

## **Líneas sin red: el suministro de energía a las primeras líneas electrificadas en los ferrocarriles españoles (1905-1930)**

Domingo Cuéllar ([dcuellar@ffe.es](mailto:dcuellar@ffe.es)) y Ramón Méndez ([mandres\\_picazo@hotmail.com](mailto:mandres_picazo@hotmail.com))

Museo del Ferrocarril de Madrid

### **Resumen**

En el ámbito del estudio de la electrificación de los ferrocarriles, consideramos que debe tener especial interés el conocimiento sobre la creación de las redes de suministro, las cuales prestaron una singular atención hacia el negocio de la tracción ferroviaria. Como es sabido, el desarrollo de la electricidad como la fuente de energía que vino a transformar la industria se produjo en el primer tercio del siglo XX, y su desarrollo fue paralelo con su implantación en las primeras líneas ferroviarias.

De este periodo, en el caso español conocemos poco, y el interés de este artículo es la investigación sobre la puesta en marcha de las primeras electrificaciones ferroviarias en la vía ancha española, y las relaciones que establecemos con la expansión de las empresas eléctricas y los intereses que se configuraron durante la década de 1920 en la planificación de nuevas redes ferroviarias y la electrificación de las líneas principales.

### **Palabras clave**

Ferrocarriles de vía ancha, Electrificación, Redes, Problema Ferroviario

### **Abstract**

In the study of the electrification of railways, special interest should have knowledge of the creation of supply networks that had a special focus on the business of traction. As is known, the development of electricity as a source of energy that transformed the industry occurred in the first third of the twentieth century, and had a strong parallel with its implementation in the early railways.

From this period, in the Spanish case we know little, and the focus of this article is research on the implementation of the first railway electrification in Spain, related to the expansion of the electricity companies and the interests that were set during the 1920 in the planning of new railways and electrification of main lines.

### **Keywords**

Railway, Electrification, Network, Railway Problem

## El concepto de redes y su importancia

Tal y como recordaba no hace mucho Gabriel Dupuy, el concepto de red ha despertado un indudable interés por parte de numerosos estudiosos, de variadas disciplinas, que con diferentes miradas y objetivos han profundizado en una idea que admite también muy heterogéneas interpretaciones. Sin embargo, el concepto de la red física tiene su origen en los primeros estudios sobre las ventajas de disponer de redes para la mejora de las relaciones económicas y sociales en el mundo contemporáneo, y plantea un escenario de análisis secuenciado sobre tres etapas principales que permite valorar la oportunidad y eficiencia de una red: características generales, desarrollo de la circulación y secuencia evolutiva<sup>1</sup>.

Todos conocemos que la importancia de la red no está sólo en conectar un espacio central con otros periféricos, sino en la posibilidad de conectar todos los espacios entre sí, favoreciendo así el acceso a las economías de escalas, a la división del trabajo y al aprovechamiento de las ventajas comparativas en las actividades productivas. En este sentido, podemos aceptar como una regla general que las líneas sin red son menos capaces, menos productivas y más costosas que aquellas que están integradas en una red. Algunas excepciones, justificadas por la escala reducida de trabajo o por el escaso tiempo de operaciones, sólo sirven para explicar esa generalidad.

En el marco de estudio de las redes físicas, las infraestructuras de los transportes y los servicios, especialmente desarrolladas a partir de la Revolución Industrial, constituyen un ejemplo significativo de lo que hemos dicho hasta ahora, y su conocimiento ayuda a explicar esa tendencia expansiva para crear redes que poseen la mayor parte de esas infraestructuras. Seguramente, si pensamos en ejemplos que nos expliquen esta evolución, vendrán a nuestra cabeza, entre otros, los casos del ferrocarril o de la electrificación. Nada puede ser más antieconómico que decenas o cientos de ferrocarriles sin conexión entre sí o que nuestro suministro eléctrico no esté conectado entre sí y dependan de cientos o miles de “generadores” aislados. En realidad, a principios del siglo XX, cuando llegaban a nuestro país las innovaciones de la Segunda Revolución Tecnológica y el ferrocarril necesitaba cambios en su sistema de tracción, las redes eléctricas aún funcionaban aisladas en ámbitos locales y regionales, al igual que las primeras líneas ferroviarias electrificadas también se encontraron inconexas entre sí.

