

Condicionantes Legales y Técnicos del Ferrocarril de Vía Estrecha a lo largo de su Historia en España. *Luis Ubalde Claver. Centro de Innovación del Transporte (CENIT), Barcelona*

1. INTRODUCCIÓN

La red actual de ferrocarriles de vía estrecha en España procede de un complejo y largo proceso histórico, marcado de forma general por una búsqueda de soluciones económicas para el transporte en ámbitos reducidos. La voluntad de fomentar la construcción de infraestructuras ferroviarias fuera de los grandes corredores, en los que residía el mayor atractivo para las compañías, condujo a dejar el camino expedito para la construcción de líneas de ancho inferior al normal con el propósito de reducir los costes de primer establecimiento.

La elección del ancho métrico o incluso de anchos de vía inferiores, aparte de variar los costes de construcción e impedir la interconexión con la red principal, reportaba una serie de condicionantes técnicos que afectaban en gran medida los parámetros de trazado, la capacidad de transporte, las prestaciones desarrolladas por el material motor y las características del material remolcado.

Las consecuencias derivadas de disponer de un ancho de vía inferior al normal han condicionado especialmente el éxito e incluso la supervivencia de muchas líneas ferroviarias de vía estrecha. Su aislamiento frente a la red principal, el localismo de su trazado y de sus instalaciones, y sobre todo la competencia del transporte por carretera ofreciendo unos tiempos de viaje más competitivos obligaron a cerrar un gran número de líneas en el tercer cuarto del siglo pasado. En la actualidad, no obstante, se asiste a un renacer de este ferrocarril; renacer que se centra en gran medida en los servicios de cercanías, en los que se adecuan de forma satisfactoria la economía de construcción y las prestaciones alcanzadas, con la demanda de las zonas atendidas. Esta circunstancia se pone claramente de manifiesto en las grandes inversiones acometidas por FEVE, EUSKOTREN y FGC, así como en las prolongaciones y nuevas líneas pertenecientes a FGV, Metro de Bilbao y SFM.

2. ORÍGENES Y EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL FERROCARRIL DE VÍA ESTRECHA

2.1. Orígenes de los anchos de vía

El ancho de una línea de ferrocarril es un parámetro que históricamente ha estado sujeto a factores económicos, orográficos, comerciales y técnicos. La ausencia de una normativa de estandarización desde los orígenes del ferrocarril ha favorecido una notable amalgama de anchos de vía, que en muchos casos ha entorpecido o limitado las posibilidades de explotación.

En los albores del ferrocarril, de la mano del ingeniero George Stephenson, el ancho de vía escogido para las primeras líneas en el Reino Unido fue el que con el devenir del tiempo se acabaría llamando ancho internacional (1435 mm). Cabe destacar que la razón de ser de este ancho se amparaba en las dimensiones de los carros de aquel entonces que, a su vez, habían heredado este valor secularmente a través de la estandarización impuesta por las roderas de los caminos.

La voluntad de mejorar las prestaciones de las primitivas locomotoras pasaba, según el parecer de algunos técnicos de la época, por aumentar el ancho de vía, de tal manera que se pudieran alojar calderas y hogares de mayores dimensiones a igual longitud de la

locomotora. Por motivos de estabilidad, en los primeros diseños, a diferencia de los más evolucionados (figura 1), no se contemplaba la posibilidad de colocar la caldera en una posición superior a las ruedas, sino que debía colocarse entre ellas a fin de rebajar la altura del centro de gravedad. Cabe añadir en este sentido que la consecución de velocidades más elevadas residía de forma importante en el diámetro de las ruedas, lo que obligaba, según los criterios de estabilidad sobre las primitivas vías, a disponer de un ancho de vía superior.

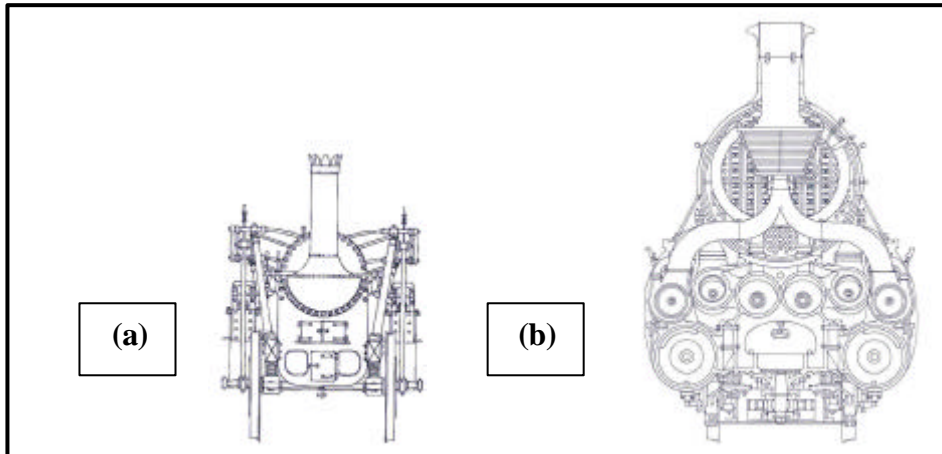


Figura 1.- (a) Locomotora del ingeniero francés Marc Seguin construida en 1829 para la línea entre Lyon y Saint-Étienne. (b) Pacific (231) construida por Maffei en 1923 para la red estatal de Baviera. Fuente: Hamilton (1981).

A partir de este razonamiento, surgió una cierta tendencia minoritaria a ampliar el ancho de vía. Concretamente, el mayor valor que se utilizó en líneas de ferrocarril convencional fue el correspondiente a la línea del Great Western Railway en el Reino Unido, que alcanzó los 2134 mm. Este valor estuvo vigente desde el trazado de la línea en 1837 hasta su conversión al ancho internacional en 1892 (C. Hamilton, 1981). Precisamente una locomotora de este ferrocarril, la “Iron Duke” de 1847, estaba dotada de unas ruedas de 2,44 m de diámetro.

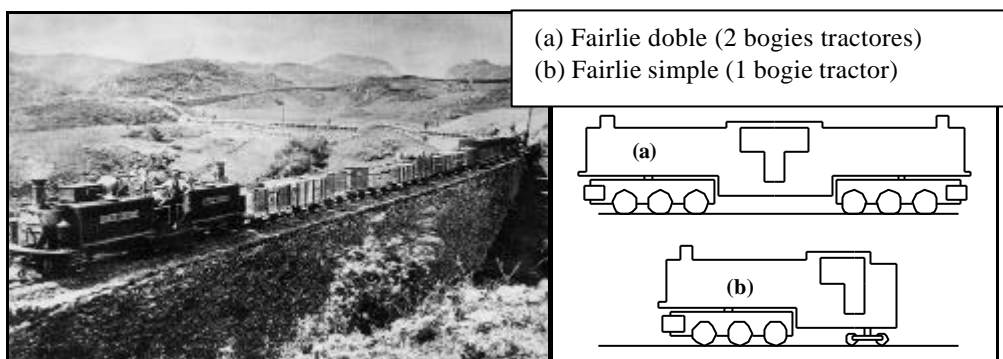


Figura 2.- Locomotora 020+020 tipo Fairlie “Little Wonder” (1869-1882) del ferrocarril de Ffestiniog y esquema correspondiente. Fuente: Rheilffordd Ffestiniog Railway (2003).

