ya superada y existía una tecnología plenamente desarrollada. A partir de este momento la técnica se decanta por perfeccionar los elementos ya existentes con el propósito de incrementar la capacidad de arrastre de las locomotoras y aprovechar al máximo la energía generada. Surgieron así recalentadores o nuevos sistemas de distribución en los que colaboraron buena parte de las grandes compañías europeas del momento. Todas ellas se ocuparon de patentar en España lo que podría estar en relación con el hecho de que hacia 1900 entramos en un momento de renovación de los parques de las grandes concesionarias y necesitaban estar presentes en el mercado español, máxime si se tiene en cuenta que la industria nacional todavía no era capaz de colaborar decisivamente en esta tarea.

Lo cierto es que las empresas españolas no participaron con intensidad en el sistema de patentes en todo lo relativo a la tracción. Por ejemplo, no existe constancia de que la Maquinista Terrestre y Marítima, la principal casa constructora de material de tracción hasta los años veinte, registrase alguna patente de carácter ferroviario, pero es que tampoco el resto de las empresas que con posterioridad se incorporaron a la fabricación de este material se sumaron al sistema de patentes. La única excepción fue la de Babcock & Wilcox. De hecho, su propia fundación se articuló sobre la cesión de su homónima británica de nueve patentes que le garantizaron la utilización exclusiva de aquellos procesos tecnológicos necesarios para poner en marcha su actividad productiva, aunque

los capitales empleados en su creación fueron nacionales en su totalidad. A pesar de todo, sólo registró cuatro patentes referidas específicamente a cuestiones ferroviarias, básicamente recalentadores, unas patentes que no se debían a desarrollos propios sino que le fueron cedidas por la compañía británica para su explotación y registro en España.

La cuestión que se nos plantea ahora es saber qué ocurrió cuando a partir de la década de los veinte las compañías nacionales asumieron la práctica totalidad de la construcción de locomotoras de vapor. La inexistencia de patentes de estas empresas, cuando era como hemos visto un sistema de protección muy desarrollado, nos lleva a la conclusión de que o bien no desarrollaron en ningún momento nuevas tecnologías o, si lo hicieron, no se preocuparon de protegerlas. El hecho de conocer los modelos de locomotoras empleados por la mayor parte de las concesionarias nos da algunas pistas para solucionar dicho problema. Así, los tipos empleados utilizaron en su totalidad tecnologías ya desarrolladas y probadas en otros países, en especial Francia, Alemania e Inglaterra, es decir, aquellos que con mayor profusión acudieron al sistema de patentes. No parece que las empresas españolas estuvieran en condiciones de competir con una tecnología exterior que llevaba ya un siglo explorando las más diversas posibilidades. Las empresas españolas no tenían, por tanto, gran interés en desarrollar nuevos procedimientos ya que las propias concesionarias exigían modelos de locomotoras ya en explotación que ofrecieran la fiabilidad requerida. Ciertamente es que en ocasiones incluyeron determinadas mejoras para adaptar las locomotoras a la difícil orografía nacional, pero cuando esto ocurrió no parecieron preocuparse de patentar sus procesos, probablemente porque el mercado estaba suficientemente repartido entre los fabricantes como para no preocuparse de que la competencia pudiera emplear sus sistemas, en particular porque las necesidades de cada una de las concesionarias eran distintas.

Si en el tema de la tracción de vapor la presencia de las empresas españolas en el sistema de patentes era poco relevante, otro tanto sucedió con el material remolcado, lo que no deja de ser significativo por cuanto a lo largo del periodo de estudio el 90 por 100 de los vagones y furgones que circularon por las diferentes redes habían sido construidos en España por las diversas sociedades que se fueron creando. Material para Ferrocarriles y Construcciones, CAF, Carde y Escoriaza y La Naval son sólo algunas de las múltiples compañías que se dedicaron a la fabricación de este tipo de productos. Esto nos lleva a considerar que construir en el país no significa inventar y diseñar. Fue la transferencia de tecnología el sistema empleado mayoritariamente para la construcción del nuevo material ¹⁸. Esta actitud no sólo se limitaba al periodo estudiado ya que muchos años después, en la década de los sesenta y setenta, las principales empresas