La aplicación de modelos a partir de la relación entre algunos datos básicos como la distancia y la población ha tenido una fructífera labor que ha recogido, con especial incidencia en el caso de la construcción de las redes ferroviarias, las lógicas de la formación de estas redes técnicas<sup>2</sup>. Sin embargo, en el caso que nos afecta hemos de tener en cuenta que la red ya se encontraba “pretrazada”, puesto que la electrificación de los ferrocarriles necesariamente debía tenderse sobre el trazado original, ya que los tiempos de amortización de las grandes infraestructuras de transporte hacen irrealizable en el corto y el medio plazo un trazado nuevo. En realidad, la electrificación de

---

<sup>1</sup> Dupuy (1989), p. 4. Ese concepto inicial ha evolucionado y hoy podemos hablar de redes materiales o técnicas y de redes inmateriales, Méndez (1997), p. 189. Un muy reciente ejemplo de estudio sobre la construcción de redes técnicas, Capel (2011).

<sup>2</sup> Véase Hägestrand (1952), Kansky (1963) y Equipo Urbano (1972).

ferrocarriles es la aplicación de una innovación sobre una red antigua, que se transforma en sus tres características básicas que señaló Dupuy (características generales, desarrollo de la circulación y secuencia evolutiva) y que Méndez reelaboró más tarde: infraestructuras, medios y empresas, y flujos<sup>3</sup>.

Sin embargo, tal y como recordaba Herranz, se pueden estudiar de un modo desagregado dos categorías diferentes de infraestructuras que se configuraron durante la segunda mitad del siglo XIX y la primera del XX: con una perspectiva de escala nacional, las grandes redes de transportes y comunicaciones, como las carreteras, los ferrocarriles y las telecomunicaciones; y con una dinámica más local o regional, las líneas o redes de transporte urbano, de distribución de agua y electricidad, e incluso, las obras hidráulicas. En estos casos, se dio una diferente implicación del Estado en su desarrollo y construcción, mucho mayor en el primer caso, debido a los intereses políticos, militares y sociales de dominio y control del territorio, y bastante más reducida en las redes de ámbito local o regional que, sin embargo, tuvieron una capacidad de inversión importante y, además, fueron especialmente eficientes con una elevada productividad marginal<sup>4</sup>.

### **Contextualización de las redes ferroviaria y eléctrica en el primer tercio del siglo XX en España**

El sector eléctrico en España se caracterizó durante el primer tercio del siglo XX por su gran capacidad de inversión y por la creciente formación de capital social fijo<sup>5</sup>. A la fiebre ferroviaria del intermedio del siglo XIX, podemos oponer la fiebre eléctrica del primer tercio del XX, que superó con amplitud la inversión de aquélla y, además, aportó un rendimiento mucho mayor, en el que a pesar de la componente especulativa que tuvo, sin embargo, no encontró los graves problemas de rentabilidad que sí estuvieron presentes en los ferrocarriles<sup>6</sup>.

Aun así, la electrificación española, en términos comparativos con la europea se puede calificar de escasa, ya que todos los indicadores muestran un mercado muy limitado derivado del escaso desarrollo económico, la baja densidad demográfica y la insuficiencia de inversión. Tal y como comprobamos en el Cuadro 1, la escala de producción era significativamente baja en el caso español, tanto si la comparación la hacemos con los países líderes o con países de mismo nivel económico; así como si nos fijamos en los rasgos orográficos, donde sí se afrontaron con mayor ímpetu su proceso de electrificación, como un modo de depender en menor medida del carbón, protagonista de la Primera Revolución Industrial, y acceder a la potencia energética a través de las centrales hidroeléctricas. Otros países con mejor dotación en carbón también producían electricidad a partir de centrales térmicas.

España se encontró limitada para ambas opciones –el carbón y la energía hidráulica- y navegó durante todo el siglo entre los condicionamientos de las políticas

---

<sup>3</sup> Méndez (1997), p. 189.

<sup>4</sup> Herranz (2008), pp. 116-118. Aunque se nos antoja que el papel del negocio eléctrico fue mucho más importante en esta etapa del que se le ha asignado hasta ahora.

<sup>5</sup> Véase, entre otros, Bartolomé (2007), pp. 9-36.