Contrariamente a esa corriente, se encontraba la proliferación de ferrocarriles de ancho inferior al escogido por G. Stephenson. La motivación por conseguir un coste de construcción rebajado y realizar las obras en un plazo de tiempo más reducido – máxime, cuando los trabajos eran esencialmente manuales– condujo a la elección de

ferrocarriles de vía estrecha, especialmente en las zonas de relieve escarpado. El primero de estos ferrocarriles que entró en servicio fue el que unía las canteras de pizarras de Blaenau Ffestiniog con el puerto de Porthmadog (Gales) en 1836 (figura 2). En un principio se trataba de una línea explotada mediante tracción animal, pero en 1865, ya con tracción de vapor, se abrió esta línea al servicio de viajeros, constituyendo la primera línea de vía estrecha –su ancho era de 2 pies (610 mm)– que ofrecía tal servicio.

2.2. Evolución del ferrocarril de vía estrecha en España: condicionantes coyunturales y entorno legislativo

(a) Los albores del ferrocarril y primeras consideraciones sobre el ancho de vía

El inicio del ferrocarril en la España peninsular¹ adoleció de un cierto retraso en relación con otros países europeos. Así, mientras España no puso en servicio la línea Barcelona – Mataró hasta 1848, en Gran Bretaña las líneas entre Stockton y Darlington, y entre Manchester y Liverpool ya habían sido inauguradas en 1825 y 1830 respectivamente; Francia había puesto en funcionamiento su primera línea ferroviaria en 1832, Bélgica y Alemania en 1835, Austria y Rusia en 1838, Holanda e Italia en 1839, y Suiza en 1844. Este diferencial de tiempo debe entenderse desde la consideración de las convulsas circunstancias políticas y sociales de aquella época, que marcarían sin duda el sino tanto del ferrocarril de vía ancha como el de vía estrecha en España. Efectivamente, el inicio del siglo XIX coincidió con el trágico acontecimiento de la Guerra de la Independencia (1808-1814), periodo al que siguió el reinado de marcado carácter absolutista de Fernando VII. Las iniciativas que se habían llevado a cabo para mejorar las infraestructuras de transporte del país –entre las que de forma insoslayable destacaban la fundación del Cuerpo de Ingenieros de Caminos y Canales del Reino en 1799, y la creación de la Escuela de Ingenieros Civiles en 1802 por el insigne ingeniero Agustín de Betancourt– fueron desbaratadas rotundamente en la dura persecución que ejerció ese monarca contra las corrientes liberales.

De esta manera, el sistema de comunicaciones del país estaba conformado básicamente por menos de 2000 km de caminos carretiles, que presentaban además importantes deficiencias en cuanto a diseño y a mantenimiento. En general, esta realidad era atribuible, de acuerdo con R. Alcaide (1999), al carácter accidentado del relieve peninsular, a la falta de profesionales dotados de conocimientos técnicos específicos para afrontar los retos tecnológicos de nuevas infraestructuras y, sobre todo, al mal estado de las finanzas reales que constreñía grandemente cualquier política de obras públicas que se quisiera emprender.

La muerte de Fernando VII en 1833 supuso el fin de su política absolutista y el inicio de una lenta reforma de la Administración pública a cargo de políticos de talante liberal. Además se apostó de nuevo por la formación de técnicos mediante la creación en 1835 del Cuerpo de Ingenieros Civiles, formado por dos inspecciones con sus correspondientes Escuelas: la de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, y la de Ingenieros de Minas.

A pesar de estas medidas favorecedoras para seguir el ejemplo de los países que iniciaban sus redes ferroviarias, España se encontraba inmersa en un proceso sumamente inestable. La designación de Isabel de Borbón como heredera del trono implicó el enfrentamiento entre los que la defendían y los partidarios del pretendiente

¹ En la España de Ultramar, concretamente en Cuba, la primera línea de ferrocarril fue la que unía la Habana con Güines, inaugurada parcialmente en 1837 (tramo la Habana – Bejucal).

Carlos María Isidro, hijo de Carlos IV. El conflicto generó la primera Guerra Carlista (1833-1840), que se reproduciría en 1848 y posteriormente en 1872. A la vez, desde la segunda década del siglo, se venían produciendo sucesivas insurrecciones en las colonias americanas, lo que obligaba a destinar importantes partidas económicas desde la Hacienda Pública. Por otra parte, la precariedad institucional de las regencias de María Cristina y Espartero acabadas con la sublevación y el destierro no permitían crear un entorno favorable para que germinaran proyectos de infraestructuras de gran envergadura.

Bajo estos auspicios se entiende que el ferrocarril, aunque rápidamente conocido en España –como lo atestigua la concesión de la línea de Jerez a Puerto de Santa María, Rota y Sanlúcar en 1829 (P. Alzola, 1899)–, sufriera un letargo considerable hasta los primeros años de la década de los cuarenta, cuando el Estado alcanzó una cierta estabilidad, al menos en el plano institucional. Este retraso estigmatizaría más adelante la legislación ferroviaria, obligada a buscar fórmulas más atractivas para los inversores o a permitir que en ciertos corredores estratégicos se pudieran implantar líneas de ancho inferior al de la red principal; todo ello, para acelerar el proceso de compleción de la red ferroviaria y recuperar el tiempo perdido.

En los años 1843 y 1844, se produjo el otorgamiento de diversas concesiones de líneas de ferrocarril, entre las que se hallaban las correspondientes a las futuras líneas que unirían Barcelona con Mataró y Madrid con Aranjuez. A raíz de ello, el Gobierno encargó a la Dirección General de Caminos, Canales y Puertos la elaboración de un informe en el que se especificaran un pliego general de condiciones para las concesiones que se solicitaran. A tal efecto, se formó una Comisión en la que participaban el propio Inspector General del Cuerpo, Juan Subercase, y los ingenieros José Subercase y Calixto de Santa Cruz.

El informe que se emitió destacaba la importancia que el ferrocarril alcanzaría sobre los restantes modos de transporte de la época y que, por ello, su construcción debía corresponder al Estado, si bien por falta de recursos económicos podía recurrirse a las compañías privadas bajo el régimen de concesión. Esta concesión debía tener carácter temporal y debía contemplar la posibilidad de que el Estado adquiriera prematuramente la línea concesionada mediante una indemnización. Asimismo, para evitar abusos de las empresas, se determinaba la facultad estatal de rebaja de tarifas si el rendimiento superaba el 12%.

También se abogaba claramente por una red ferroviaria continua que permitiera el principio de libertad de circulación de vehículos de diferentes compañías o del Estado por una misma línea, en régimen de peaje. Para conseguir la aplicación de este principio era necesario disponer de un único ancho de vía, que se fijó en 6 pies castellanos, que equivalen² a 1672 mm. Las razones que se esgrimieron para escoger este ancho de vía se fundamentaron en los siguientes puntos:

- (i) Sin aumentar considerablemente los gastos de establecimiento del camino, se podían poner en explotación locomotoras con calderas de dimensiones suficientes como para obtener velocidades más elevadas que las practicadas en el ancho internacional.
- (ii) Sin disminuir la estabilidad, se podía hacer mayor el diámetro de las ruedas, lo que también conducía a aumentar la velocidad.

Posiblemente, las cambiantes relaciones entre los estados europeos durante aquella época condujeran a desconsiderar en dicho estudio la interoperabilidad ferroviaria con

² Se utiliza la equivalencia siguiente: 1 pie castellano mide 278,6 mm.

el resto del continente como un objetivo prioritario que debiera condicionar el ancho de vía. No obstante, se apostó por la interoperabilidad a nivel nacional, cerrando la puerta al ferrocarril de vía estrecha en las concesiones que se plantearan, que acabarían conformando la red general ferroviaria del país.

Otras prescripciones técnicas que se concretaron fueron las pendientes y rampas máximas, que serían de 10 ‰; y los radios mínimos en las curvas que serían de 1000 pies (278,6 m). Estos valores, dadas las dificultades impuestas por el relieve, serían sustituidos posteriormente por valores más estrictos, tanto en el ferrocarril de vía ancha como sobre todo en el de vía estrecha.