¹⁸ No obstante, si podemos encontrar algunas patentes solicitadas por diversas empresas españolas relevantes en la época. Probablemente fue Mariano del Corral quien utilizó en mayor medida el sistema de patentes. De esta manera en 1900 obtuvo una primera patente por un procedimiento para la construcción de vagones mixtos con bogies o carros giratorios a los que dio el nombre de "Corral" para pasar de la vía estrecha a la normal. También en 1919 obtuvo otra patente que mejoraba el sistema de cierre y descarga automática de los vagones tolvas; Material Móvil y Construcciones también patentó en 1924 alguno de sus inventos, aunque su entidad tecnológica era menor, ya que se trataron de unos pestillos de cierre para puertas correderas de tranvías y ferrocarriles o un banco reversible; por su parte, Herederos de Ramón Múgica patentó también en 1924 un sistema de persianas enrollables para ferrocarril; mientras que CAF registró en 1925 un bastidor metálico para ventanas.

nacionales continuaban fabricando sus productos con licencias y patentes extranjeras, no habiendo configurado departamentos propios de desarrollo. En buena medida esto estaba condicionado porque en muchas ocasiones en los pliegos de condiciones para la adquisición de nuevo material las compañías ferroviarias exigían seguridades derivadas del rendimiento del material en otras redes ferroviarias. La inexistencia de series largas de pedidos de nuevo material también condicionó el escaso interés por el desarrollo de tecnologías propias. La inversión necesaria para ello sólo podría justificarse con una amortización suficiente que vendría determinada por la adquisición de un número mínimo de unidades. Como las exigencias y necesidades de las concesionarias variaban con frecuencia, el desarrollo de nuevos modelos podría, en un momento dado, no adecuarse a lo solicitado por la demanda y por lo tanto la rentabilidad obtenida sería nula. Esto no quiere decir que en el caso del material remolcado no hubiera productos desarrollados en España ya que, en muchas ocasiones, la tecnología necesaria no exigía de grandes inversiones, pero lo cierto es que durante este periodo lo normal fue que se utilizaran patentes extranjeras en las que se introducían las modificaciones necesarias para adaptarla a las redes españolas, en especial en lo referente al diferente ancho de vía, o, simplemente, que no se patentasen las innovaciones introducidas igual que sucedía con la tracción.

En general, la evolución técnica del material remolcado se produjo en dos direcciones. Por un lado hacia la progresiva especialización en el tipo de vagones y furgones utilizados para el transporte de las mas variadas mercancías y, por otro, hacia mejoras en los frenos, ruedas, bastidores, ejes, topes, enganches y un largo etcétera de piezas auxiliares que permitieron no sólo aumentar la longitud de los trenes sino también su velocidad y seguridad para lo cual era necesario disminuir el peso muerto del vagón respecto a la carga, redundando todo ello en mayores beneficios de explotación.

Dentro del material móvil hay que incluir un apartado específico referido a los sistemas de frenado, dado que se constituyen como un elemento básico para una correcta circulación ferroviaria. En España se utilizaron básicamente frenos de vacío, siendo poco empleados los de aire comprimido. La tardanza en la aplicación de los frenos neumáticos en los ferrocarriles españoles hizo que finalmente se decantasen por la solución más sencilla tanto en su manejo como en su mantenimiento, y esta solución era la de los frenos de vacío. De todas formas, durante todo el siglo XIX y hasta bien entrado el XX, muchas de las locomotoras que se fabricaron o circularon en nuestro país sólo disponían de freno manual, fundamentalmente de husillo, circulando una gran parte del material remolcado sin ningún tipo de freno, intercalándose los vehículos que llevaban frenos con los que no en una proporción variable dependiendo de si eran de mercancías o viajeros, de las dificultades del recorrido, de la carga del tren, etc.