<sup>6</sup> Véase Herranz (2008), gráfico IV-10. Tal vez sea oportuno un estudio de las trayectorias comparadas de los negocios ferroviario y eléctrico, para poder profundizar más en estas ideas.

gubernamentales de protección hullera<sup>7</sup> y el salto insuficiente a la hidroelectricidad<sup>8</sup>. Sobre las características técnicas de las centrales hidroeléctricas españolas, hemos de recordar que hasta la puesta en marcha de Saltos del Duero (1933) no se habían construido centrales en los cursos medios de los ríos, que es donde mayor aprovechamiento energético hay. En la España de los años Treinta, la mayor parte de los saltos mantenían una situación periférica con una escala mediana o pequeña y con una distribución limitada a conectar el punto de producción con el punto de consumo<sup>9</sup> (ver Mapa 5).

Además, los ritmos de crecimiento de la producción, en estrecha relación entonces con la magnitud de los mercados nacionales, cuando todavía no había flujos internacionales de energía, muestran una singularidad del caso español que acumulaba retraso sobre el resto, a partir de unas tasas de crecimiento medio anual menores de la energía ofertada en el primer tercio del siglo XX que se corrobora en el Cuadro 1. Así, Italia y Francia, según los datos de Mitchell, comenzaban el siglo ligeramente por debajo de España, pero al iniciarse el cuarto decenio ya duplicaban y triplicaban, respectivamente, la producción nacional por habitante española.

**Cuadro 1. Producción de electricidad en Europa en el primer tercio del siglo XX**

	1901 kWh por habitante	1911 kWh por habitante	1921 kWh por habitante	1931 kWh por habitante	Crecimiento 1901-1931 (% anual)
<b>Suiza</b>	-	-	721,65	1.290,56	6,67
<b>Suecia</b>	17,52	144,88	442,00	833,60	6,39
<b>Gran Bretaña</b>	12,30	58,22	221,71	456,05	6,32
<b>Alemania</b>	17,74	83,17	321,77	388,02	6,08
<b>Francia</b>	8,84	31,38	167,53	380,08	6,36
<b>Italia</b>	4,93	43,26	128,82	254,27	6,41
<b>España</b>	9,68	18,07	45,06	110,76	5,60

Fuente: Elaboración propia a partir de Mitchell (1992). Sobre la revisión de estos datos para España, véase Bartolomé (2007), nota 9, p. 19.

Los datos mostrados por Bartolomé (2007, cuadro 1.3) permiten explicar esta situación por la escasez de industrias electro-intensivas en España, lo que concentraba la demanda de energía en servicios municipales, tracción y otras pequeñas industrias, lo que a su vez permitía a nuestro país mantener unas tasas proporcionales superiores a otros casos europeos, aunque el consumo sustancial de los grandes talleres metalmecánicos o de la industria electroquímica estaba casi ausente en nuestro país.

Además, como ya hemos señalado, la red eléctrica no tenía aún un carácter nacional y se limitaba a las conexiones locales (todavía muy abundantes) y las regionales, que dibujaban redes en Cataluña, País Vasco, Andalucía, Asturias, Madrid, Levante, la comarca de Valladolid y la dispersión gallega<sup>10</sup>.

<sup>7</sup> Sobre este asunto, una buena contextualización de la situación del primer tercio del siglo XX, García Delgado (1983).

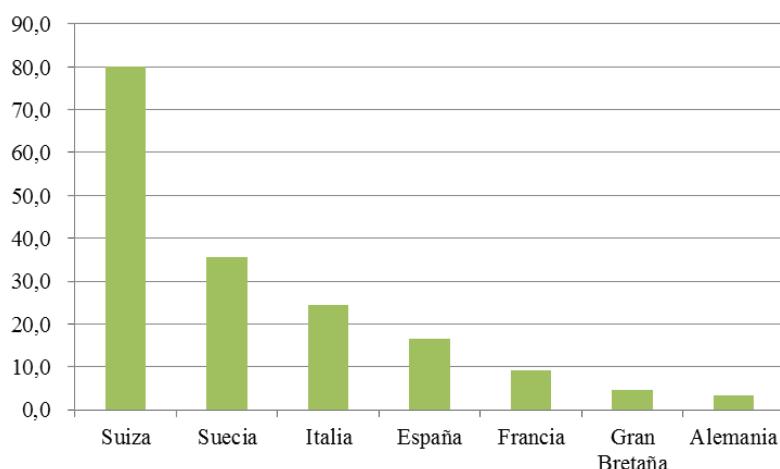
<sup>8</sup> Un buen ejemplo sobre esto, para el caso catalán, Carreras (1983).

<sup>9</sup> Bartolomé (2007), p. 23.

<sup>10</sup> Véase el amplio muestrario de datos de Sintes y Vidal (1933).