De este informe, derivó la Real Orden de 31 de diciembre de 1844, que fue primicia en la legislación ferroviaria de España. En este texto se asumieron todas las prescripciones técnicas apuntadas por los ingenieros, pero a diferencia de lo aconsejado por el informe se favorecía en gran medida la inversión privada. En este sentido se reservaba la preferencia a los peticionarios de “conocido arraigo³” en un plazo de 12 a 18 meses para que pudieran completar la documentación requerida en su solicitud. Tal como apunta P. Alzola (1899), con esta disposición se favoreció la especulación en gran medida, ya que se podían obtener concesiones provisionales sin el menor gravamen para poder exigir una prima a las empresas que realmente estuvieran interesadas en construir la línea objeto de la concesión. A pesar de otorgarse la construcción de 21 líneas con 6700 km durante los años 1845 y 1846, la construcción y la puesta en servicio de nuevas líneas siguió un ritmo muy lento, lo que se pone de manifiesto en que en 1856 sólo hubiera en España 527 km de líneas ferroviarias en funcionamiento.

(b) Las Leyes Generales de Ferrocarriles

La lentitud anteriormente apuntada, agravada con el retraso de partida, motivó la redacción de distintos proyectos de ley de ferrocarriles en aras de fomentar el crecimiento de la red, hasta sancionar la Ley General Ferroviaria de 3 de junio de 1855. En dicha ley, retomando el espíritu del Informe de la Comisión de ingenieros, se le daba una mayor intervención al Estado en la construcción y explotación de ferrocarriles. Concretamente se establecían los siguientes puntos: las concesiones tendrían un plazo de 99 años, las inversiones de capital extranjero quedarían bajo la salvaguarda del Estado, los concesionarios tendrían derechos en cuanto a ocupación de terrenos de dominio público, y exenciones y desgravaciones aduaneras; y, sobre todo, se determinaban ayudas económicas por parte del Estado consistentes en subvenciones, en ejecución de obras concretas o en garantías de intereses mínimos al capital.

En esta Ley se ratificaba el ancho de 6 pies castellanos aplicable a todas las líneas, aunque se hacía distinción entre dos categorías: las líneas de servicio general y las de servicio particular. La construcción de las líneas pertenecientes a la primera categoría, tanto si la llevaba a cabo el Estado como si se realizaba a través de la concesión a una empresa privada, debía aprobarse por ley. Esta disposición constituía una imperfección técnico-jurídica del sistema concesional, ya que las leyes que otorgaban las concesiones podían modificar las condiciones generales –entre ellas, la correspondiente al ancho de vía–, recogidas en la Ley General de 1855 (A. Olmedo, 2001).

Bajo el amparo de esta ley, tuvo lugar la aparición del primer servicio público de un ferrocarril de vía estrecha en España. En 1864 se inauguró el tramo entre Carcagente y Gandía de la línea Carcagente – Denia con ancho de vía métrico⁴ (figura 3). El periodo

³ Textualmente, en la Real Orden de 31 de diciembre de 1844.

⁴ Previamente, en 1853, había entrado en servicio el tramo Gijón – Carbayín de la línea Sama de Langreo – Gijón, de ancho internacional, que, aun siendo inferior al ancho ibérico, no se puede considerar propiamente “de vía estrecha”.

de concesión era de 60 años y se explotaba con tracción animal (tal como especificaba el Pliego de Condiciones). Posteriormente, en 1882, fue concedida la conversión a ferrocarril económico servido por vapor, con un periodo de concesión de 99 años. La línea estaba destinada al transporte mixto de viajeros y de productos agrarios (A. L. Díaz, 2002a).



Figura 3.- (a) Tren de la línea Carcagente – Denia en un transporte de naranjas (1900).
(b) Estación de Denia del mismo ferrocarril (1918). Fuente: A. L. Díaz (2002b).

A mediados del siglo XIX, España contaba con una población de apenas 15,4 millones de habitantes, lo que suponía una densidad media de aproximadamente 30 habitantes por km². Este hecho condicionaba en gran medida la demanda de viajeros y en general supeditaba la creación de las líneas ferroviarias a necesidades de transporte de mercancías, especialmente de productos agrarios y de graneles minerales. Estas razones fueron las que primaron en las primeras líneas de vía estrecha, y en gran parte de las que hubo posteriormente.

La Ley de 1855 implicó un crecimiento intensivo de la red de ferrocarriles de vía ancha, alcanzando una media de más de 400 km anuales en el periodo 1856-65, impulsado en gran medida por la creación de dos grandes compañías: la Compañía de Ferrocarriles de Madrid a Zaragoza y Alicante, y la Compañía de Ferrocarriles del Norte, ambas de capital francés, constituidas en 1856 y 1858 respectivamente. Cabe destacar que, a diferencia de esta situación, el ferrocarril de vía estrecha se iría constituyendo mediante pequeñas compañías, algunas de las cuales explotarían tan sólo una única línea o una red muy local, o se dedicarían a una actividad industrial siendo la explotación de la línea ferroviaria una actividad secundaria.

En 1864, se inició una crisis económica auspiciada en gran medida por la insolvencia de compañías ferroviarias (A. Olmedo 2001). Se ponían de manifiesto las dificultades del sector ferroviario y, por supuesto, se frenaba el crecimiento de la red. Con la voluntad de fomentar la construcción de nuevas líneas se nombró una Comisión (Real Orden de 1 de septiembre de 1866) para estudiar la manera de reducir los costes de primer establecimiento. La memoria que emitió esta Comisión consideraba como medidas posibles la utilización de radios mínimos de 150 a 100 m, reducibles a 40 ó 50 m en casos especiales; rampas máximas de hasta 35 ó 40 ‰; y anchos de vía que pudieran reducirse hasta 1000 mm en las líneas de servicio de viajeros y a anchos menores donde sólo se transportasen mercancías (C. Botín, 1948).

En 1868 se produjo un alzamiento que derrocó a Isabel II y se inició un periodo de 6 años sumamente agitado (Gobierno Provisional, Regencia de Serrano, reinado de Amadeo I, I^a República, golpe de Estado y Restauración con Alfonso XII), que rebajó el crecimiento de la red de ferrocarriles de vía ancha, y contrariamente impulsó discretamente la construcción de líneas de vía estrecha. En dicho periodo, se sumaron 105 km a los 35 km correspondientes al ya mencionado tramo Carcagente – Gandía. Se

siguió entonces una política en extremo liberal, que asignó a las compañías la exclusividad de construir y explotar líneas de ferrocarril sin la intervención del Estado, siendo las concesiones a perpetuidad. Se dejó libertad para fijar las tarifas y los peajes de utilización de la infraestructura, aunque las empresas seguían necesitando de las subvenciones del Estado.

La llegada de la Restauración supuso la recuperación de los principios recogidos en la anterior Ley de 1855. Efectivamente, la Ley General de Ferrocarriles de 23 de noviembre de 1877 retomó las disposiciones de la época isabelina e introdujo aparte un Plan General de líneas de ferrocarril de servicio general y particular, que sólo podía ser modificado por ley. Las líneas que se solicitaran y no estuvieran recogidas en dicho Plan podrían tener un ancho de vía y unos parámetros de trazado distintos a los de la red principal, quedando reflejado en la correspondiente ley de concesión. El resultado de esta consideración fue la proliferación de numerosos ferrocarriles de vía estrecha, sumamente dispersos y de carácter eminentemente local.