Hasta los años setenta la presencia de inventores nacionales en este campo tecnológico fue muy abundante, destacando especialmente las figuras de los hermanos Castellví y Canalias, pero pronto fueron las grandes empresas extranjeras las que asumieron el protagonismo, siendo referencia fundamental George Westinghouse, bien de forma individual o a través de sociedades. Una característica especial de las patentes registradas fue el hecho de evitar acumular varias innovaciones en una misma patente, prefiriendo habitualmente dividir en varias las mejoras presentadas. Es de destacar el hecho de que se patentasen en España todo tipo de frenos, tanto de vacío como de aire comprimido en

proporción creciente cuando, sin embargo, sólo se utilizaron los primeros. En el caso de los frenos eléctricos, utilizados exclusivamente en este tipo de tracción, la presencia fundamental fue de la Thomson-Houston, en sus diferentes versiones. Los frenos neumáticos por su complejidad no se fabricaron por las empresas nacionales que se limitaban a la producción de los más sencillos de palanca o mecánicos.

La aplicación de la tracción eléctrica a finales del siglo XIX iba a suponer la apertura de un nuevo campo de investigación. Sin embargo, su mayor desarrollo, que coincide con el cambio de siglo y con la década de los veinte, no iba a significar un retroceso en el número de patentes presentadas sobre tracción de vapor que, por el contrario, intensificaron en el último de estos periodos su ritmo de concesiones. Es este un hecho típico en la trayectoria tecnológica: cuando aparecen posibles sustitutos se incrementa la investigación en los ya existentes con el propósito de rentabilizar unas inversiones en material e instalaciones ya efectuadas y que todavía no habían sido amortizadas.

Las patentes relacionadas con la tracción eléctrica recogieron en España la evolución propia del mercado internacional de patentes, que comenzaron a desarrollarse en el momento en el que se esperaba que podía comenzar la electrificación de los tranvías, patentándose en este caso más por lo esperado que por lo realizado. Un ejemplo de ello puede ser el elevado número de patentes referidas al “canal subterráneo”, una opción de transporte de la energía para ferrocarriles que apenas fue empleada en España, pero que sin embargo tuvo numerosas líneas de investigación en Europa a finales del siglo XIX. De todas formas, la tracción eléctrica tardó en incorporarse en los sistemas ferroviarios, una vez superados los problemas técnicos iniciales relativos a la toma de la corriente, la transmisión de la misma o su acumulación, debido a que los costes de instalación de este modo de tracción eran considerablemente más elevados que los de la tracción a vapor. No era sólo que las locomotoras eléctricas fuesen dos o tres veces más caras sino que además tenían el coste adicional de mantener líneas de transmisión de energía, subestaciones e incluso, en ocasiones, instalaciones generadoras propias.

En el tema eléctrico se pueden distinguir tres objetos de invención. Por una parte la tracción ferroviaria propiamente dicha, sobre la que no se comenzó a patentar sino hasta 1883; por otro los sistemas de alimentación, con un inicio más tardío, hacia 1889, aunque con una fuerte presencia hasta los primeros años del siglo XX como consecuencia del desarrollo de los tranvías; y, por último, los propios tranvías, que comenzaron su presencia en el sistema de patentes español en 1873¹⁹.

Las sociedades comenzaron a registrar en España inventos aplicables a los tranvías desde la década de 1880 y para ferrocarriles específicamente a partir de 1920, probablemente no tanto porque estas empresas pensaran instalar talleres de fabricación de componentes eléctricos de motores, automotores y locomotoras sino para proteger la invención, evitando así su producción por terceros, y porque por esos años se empezaban a discutir en España planes de electrificación ferroviaria y las compañías más importantes del sector querían estar presentes planteando sus ofertas sostenidas por patentes registradas.

¹⁹ Hay que tener en cuenta que los primeros tranvías que se pusieron en funcionamiento en España, en concreto en Madrid y todavía con tracción de sangre, se inauguraron en 1871. La electrificación de los tranvías españoles no empezó hasta 1897 en Bilbao, sumándose a continuación Madrid y Barcelona en un rápido proceso que llevó a la total electrificación de las líneas en pocos años.

Como en el caso del material móvil los principales países presentes en el sistema fueron Alemania y Francia, aunque en esta ocasión también fue especialmente significativa la aportación de las sociedades suizas, debido al importante desarrollo de tecnología propia en este país, consecuencia de haber optado por un sistema ferroviario ampliamente electrificado, por lo que compañías como la Brown Boveri o Oerlikon tuvieron una significativa importancia en este segmento tecnológico ²⁰. En el caso alemán la presencia de Siemens fue la más importante, mientras que los franceses registraron inventos especialmente a través de Thomson-Houston y de Constructions Electriques de France. La casi nula presencia norteamericana en el sistema de patentes español, pese a disponer de empresas de la envergadura de General Electric con importantes líneas de investigación en la tracción eléctrica se debió a que las patentes de esta sociedad se registraban en España por medio de la Thomson-Houston, empresa que con 43 patentes destacó especialmente junto con la Brown Boveri que registró 31. La presencia nacional no fue tampoco especialmente representativa, lo que hay que poner en relación con el hecho de que durante muchos años los componentes eléctricos de las locomotoras se fabricasen íntegramente en el extranjero construyéndose en España únicamente la parte mecánica de las mismas. Es decir, nos encontramos con un proceso similar al acontecido con la aparición de la tracción de vapor en donde la industria española tardó mucho tiempo en ser capaz de asumir la fabricación completa de las locomotoras.

Si tardía fue la incorporación de la tracción eléctrica más aún lo fue la combustión interna, además de contar con un número considerablemente menor de patentes. Hay que tener en cuenta que aunque los primeros automotores se empezaron a aplicar en España en la década de los treinta no será sino hasta los años cincuenta cuando su empleo se intensifique. La primera patente se había registrado, no obstante, en 1888 por G. Daimler y aunque su principal aplicación eran los automóviles también tenía un uso ferroviario. El resto de las patentes prácticamente se concentraron entre 1922 y 1935. Hay que tener en cuenta que las locomotoras diesel planteaban, por su naturaleza, una serie de problemas técnicos que tardaron en ser resueltos: falta de elasticidad de su motor, arranques y cambios de marcha difíciles, incapacidad de soportar sobrecargas importantes y dificultad para funcionar a velocidades reducidas. Los motores de combustión interna necesitaban marchar acelerados antes de tirar del coche, lo que contrastaba con el vapor o la tracción eléctrica, que podían desarrollar un esfuerzo cuando todavía estaban en reposo. Para solucionar este problema, lo primero que se hizo fue acoplar el motor diesel a un compresor para suministrar aire comprimido a los cilindros de un bastidor y tren de rodadura de una locomotora normal de vapor. La utilización de un fluido hidráulico como medio de transmisión resultó satisfactoria aunque pronto se implantaría la transmisión eléctrica que tenía un rendimiento muy superior.

Hasta el año 1924 no funcionó con éxito la primera locomotora diesel-eléctrica en un servicio comercial, fabricada por las firmas Ingersoll-Rand, General Electric y American Locomotive (ALCO). Sin embargo, era cara y complicada en especial porque

²⁰ Una situación semejante se vivió también en Italia, en donde la disponibilidad de importantes centrales hidráulicas y la escasez de carbón también favoreció la opción eléctrica. Sin embargo, allí no se desarrolló una tecnología propia, quizás por ese atraso que guió a los países mediterráneos.

había que construir primero una locomotora eléctrica completa para añadir posteriormente un grupo electrógeno diesel para suministrar la necesaria energía eléctrica. Sólo cuando General Motors introdujo una locomotora de este tipo más barata gracias a la producción en serie y la estandarización de las piezas la combustión interna encontró un mercado más amplio y comenzó su verdadera historia.

El último grupo tecnológico referido al ferrocarril que hemos analizado es el de la infraestructura y la seguridad. Muy heterogéneo en cuanto a la composición de las patentes, permite sin embargo comprobar con claridad la evolución tecnológica determinada por el uso de nuevos tipos de energía. Esto es especialmente notorio en lo relativo a señalización, enclavamientos, bloqueos, etc. en donde el interés de las patentes presentadas era siempre el de procurar mayores dosis de seguridad en la circulación ferroviaria. De esta manera, encontramos patentes para el movimiento manual de agujas o señales en los primeros años para, con posterioridad, ir apareciendo diferentes sistemas mecánicos de transmisión (funiculares, neumáticos, hidráulicos) hasta que finalmente el mayor desarrollo de la electricidad propició unos sistemas más fiables que, además, permitían disponer de toda la información sobre el estado de la vía en las propias estaciones. Así, podemos encontrar desde la clásica cerradura Bouré hasta los enclavamientos eléctricos de Siemens o Ericsson en una secuencia de clara evolución tecnológica y que además se incorpora en numerosas ocasiones a los ferrocarriles nacionales.