(c) Las Leyes de Ferrocarriles Secundarios

El crecimiento del número de líneas de vía estrecha fue progresivo durante el último cuarto del siglo XIX y experimentó su culminación en las primeras décadas del siglo XX, coincidiendo con la aprobación de las sucesivas Leyes de Ferrocarriles Secundarios (figura 4). La primera de ellas, la Ley de Ferrocarriles Secundarios de 30 de julio de 1904, tuvo la finalidad de planificar todas aquellas líneas que no figuraban en el Plan General correspondiente a la Ley de 1877. La nueva Ley distinguía entre ferrocarriles secundarios con garantía de interés del Estado, que se determinarían en un plan y debían tener un ancho de vía de 1000 mm, y ferrocarriles sin subvención, en los que se podía escoger libremente el ancho de vía.

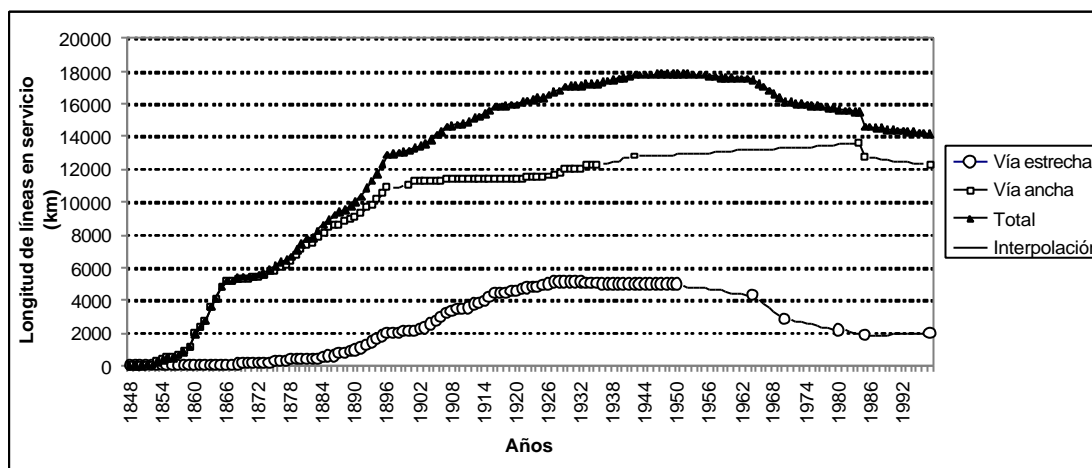


Figura 4.- Evolución de la extensión de líneas de ferrocarril de vía estrecha y vía ancha en España. Fuentes: E. Vilagrasa (1951) y J. I. Uriol (1992).

El Plan de líneas con garantías de interés se elaboró en 1905. En un principio se habían señalado 5000 km, pero la Comisión encargada de la redacción del Plan elevó la cifra a 9984 km, divididos en dos grupos: 5340 km de “líneas secundarias” –definidas como aquellas destinadas al servicio público que no estuvieran comprendidas en la Ley de 1877– y 4644 km de “líneas estratégicas” –definidas como aquellas que atendieran directamente a necesidades o conveniencias de la defensa nacional– (C. Botín, 1848). Sobre estas líneas se especificaban los siguientes extremos (J. Martí-Henneberg, 1997):

- (i) Se debían proponer a concurso tramos que sumaran más de 200 km, salvo que se determinara lo contrario o la subasta quedara desierta.
- (ii) La concesión sería por 75 años, con derecho de rescate a los 20 años por parte del Estado.
- (iii) La garantía de interés sería del 4% sobre el capital invertido sin incluir el material móvil, y con una limitación de 50000 ptas./km.
- (iv) Si en un ejercicio la compañía superaba el 8% de beneficios, debía reintegrar la subvención de años anteriores.
- (v) Si durante 5 años reclamaba subvención, el Estado nombraría un delegado para intervenir en la administración y en la explotación del ferrocarril.

La reducida respuesta inversora motivó que estas disposiciones fueran modificadas en las siguientes leyes, aprobadas en muy poco tiempo. Concretamente, la Ley de 30 de agosto de 1907 suprimía la obligación acerca de los tramos de 200 km y elevaba el capital subvencionado a 80000 ptas./km; posteriormente, la Ley de Ferrocarriles Secundarios y Estratégicos de 26 de marzo de 1908 aumentaba el periodo de concesión a 99 años e incrementaba la garantía de interés al 5%; y finalmente, la Ley de 23 de febrero de 1912 ampliaba el momento de posible rescate de 20 a 50 años.

(d) La sustitución de las compañías privadas por la Administración Pública

Estas leyes coincidieron con la etapa de mayor crecimiento de líneas de vía estrecha, que fue seguida por una etapa de crecimiento más suave hasta 1928, cuando el conjunto de estas líneas alcanzó su extensión⁵ máxima de aproximadamente 5100 km.

En este periodo, bajo la dictadura de Primo de Rivera, se promulgó el Estatuto Ferroviario de 1924, por el que se conseguía una mayor intervención del Estado en las compañías adheridas a cambio de la concesión de ayudas públicas. Se estableció asimismo una nueva clasificación de líneas de ferrocarril que discernía entre líneas de interés nacional, regional y local, con independencia del ancho de vía. En esta tendencia más intervencionista y tomando en consideración algunos de los postulados que en la década anterior el Ministro de Fomento F. Cambó ya planteara, se creó por Real Decreto-Ley de 6 de julio de 1926 el ente “Explotación de Ferrocarriles por el Estado” (EFE), con la finalidad de gestionar directamente las líneas revertidas al Estado por caducidad de la concesión o por abandono o incumplimiento de los concesionarios, las líneas que en las subastas se habían quedado sin adjudicarse y las líneas construidas propiamente por el Estado.

Esta disposición fue el precedente de la posterior nacionalización de 1941, que, a diferencia de la política ferroviaria de la década de los 20, establecería distinción según el ancho de vía. En efecto, la Ley de Bases de Ordenación Ferroviaria y de los Transportes por Carretera de 24 de enero de 1941 determinaba la creación del ente Red Nacional de los Ferrocarriles Españoles con la función de explotar en régimen de Empresa Industrial todas las líneas ferroviarias de vía ancha, excluyendo los ferrocarriles de vía estrecha, que se mantendrían en poder de las respectivas compañías ferroviarias.

Sin embargo, los daños infringidos durante la Guerra Civil (1936-39) a las infraestructuras y la crisis económica que comportó dejaron en una situación muy difícil a los ferrocarriles de vía estrecha. La finalización de las concesiones y, sobre todo, la falta de rentabilidad y el mal estado de las instalaciones condujeron a que fueran pasando gradualmente a EFE, ente que en 1965 se transformó en un organismo

⁵ Sin contar los ferrocarriles de ancho internacional.

autónomo denominado FEVE (“Ferrocarriles de Vía Estrecha”). La dura competencia impuesta por la carretera frente a unos ferrocarriles que apenas habían podido renovarse y evitar la obsolescencia de sus instalaciones condujo a la eliminación brusca de más de 1400 km de líneas entre 1964 y 1970 (tabla 1).

El proceso de desaparición de líneas de vía estrecha se mitigó a principios de la década de los 80. Ya entonces FEVE contaba con un nuevo régimen jurídico –en 1972 había pasado de Entidad Estatal Autónoma a Empresa Mercantil–, y además se había iniciado el proceso de transferencias de diversas líneas a sus respectivas comunidades autónomas. Éste es el origen de Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya (FGC) en 1979, Ferrocarrils de la Generalitat Valenciana (FGV) en 1986, EUSKOTREN en 1982 o Serveis Ferroviaris de Mallorca (SFM) en 1994.

AÑOS	EFE/FEVE (km)	CC.AA. (km)	Compañías privadas (km)	TOTAL (km)
1930	173	--	4435	4608
1941	778	--	4005	4783
1951	865	--	3866	4731
1964	1465	--	2839	4304
1970	870	--	1969	2839
1980	1508	379	295	2182

Tabla 1.- Evolución de las líneas de vía estrecha en España atendiendo a sus titulares en el periodo 1930-80. Fuente: J. I. Uriol (1992).