Como en otros grupos tecnológicos, fueron franceses y alemanes lo que con mayor intensidad registraron nuevos inventos, aunque si es posible apreciar una mayor participación de inventores individuales españoles que aportaron soluciones a problemas específicos, unos inventos que fueron llevados a la práctica en múltiples ocasiones aunque no se generalizase finalmente su utilización ²¹. En parte, esta participación nacional estaba relacionada con las especificidades de la red española que tuvieron su principal representante en la figura de Bernardo Puig, quien en 1911 patentó un sistema que facilitaba el cambio de ancho de vía, un problema que no existía en muchos países pero que sin embargo si propició que inventos extranjeros relacionados con esta cuestión se registrasen en España ²². En el tema de la infraestructura también fue relevante la invención nacional, aunque como ya se comentó en el caso de los carriles la mayor parte de los procedimientos patentados se referían a sistemas generales de fabricación de perfiles, que aunque aplicables al ferrocarril servían igualmente para otros usos. El sistema de patentes permite también comprobar la larga trayectoria tecnológica que deben recorrer determinados productos desde que se inician las primeras investigaciones hasta que los resultados permiten llevar a la práctica de manera continuada la innovación. Un caso paradigmático sería el de las traviesas de hormigón que empezaron a ser patentadas a finales del siglo XIX. Fueron muchos los inventos presentados que pretendían no solo dotarlas de mayor elasticidad para evitar su ruptura sino también diseñar sistemas de anclaje que

²¹ Quizás el más conocido fuera el del *Teledikto Eléctrico Ferroviario* de Teodoro Rodríguez Fernández, un sistema de regulación de la circulación que en 1894 fue utilizado entre las estaciones de El Escorial y Villalba

²² Este fue el caso de la patente presentada en 1919 por Linke-Hofmann-Werke A.G. quienes habían ideado un sistema que trataba de solucionar el problema que existía para la comunicación entre los ferrocarriles alemanes y los rusos, donde también se daba un ancho de vía distinto.

impidiesen su levantamiento al paso de los trenes. Pues bien, a principios de los años cincuenta en la red española seguían utilizándose estas traviesas “a modo de ensayo” y su generalización no comenzó a producirse con regularidad hasta la década de los ochenta. Es decir, ha tenido que transcurrir casi un siglo para que una tecnología que daba sus primeros pasos en el momento de máximo auge de la tracción de vapor se consolide cuando es la Alta Velocidad el modelo ferroviario que busca el siglo XXI.

Estos más de cien años constituyeron la etapa fundamental de la trayectoria tecnológica del ferrocarril. A la altura de 1936 todos los grandes problemas habían sido ya planteados y habían quedado definidas las líneas maestras de sus respectivas soluciones. El sistema de patentes permite reflejar con bastante fidelidad la evolución tecnológica del ferrocarril debido al alto grado de internacionalización del sector, tanto en sus aspectos técnicos como financieros. El análisis de las patentes ferroviarias nos ha permitido también obtener información sobre las estrategias seguidas tanto por las empresas nacionales como extranjeras del sector, sobre la fabricación en España o la importación de los dispositivos patentados. Junto a todo esto nos ha permitido comprobar como España era un país que, frente a la tradicional visión de que la innovación no interesaba, tenía un elevado número de personas desarrollando nuevos procedimientos y con las inquietudes necesarias como para acceder a este sistema de protección de los inventos. Quizás hayan de buscarse las razones de la falta de explotación de los inventos nacionales en el retraso mismo de las fábricas y talleres del país, en su pobre estructura industrial y económica y en la aversión a todo riesgo financiero. Todo ello dificultaba la posibilidad de que el inventor español pudiera disponer de los medios técnicos y económicos necesarios para el desarrollo y la explotación de su invento.