3. SITUACIÓN ACTUAL DE LOS FERROCARRILES DE VÍA ESTRECHA

La longitud total de líneas de ferrocarril actualmente en explotación asciende aproximadamente a 1.25 millones de km. En la tabla 2 figuran las longitudes correspondientes a los distintos anchos de vía en diversas regiones del mundo. Aproximadamente, se tiene un reparto del 60% para ancho estándar, un 20% para el resto de ferrocarriles de vía ancha y otro 20% para los ferrocarriles de vía estrecha. En concreto, el ferrocarril de vía métrica constituye el 18% del total.

LONGITUD DE LAS LÍNEAS (km)					
Ancho de vía (mm)	VÍA ANCHA			VÍA ESTRECHA	
	1676 - 1668	1600 – 1524	ESTÁNDAR 1445 – 1432	MÉTRICO 1067 -1000	914 - 610
África	--	--	11 688	68 872	2 042
América C.	--	76	23 866	2 735	3 736
América N.	115	64	386 689	1 151	523
América S.	25 415	4 974	9 199	48 165	3 894
Asia Occ.	--	92	17 396	2 160	--
Asia Or.	41 824	1 425	63 473	71 394	7 179
Europa *	15 888	148 111	229 012	8 508	6 353
Oceanía	--	9 619	15 512	21 179	657
Longitudes totales	+	+		+	+
	83 242	164 361		224 164	24 384
	247 603		756 835	248 548	
Porcentaje	20%		60%	20%	

LONGITUD TOTAL: 1 252 986 km

*Se considera incluida Rusia en su totalidad.

Tabla 2.- Longitud de líneas de ferrocarril correspondiente a los distintos anchos de vía en diversas regiones del mundo. Fuente: K. Henderson (1986).

En el contexto de España, el transporte interurbano mediante ferrocarril de vía estrecha actualmente se encuentra repartido entre 5 empresas de carácter público, que son de ámbito autonómico salvo FEVE, y dos empresas privadas: el Ferrocarril de Sóller y el Ferrocarril de la Minero Siderúrgica de Ponferrada.

La magnitud de estas empresas privadas en el conjunto del transporte por ferrocarril —ya sea de mercancías o de viajeros— es limitada, tanto por la reducida dimensión de sus redes, como por el escaso tráfico que transportan. Contrariamente, las empresas públicas mantienen en general importantes tráficos y han experimentado cambios significativos en cuanto a la mejora de las prestaciones de sus líneas, la incorporación de nuevo material rodante y la implantación de sistemas de explotación con mayores rendimientos. La distribución de la red ferroviaria en función del ancho de vía queda resumida en la tabla 3.

Ancho de vía (mm)	Longitud de líneas (km)	Porcentaje del total
1 668	11 795	83.2%
1 435	516	3.7%
1 000	1 860	13.1%
Total	14 171	100.0%

Tabla 3.- Longitud de líneas de ferrocarril, según el ancho de vía, en el contexto estatal, considerando sólo las compañías dedicadas al tráfico interurbano.

Fuente: L. Ubalde (2002a).

4. POSIBLE CLASIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE VÍA ESTRECHA EN ESPAÑA

De lo expuesto en los apartados precedentes, se puede deducir que el origen de las distintas líneas de vía estrecha se adscribe en general a una de las siguientes situaciones:

(i) Líneas de ferrocarril, cuyo trazado no estaba incluido en el Plan General de 1877, que eran proyectadas, con un interés especialmente local, por compañías con recursos reducidos en comparación con las grandes compañías que operaban en las líneas de vía ancha.

(ii) Líneas de ferrocarril proyectadas por industrias que querían transportar sus productos y sus materias primas desde su emplazamiento a los centros importantes de comunicación, ya fuera el enlace con la red principal ferroviaria, ya fuera la conexión con un puerto importante.

Se puede decir entonces que el ferrocarril de vía estrecha adquirió su sentido en itinerarios de carácter secundario donde no se exigían a priori grandes prestaciones de capacidad ni rapidez, y donde, especialmente en las zonas montañosas, primaba el coste de primer establecimiento. La economía reducida de algunas de las compañías de vía estrecha se constataba incluso en su nomenclatura; en este sentido, se encontraban las compañías *Ferrocarriles Secundarios de Castilla* o *Ferrocarril Económico de Manresa a Berga*.

En el proceso de desaparición de líneas extendido a lo largo de la segunda mitad del siglo XX, se han mantenido, con las pertinentes adaptaciones, aquellas líneas destinadas al transporte urbano de viajeros —transformadas en metros o tranvías modernos—; las

líneas de transporte de mercancías integradas en una red suficientemente extensa, con nodos en centros productores y en intercambiadores modales (especialmente puertos); líneas destinadas al transporte de viajeros en servicios regionales, siendo en muchos casos líneas de tipo mixto con mayor importancia de tráfico de mercancías; y líneas de carácter turístico emplazadas en lugares singulares.

En este último grupo se pueden incluir los ferrocarriles con tracción de cremallera. Actualmente existen dos en funcionamiento (líneas Ribes de Fresser – Núria y Monistrol – Montserrat), pero en el pasado existieron dos más en Andalucía (la línea Málaga – Ventas de Zafarraya de la Compañía de Ferrocarriles Suburbanos de Málaga y el tranvía de acceso a la Alhambra en Granada) además de una línea del Ferrocarril Económico de Fernando Poo en la colonia española de Guinea Ecuatorial (A. Rodríguez, 2002). En la tabla 4 se muestra una clasificación genérica de las líneas de vía estrecha.

CLASIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS DE VÍA ESTRECHA EN ESPAÑA					
Según el Administrador (operador + gestor de la infraestructura)	Líneas explotadas por la Administración Pública			Líneas explotadas por una empresa privada	
				Empresa industrial	Empresa transportista
Según el tipo de tráfico	Exclusivo de viajeros			Exclusivo de merc.	Mixto de viaj. y merc.
	Turístico	Cercanías	Regional		

Tabla 4.- Clasificación de las líneas de vía estrecha en España según el administrador y según el tipo de tráfico. Fuente: elaboración propia.

5. CONDICIONANTES TÉCNICOS DE LOS FERROCARRILES DE VÍA ESTRECHA EN COMPARACIÓN CON LOS DE VÍA ANCHA

El carácter secundario que históricamente se ha asignado al ferrocarril de vía estrecha ha conducido a una existencia reducida de estudios técnicos específicos, que valoren extensamente las ventajas y los inconvenientes que presenta frente al ferrocarril de vía ancha. A tenor de lo expuesto en los apartados precedentes, la razón de ser de muchas de las líneas de vía estrecha ha radicado en la reducción de los costes de primer establecimiento, disponiendo de una sección más estrecha y de un trazado más ceñido a la orografía. Como contraprestación, los ferrocarriles de vía estrecha se han caracterizado en términos generales por unas prestaciones más reducidas y una capacidad de carga menor. En los apartados siguientes se desarrollan estas apreciaciones.

5.1. Condicionantes técnicos relativos al trazado

En la definición del trazado de una línea de ferrocarril existen básicamente dos parámetros determinantes en el coste del proyecto vinculados al ancho de vía: el radio mínimo de las curvas y la inclinación máxima de las rampas. El primero de los dos parámetros debe estar en relación con la velocidad de circulación, y debe garantizar la inscripción de los vehículos y una resistencia al avance que no sea excesiva; el segundo, la evitación de problemas de adherencia y patinajes.

(a) El trazado en planta: los radios de las curvas

En un eje aislado convencional, para que tenga lugar la rodadura sin apoyo ni rozamiento de las pestañas contra los carriles ni deslizamiento, la forma tronco-cónica

de las llantas debe compensar la diferencia de longitud de los recorridos de las ruedas interior y exterior en una curva. Este fenómeno, aunque reducido, se puede cuantificar obteniéndose el radio mínimo de rodadura sin deslizamiento (R_{rodadura}), válido para los tramos de vía general de una línea, cuando no se imponen criterios de velocidad. La fórmula descriptiva de este parámetro es la siguiente:

$$R_{\text{rodadura}} = \frac{d \cdot r}{j_T \cdot c} \quad (1)$$

siendo: d , la distancia entre los ejes de los dos carriles; r , el radio de rodadura de la rueda; j_T , el juego total de la vía en curva; y c , la conicidad de las llantas. En la tabla 5 se muestra la aplicación de este criterio a algunos vehículos actuales de vía ancha y vía estrecha, ofreciendo estos últimos los valores más bajos.

Si se circulara por una curva de un radio inferior al definido, se produciría un cierto patinaje. El vehículo podría circular, siempre y cuando el radio fuera superior al radio mínimo de inscripción ($R_{\text{inscripción}}$), cuyo valor sólo se puede tomar como referencia donde la velocidad sea muy reducida, como ocurre en las playas de maniobras. La ecuación que define este límite es la siguiente:

$$R_{\text{inscripción}} = \frac{b \cdot \sqrt{2 \cdot r \cdot p}}{j_T} \quad (2)$$

siendo: p , la altura de la pestaña de la rueda; b , la longitud de la base rígida del vehículo; y los restantes parámetros, los definidos anteriormente. Como se puede comprobar en la tabla 5, los valores correspondientes al ferrocarril de vía estrecha son claramente inferiores.

Admón. ferroviaria	Vehículo	Sistema rodante	d (mm)	b (mm)	r (mm)	R_{rodadura} (m)	$R_{\text{inscripción}}$ (m)
RENFE	Locomotora 269	Bogies	1738	2280	625	1086	22
	UT 447 1ª serie	Bogies	1738	2500	445	773	20
	Vagón JPD1	Ejes	1738	8000	500	869	69
FGC	UT Serie 112	Bogies	1505	2200	420	632	17
	UT Serie 213	Bogies	1070	2200	420	449	17
FEVE	Locomotora S/1600	Bogies	1070	2200	475	508	19
	Coche S/BB 5300	Bogies	1070	2000	375	401	15
	Vagón S/2JJag	Bogies	1070	1600	375	401	12

Tabla 5.- Valores de radio mínimo para distintos vehículos de RENFE, FGC y FEVE considerando valores usuales de pestaña y juego total de vía.

Fuente: L. Ubalde (2002a).

Los criterios anteriores están supeditados a la velocidad de circulación que se pretenda alcanzar. Respecto a este punto, se han de hacer consideraciones de comodidad sobre los viajeros y consideraciones de seguridad centradas en el riesgo de deformación de vía, el de descarrilamiento o el de vuelco. En cada caso, la relación entre la velocidad y el radio de la curva difiere según el ancho de vía.

El criterio más restrictivo resulta ser habitualmente el correspondiente a la comodidad de los viajeros. La aceleración transversal que perciben éstos ($a_{viajero}$) se incrementa respecto a la aceleración transversal sin compensar del vehículo (a_{sc}) debido a que la caja del mismo tiende a inclinarse hacia el exterior de la curva por efecto de la inercia. La relación entre ambas aceleraciones viene dada por el coeficiente de flexibilidad o “*souplesse*” (s), que depende a su vez del ancho de vía, tal como queda representado en la ecuación siguiente:

$$s = \frac{K \cdot P_{sus} \cdot h_{sus} \cdot [1 - \exp(-K' \cdot t)]}{2 \cdot H^2} \quad (3)$$

donde: K y K' son constantes positivas dependientes, respectivamente, de la flexibilidad de los muelles y la viscosidad de los amortiguadores; P_{sus} , la carga por eje suspendida por el sistema de suspensión; h_{sus} , la altura del centro de gravedad de la carga suspendida respecto a la base de la caja del vehículo; t , el tiempo de circulación en curva; y H , la semidistancia entre los sistemas de suspensión de un mismo eje; cumpliéndose:

$$a_{viajero} = a_{sc} \cdot (1 + s) \quad (4)$$

La evolución de los sistemas de suspensión de los vehículos ha permitido reducir este coeficiente de “*souplesse*”, de tal manera que las diferencias relacionadas con un ancho de vía inferior al normal son muy reducidas.

Sin embargo, las aceleraciones verticales que perciben los viajeros originadas por el movimiento de balanceo influyen de manera más decisiva, estableciendo velocidades significativamente más bajas en el ferrocarril de vía estrecha para poder ofrecer el mismo grado de comodidad que los vehículos homólogos de vía ancha. En general se deduce que la velocidad de un vehículo de ancho RENFE o de ancho internacional puede circular a una velocidad superior en un 18% y en un 15% respectivamente en comparación con un vehículo de ancho métrico (L. Ubalde, 2002b).

En cuanto a los criterios de seguridad, el que presenta una mayor influencia del ancho de vía es el correspondiente al riesgo de descarrilamiento por alabeo de los carriles. Ante una misma calidad geométrica de la vía, el ferrocarril de vía estrecha debe circular más despacio; concretamente, se ha calculado que en una línea de ancho métrico que posea una calidad geométrica de vía equivalente a la de una vía de ancho RENFE preparada para circular hasta 250 km/h no se deben sobrepasar los 190 km/h (L. Ubalde 2002b).

Todos estos resultados concuerdan con la constatación de que, en los servicios que se realizan a velocidades reducidas –tal como sucede en el ámbito de las cercanías–, las diferencias son prácticamente inexistentes, salvo por condicionantes del trazado o menor capacidad de tracción del material motor. En cambio en los servicios de largo recorrido, el riesgo de descarrilamiento en el pasado y el criterio más estricto de comodidad en el momento presente condicionan unos viajes más lentos respecto al ferrocarril de vía ancha en un mismo trazado.

(b) El trazado en alzado: la inclinación de las rampas

A pesar del efecto favorable que ofrecen las llantas tronco-cónicas para circular en curva, es natural que por el desgaste de las mismas se produzca un cierto deslizamiento respecto a los carriles. Esto supone una resistencia al avance localizada en curva, que se puede expresar mediante la ecuación siguiente:

$$G_c = \frac{f \cdot (d + \sqrt{d^2 + b^2})}{2 \cdot R} \quad (5)$$

donde: G_c es la resistencia local en curva por unidad de carga; f , el coeficiente de rozamiento; d , la separación entre los ejes de los dos carriles; b , la longitud de la base rígida del vehículo; y R , el radio de la curva.

Aplicando esta ecuación se deducen unos valores claramente inferiores para los ferrocarriles de vía estrecha, tal como se pone de manifiesto en la tabla 6. Esta ventaja comporta poder asumir a priori rampas de mayor inclinación respecto al ferrocarril de vía ancha.

La rampa máxima se determina de acuerdo con dos criterios:

(i) Se ha de evitar el patinaje de las ruedas sobre el carril, lo que queda reflejado en la siguiente ecuación:

$$f_a \cdot P_{\text{adherente}} \geq \Gamma \cdot P_{\text{total}} \quad (6)$$

donde: f_a es el coeficiente de adherencia; $P_{\text{adherente}}$, el peso soportado por los ejes tractores; Γ es la resistencia al avance por unidad de peso; y P_{total} es el peso total del vehículo.

(ii) El tren ha de tener suficiente potencia para poder subir, lo que queda reflejado en la siguiente ecuación:

$$p \geq \Gamma \cdot P_{\text{total}} \cdot v \quad (7)$$

donde: p es la potencia neta desarrollada por el motor del tren; y v es la velocidad de circulación.