BIBLIOGRAFÍA

- AHRONS, E. L., *The british steam railway locomotive. From 1825 to 1925.*
- ARENILLAS MELENDO, J. (1986), *La tracción en los ferrocarriles españoles: evolución histórica y situación actual.* Madrid, Renfe.
- CAYÓN, F., FRAX, E., MATILLA, M^a J., MUÑOZ, M. y SÁIZ, J. P. (1998), *Vías Paralelas. Invención y Ferrocarril en España 1826-1936.* FFE, Madrid.
- CAYÓN, F. y MUÑOZ, M. (1998), *La Industria de Construcción de Material Ferroviario. Una Aproximación Histórica.* Madrid, Fundación Empresa Pública.
- Cien años de ferrocarriles en España.* (1948) Madrid, Comisión Oficial de la Conmemoración del Centenario de los ferrocarriles en España, 4 volúmenes.
- COMÍN COMÍN, F., MARTÍN ACEÑA, P., MUÑOZ RUBIO, M. y VIDAL OLIVARES, J. (1998), *150 Años de Historia de los Ferrocarriles Españoles.* Madrid, Anaya-FFE.
- “Evolución del Material Móvil” (1951), *Ferrocarriles y Tranvías*, vol. 18, num. 207, noviembre.
- FERNÁNDEZ SANZ, F. (1982), *La construcción de locomotoras de vapor en España*, Madrid, Ediciones de Estudios Ferroviarios.
- FERRER, V. (1983), *Señales ferroviarias. Historia y evolución de la señalización mecánica en España.* Barcelona, Técnica y Documentación.
- FRAX, E., MATILLA, M^a J., MUÑOZ, M. y SÁIZ, J. P. (1994), “El Sistema de Patentes en España en el siglo XIX: el Sector Marítimo”, en *Puertos Españoles en la Historia*, Madrid, CEHOPU, CEDEX.

- FRAX, E., MATILLA, M^a J., MUÑOZ, M. y SÁIZ, J. P. (1996), “La Innovación Tecnológica en los Puertos Españoles en el siglo XIX a través del Sistema de Patentes”, en *Actas del Coloquio Internacional El Sistema Portuario Español (siglos XVI-XIX)*, Madrid, CEHOPU, CEDEX.
- GARCÍA LOMAS Y COSSÍO, J. M. (sf), *Fundamentos históricos de la explotación técnica de Ferrocarriles. Vol. II*. S.I, s. a. (mecanografiado).
- GARCÍA TAPIA, N. (1990), *Patentes de Invención Españolas en el Siglo de Oro*, Madrid, OEPM.
- GIBERT Y SALINAS, A. (1935), *La electrificación de los ferrocarriles en España, empresa nacional. Separata de Anales de la Asociación de Antiguos Alumnos del ICAI*.
- GÓMEZ MENDOZA, A. (1989), *Ferrocarril, Industria y Mercado en la Modernización de España*, Madrid, Espasa-Calpe.
- HERETER, L. y MIQUEL, M. (1923), *La locomotora. Su evolución, cálculo, funcionamiento y construcción*, Barcelona, Apolo.
- HIRSCHMAN, A. O., (1961), *La Estrategia del Desarrollo Económico*, FCE, México.
- LANDES, D.S., (1979), *Proceso tecnológico y revolución industrial*, Madrid, Tecnos.
- LUBAR, S. (1991), “The Transformation of Antebellum Patent Law”, en *Technology and Culture* num. 4, October.
- MAC NEILL (ed.) (1990), *An Encyclopaedia of the History of Technology. I*. London, Routledge.
- MACLEOD, C. (1988), *Inventing the Industrial Revolution. The English Patent System, 1660-1800*, Cambridge, Cambridge University Press.
- MATILLA, M^a J. y SÁIZ, J. P., (1995), “Invención e Innovación en el Sector Ferroviario. España (1844-1862)” en *Actas VIII Congreso Internacional para la Protección del Patrimonio Industrial*, Madrid, CEHOPU, CEDEX.
- MORI, G. (1983), *La Revolución Industrial*, Barcelona, Crítica.
- MUÑOZ RUBIO, M. (1995), *Renfe (1941-1991) Medio Siglo de Ferrocarril Público*, Madrid, Luna.
- MUÑOZ, M. y SÁIZ, J. P. (1994), “Inventario de Patentes de Invención sobre Buques y Puertos. España (1878-1900), en *Puertos en la Historia*, Madrid, CEHOPU, CEDEX.
- MZA (Madrid, Zaragoza, Alicante), (1909), *Estudio sobre la Existencia y Necesidad de Vagones en la Compañía de MZA*.
- MZA (Madrid, Zaragoza, Alicante), (1910), *Inventario de Máquinas Tenders, Coches, Furgones, Vagones y Grúas Móviles*.
- MZA (Madrid, Zaragoza, Alicante), (1935), *Inventario de Máquinas, Ténderes, Coches, Furgones, Vagones y Grúas Móviles en 31 de Diciembre de 1934*. Madrid, Sucesores de Rivadeneyra, S.A.
- NADAL, J., CARRERAS, A. y MARTÍN ACEÑA, P., (1988), *España: 200 años de tecnología*, Barcelona.
- NORTE (Camino de Hierro del Norte de España), (1928), *Existencia de Coches, Furgones y Vagones*. Imprenta Central de los Ferrocarriles, Madrid.
- NORTE (Camino de Hierro del Norte de España), (1932), *Estado General del Material Móvil. Coches, Furgones y Vagones*. Madrid, Imprenta Central de los Ferrocarriles.
- ORTÍZ VILLAJOS, J. M. (1998a), *Tecnología y Desarrollo Económico en la España Contemporánea. Estudio de las Patentes Registradas en España entre 1882 y 1935*. Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid.
- ORTÍZ VILLAJOS, J. M., (1998b), *La Innovación Tecnológica en la Economía Española. Estudio Sectorial de las Patentes Solicitadas en España entre 1882 y 1935*, Madrid, Fundación Empresa Pública.
- PENROSE, E.T. (1974), *La Economía del Sistema Internacional de Patentes*, Madrid, Siglo XXI.
- PLASSERAUD, Y. y SAVIGNON, F., (1986), *L'Etat et L'Invention. Histoire des Brevets*, Paris. INPI.