Ancho de vía	d (mm)	b (mm)	f	Fórmula de Γ_c (kp/t) (R en m)	% Γ_c respecto a ancho métrico
RENFE	1738	2220	0.2*	$\Gamma_c = 454/R$	129%
Internacional	1505	2220	0.2*	$\Gamma_c = 417/R$	119%
Métrico	1070	220	0.2*	$\Gamma_c = 352/R$	100%

Tabla 6.- Fórmulas genéricas de la resistencia local a la tracción en curva para vehículos de bogies de los distintos anchos de vía estudiados.

Fuente: L. Ubalde (2002a).

Utilizando estos criterios se deduce que, en el caso de líneas por las que circulen trenes automotores de viajeros, la inclinación de las rampas puede alcanzar hasta las 60‰ en vía estrecha y las 40‰ en vía ancha. En cambio, en el caso de líneas de vía ancha destinadas al tráfico de mercancías, por existir una mayor relación entre el peso adherente y el peso total del tren, para una misma explotación, las rampas máximas pueden llegar a tener una inclinación de 13‰, mientras que en vía métrica ese valor se reduce a 9‰.

5.2. Condicionantes técnicos relativos al coste de primer establecimiento

A partir de un estudio realizado a lo largo del 2000 (L. Ubalde, 2002a), se calcularon los presupuestos comparativos de tres secciones de línea de distinto ancho, deduciéndose un incremento de coste promedio para la vía ancha comprendido entre un 6 y un 8%.

Ciertamente el carácter secundario que histórica y legalmente se ha asignado al ferrocarril de vía estrecha tiene su razón de ser en el menor coste de construcción de la

línea o primer establecimiento frente a los ferrocarriles de vía ancha. Este menor coste viene dado por la anchura inferior de la plataforma para vía estrecha, circunstancia que queda reflejada en los incrementos citados; pero, sobre todo, está justificado en la posibilidad de un trazado más sinuoso con mayor pendiente –y por consiguiente, con un menor número de obras de fábrica, a tenor de los condicionantes ya expuestos–.

5.3. Condicionantes técnicos relativos a la superestructura de la vía

La capa de balasto que se sitúa bajo las traviesas tiene la finalidad, entre otras funciones, de repartir las cargas generadas por el paso de los vehículos, de tal manera que las tensiones lleguen suficientemente amortiguadas sobre la plataforma y ésta no experimente una deformación excesiva. La mayor proximidad de los carriles en el ferrocarril de ancho métrico o inferior, utilizando un espesor de balasto habitual de 30 cm, implica que las distribuciones de tensiones generadas bajo cada uno de los carriles se lleguen a solapar en la parte central de la vía, a diferencia de lo que sucede en el ferrocarril de vía ancha en situaciones análogas. En la figura 5 se muestra un ejemplo esquemático de la distribución de tensiones en el balasto en cada uno de los casos referidos.

Este razonamiento queda corroborado con las limitaciones reales que imponen las distintas administraciones ferroviarias. En el ferrocarril español de vía métrica la carga estática por eje se sitúa entorno a las 15 t en lugar de las 23 t, que es el límite correspondiente al ferrocarril de ancho RENFE. No obstante, han existido líneas de vía estrecha en las que se han alcanzado valores superiores. En este sentido, se puede aportar también que actualmente EUSKOTREN está estudiando elevar el límite actual a 17 t.

En el contexto mundial, existen ejemplos de ferrocarriles de vía estrecha que operan con unas cargas por eje más elevadas respecto a las referidas. En algunas líneas australianas de Queensland Rail se permite la circulación de lentos trenes de mercancías con cargas por eje próximas a las 26 t.

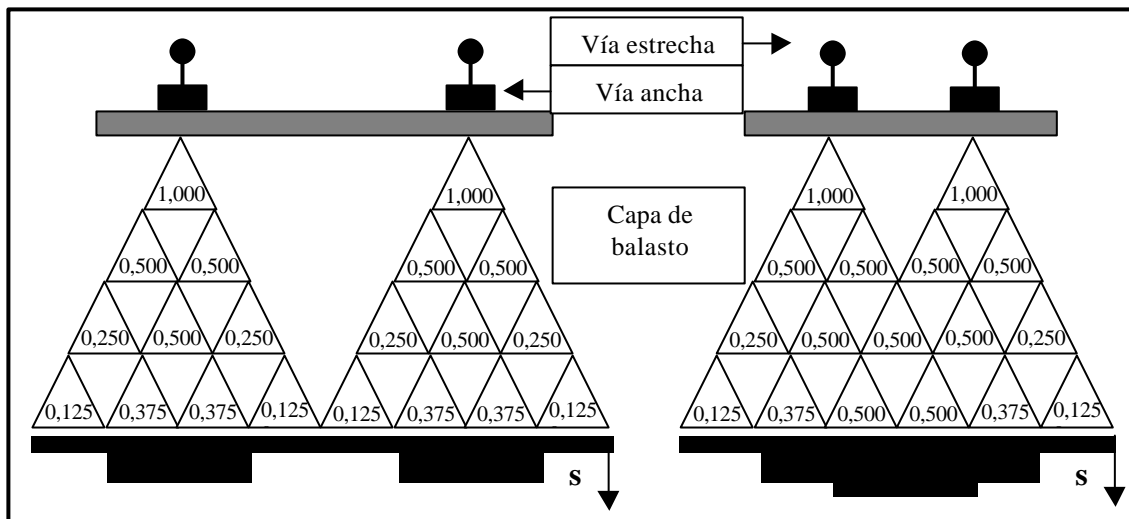


Figura 5.- Modelo de distribución de tensiones en la capa de balasto en una vía ancha y en una vía estrecha. Fuente: elaboración propia.

5.4. Condicionantes técnicos relativos al material móvil

El hecho de que el trazado de las líneas de vía estrecha en términos generales estuviera caracterizado por una mayor sinuosidad –circunstancia justificada técnicamente con anterioridad– imponía la restricción de que las locomotoras de vapor rígidas tuvieran

una longitud reducida a fin de poderse inscribir correctamente en las curvas más cerradas. Si además ocurría que las cargas por eje debían estar limitadas a valores inferiores a los habituales en vía ancha, resultaba entonces que las locomotoras utilizadas adolecían de unas prestaciones relativamente inferiores, en materia de velocidad y potencia. Muchos ferrocarriles de vía estrecha destinados al transporte de viajeros ofrecían unos tiempos de viaje excesivos, que con el desarrollo del transporte por carretera dejarían de ser competitivos y obligarían en última instancia al cierre de la línea. Valga citar a modo de anécdota ilustrativa la lentitud con que encaraba el “Carrilet” de Girona a Palamòs o el “Xitxarra” entre Alcoy y Gandía algunas de las rampas de su itinerario, permitiendo que los viajeros bajasen del tren y fueran caminando a la par.

Para mejorar la capacidad de tracción, sobre todo en las líneas donde había un importante tráfico de mercancías, se recurría o bien a acoplar varias locomotoras, o bien a utilizar locomotoras articuladas de mayor potencia y mayor peso adherente. En relación con esta última alternativa, cabe destacar dos soluciones utilizadas en algunas líneas de vía estrecha españolas: se trata, en primer lugar, de las locomotoras de vapor de tipo Mallet, en la que la caldera quedaba unida rígidamente con la parte posterior de la máquina a la vez que existía un grupo tractor delantero unido mediante una articulación; y, en segundo lugar, de las locomotoras de tipo Garratt, en las que la caldera quedaba suspendida sobre dos carretones tractores (figura 6). Ambos modelos tenían el precedente en las locomotoras de tipo Fairlie, utilizadas también en líneas de vía estrecha (figura 2).

Actualmente, el problema de la tracción se afronta mediante la utilización de locomotoras más potentes dotadas de un mayor número de ejes agrupados en bogies o, como antaño, acoplando varias locomotoras en el mismo tren.

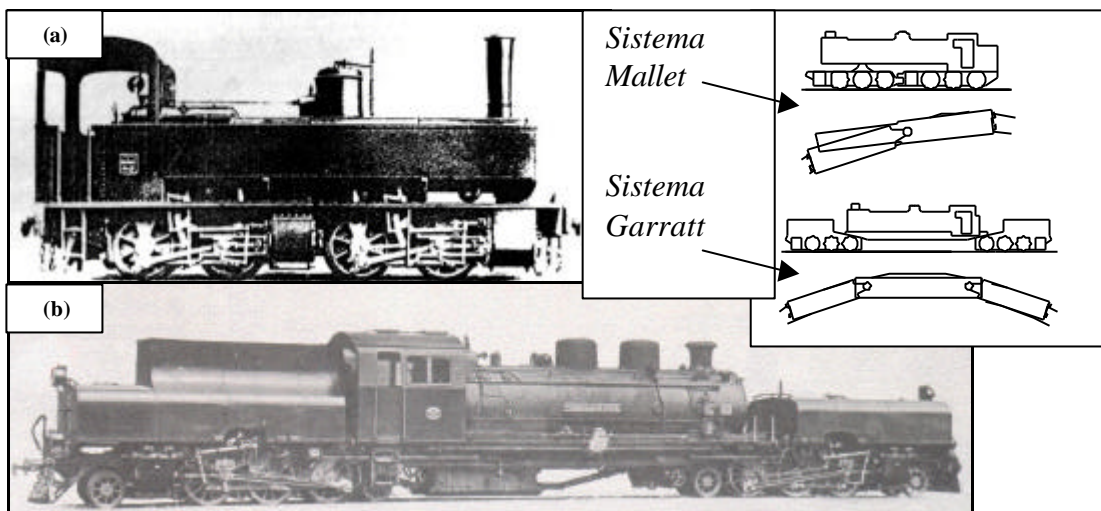


Figura 6.- (a) Locomotora 020+020 tipo Mallet de la línea Madrid – Almorox.

(b) Locomotora 131+131 tipo Garratt del Ferrocarril de la Robla.

Fuente: archivos de M. González, G. Hamilton.

6. CONCLUSIONES

El ferrocarril de vía estrecha en España, como sucedió en otros países, se planteó siempre desde la perspectiva de abaratar el coste de construcción en trayectos de tipo secundario, donde no se esperaba obtener grandes rendimientos, y desde la perspectiva

del transporte de carácter local, que no consideraba prioritaria la unión con la red principal. A diferencia del desarrollo legislativo vinculante al ferrocarril de vía ancha, los de vía estrecha no contaron con una planificación de carácter general hasta 1905, lo que motivó que su desarrollo fuera posterior al de la red convencional y que se abordara desde la consolidación de pequeños proyectos. Sin duda, las turbulentas circunstancias históricas que vivió el país a lo largo del siglo XIX contribuyeron aun más a que la extensión de los ferrocarriles secundarios se acometiera con cierta demora respecto a la de otros países europeos.

Las Leyes de Ferrocarriles Secundarios de principios del siglo XX intentaron ser un revulsivo para este tipo de ferrocarriles, ofreciendo sucesivamente mayores facilidades para las compañías ferroviarias; sin embargo, la competencia de la carretera, en constante evolución, iría condenando a su fin la explotación de muchas de esas líneas, máxime en la etapa de penuria que se vivió después de la Guerra Civil Española.

Los ferrocarriles de vía estrecha que han pervivido hasta la actualidad se encuentran en gran medida adscritos al transporte de viajeros en servicios de cercanías, habiendo adoptado en muchos casos la morfología de tranvías o metros. Es en este ámbito de transporte donde el ferrocarril de vía estrecha ofrece unas posibilidades más efectivas, disponiendo de unas prestaciones similares a la vía ancha, a partir de un menor coste de inversión. La menor anchura de la plataforma, así como también la posibilidad de implantar rampas de mayor inclinación y curvas más cerradas, reducen el número de obras de fábrica y la afectación de suelo.

Esta posición ventajosa no se reproduce del mismo modo en el caso de transportes de largo recorrido y transportes de mercancías, donde las restricciones de velocidad –al ser más críticos los defectos de alabeo de la vía– y las cargas por eje más reducidas obligan a unos tiempos de viaje y a una capacidad de carga menos competitivos. No obstante, la utilización de locomotoras articuladas en la época de vapor o simplemente el acoplamiento de varias locomotoras ha permitido mantener en explotación efectiva líneas de mercancías con notables tráfico, sobre todo cuando han estado integradas en una red con acceso a centros productores y a nodos de intercambio modal.

7. BIBLIOGRAFÍA

Alcaide, R. (1999). El ferrocarril en España (1829-1844): las primeras concesiones, el marco legal y la presencia de la geografía en las memorias de los anteproyectos de construcción de las líneas férreas. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales*. Universidad de Barcelona, número 190.

Alzola, P. (1899). *Historia de las Obras Públicas en España*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. 3ª edición (2001).

Botín, C. (1948). Los ferrocarriles de vía estrecha. En: Comisión Oficial para la Conmemoración del Primer Centenario del Ferrocarril en España (ed.). *Cien años de ferrocarril en España*. Madrid: Magisterio Español, pág. 201-223.

Díaz, A. L. (2002a). La primera línea de vía estrecha de la Península. *Vía Libre* (Madrid), número 452: pág. 85-87.

Díaz, A. L. (2002b). Diversos proyectos para salvar este ferrocarril que se cerró en los setenta. *Vía Libre* (Madrid), número 453: pág. 87-89.

Hamilton Ellis, C. (1981). *Historia de los trenes: la epopeya del ferrocarril*. Barcelona: Ediciones R. Torres.

Henderson, K. (1986). Narrow gauge track. En: Railway Industry Association of Great Britain (ed.). *Second Track Sector Course (Railway Civil Engineering)*. Londres: Railway Industry Association of Great Britain, p. B5/2-1 a B5/2-4. Volumen I.

- Martí-Henneberg, J. (1997). *El proyecto de una red integrada de ferrocarriles secundarios en Cataluña (1885-1931)*. Universidad de Barcelona. Coloquio sobre el desarrollo urbano de Montreal y Barcelona en la época contemporánea: estudio comparativo. Barcelona.
- Olmedo, A. (2001). Estudio histórico del ferrocarril desde la perspectiva de sus normas reguladoras. II Congreso de Historia Ferroviaria. Aranjuez.
- Rheilffordd Ffestiniog Railway (2003). Página web, URL <<http://www.festrail.co.uk>>
- Rodríguez, A. (2002). El cremallera de Nuria, ferroviario y singular. *Vía Libre* (Madrid), número 455: pág. 9.
- Ubalde Claver, L. (2002a). *Ferrocarriles de vía métrica: posibilidades y limitaciones*. Barcelona: Ediciones Centro de Innovación del Transporte (CENIT) – UPC.
- Ubalde Claver, L.; Casas, C. (2002b). *Posibilidades y Limitaciones del Ferrocarril de Ancho Métrico respecto al Ferrocarril de Vía Ancha*. V Congreso de Ingeniería del Transporte. Santander.
- Uriol, J. I. (1992). *Historia de los Caminos de España*. Madrid: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Volumen II.
- Vilagrasa, E. (Marzo de 1951). El crecimiento de la red ferroviaria española de ancho inferior al normal. *Revista de ferrocarriles y tranvías* (Madrid): pág. 130-141.