- SÁIZ GONZÁLEZ, J. P. (1999), *Invención, Patentes e Innovación en la España Contemporánea (1759-1936)*, Madrid, OEPM, Ed. Montecorbo (en prensa).
- SAIZ GONZÁLEZ, J. P. (1996a), *Las Patentes y la Economía Española (1826-1878)*, Madrid, Fundación Empresa Pública, Doc.9606.
- SÁIZ GONZÁLEZ, J. P. (1996b), *Legislación Histórica sobre Propiedad Industrial (España 1759-1929)*, Madrid, OEPM.
- SÁIZ GONZÁLEZ, J. P. (1995), *Propiedad Industrial y Revolución Liberal. Historia del Sistema Español de Patentes (1759-1929)*, Madrid, OEPM.
- SÁIZ GONZÁLEZ, J. P., (1994), “Inventario de Privilegios de Invencción sobre Buques y Puertos. España (1759-1878)” en *Puertos Españoles en la Historia*, Madrid, CEHOPU. CEDEX.
- SCHMOOKLER, J. (1966), *Invention and Economic Growth*. Cambridge, Mass.
- SERVICIO DE ESTUDIOS del Banco Urquijo (1961), *La Industria de Material Ferroviario en España*, Madrid.
- SULLIVAN, R. J., (1990), “The Revolution of Ideas: Widespread Patenting and Invention during the English Industrial Revolution”, *The Journal of Economic History*, Vol. 50, nº 2, junio.
- VERGARA, J.M., (1989), *Ensayos Económicos sobre Innovación Tecnológica*, Madrid, Alianza.

Editores:

MIGUEL MUÑOZ RUBIO
JESÚS SANZ FERNÁNDEZ
JAVIER VIDAL OLIVARES

Portada: José López

Depósito Legal: M-49883-1999

ISBN: 84-88675-62-3

Copyright de esta edición: Fundación de los Ferrocarriles Españoles (FFE).