En este panorama de restricción en el desarrollo de suministro de energía eléctrica en España, especialmente en la capacidad de demanda del sector industrial, tampoco era esperable una incidencia especial del mercado eléctrico ferroviario, todavía en ciernes, y que tenía grandes dificultades para desarrollarse. Sin embargo, en el conjunto europeo (Gráfico 1), la electrificación de ferrocarriles en España tenía una posición interesante, ya que, aunque no se llegaba a los niveles de los ferrocarriles suizos, suecos o incluso italianos, con circunstancias similares –grandes dificultades orográficas o escasez de carbón–, sí se superaba a otros países protagonistas de la Primera Revolución Industrial, como Gran Bretaña, Francia o Alemania; si bien, hay que recordar que las dimensiones de las redes ferroviarias de estos países eran muy distintas, y por lo tanto, en valores absolutos, nuestra red ferroviaria electrificada siempre fue muy modesta.

**Gráfico 1. Porcentaje de red ferroviaria electrificada, de vía ancha y de vía estrecha, en distintos países europeos (c. 1930)**



Fuente: Sintes y Vidal (1933).

### Las líneas ferroviarias electrificadas en España hasta 1930

Como ya se ha apuntado, las razones esenciales que se esgrimían para defender la introducción de la tracción eléctrica en los ferrocarriles convencionales<sup>11</sup> de un país se centraban en la necesidad de mejorar las prestaciones del sistema de tracción en trazados de importantes dificultades orográficas y la oportunidad de buscar una energía que eliminara la dependencia exterior para aquellos países que no dispusieran de carbón con garantías. España, sin duda, cumplía esas dos premisas previas que presuponían como favorable la aplicación de la energía eléctrica a sus ferrocarriles, aunque su escaso grado de desarrollo económico era un problema evidente. Desde diferentes grupos de ingenieros se difundieron ideas, proyectos y propuestas en las que se consideraba necesario el aprovechamiento de los recursos hidráulicos del país para obtener energía

<sup>11</sup> Son evidentes las diferencias entre las características técnicas y de las infraestructuras entre los sistemas tranviarios y los ferrocarriles convencionales, ya sean de vía ancha o de vía estrecha. Además, hay que tener presente que la aplicación de la electricidad en los ferrocarriles urbanos venía impuesta por cuestiones de seguridad e higiene. Sobre los primeros ensayos de ferrocarriles urbanos, véase Robbins (2000).

económica y suficiente. Las expectativas de crecimiento del tráfico ferroviario alentaban aún más esas intenciones<sup>12</sup>.

La electrificación de los ferrocarriles de vía ancha y de vía estrecha no tiene en lo sustancial grandes diferencias, ya que la tecnología y la superestructura es similar. Si bien, hay que recordar que los ferrocarriles de vía ancha y de vía estrecha se rigieron en España por normativas distintas, asimilados aquellos a las sucesivas leyes generales de 1855, 1870 y 1877 en las que se programaba un diseño de red para el conjunto del Estado, y en el que la intervención reguladora –principalmente, tarifas y subvenciones- de la Administración Central buscaba la generalización de los beneficios del ferrocarril como dinamizador de la economía nacional. Mientras, los ferrocarriles de vía estrecha –por definición, más económicos y especializados- tuvieron una regulación más difusa y variada, asociada a intereses locales y regionales que eran atendidos con mayor eficiencia por los caminos de hierro métricos. Además, sus características son difíciles de fijar, ya que algunos tramos utilizaban las carreteras como plataforma (p. e. Ferrocarriles Eléctricos de La Loma), en otros casos se aplicaban catenarias tranviarias para los pasos urbanos, cambiando incluso al tensión de suministro (p. e. El Irati a su paso por Pamplona), y otros casos más.

Aunque no olvidaremos las referencias a los ferrocarriles de vía estrecha, en este texto nos centraremos en las primeras electrificaciones de ferrocarriles de vía ancha, que tenían una dimensión claramente nacional y siempre presentaron un tendencia a la creación de red, como lo demuestra la creación y diseño de planes que completaran esas primeras construcciones.

La construcción de ambos (vía ancha y vía estrecha), no obstante, fue paralela y presentaron similares motivaciones, como la necesidad de mejorar la circulación de los trenes en líneas de perfiles complicados o la de aprovechar mejor la construcción de centrales hidroeléctricas que ofrecían energía a precios más económicos que el carbón. Tal y como recordaba Olaizola Elordi (2005), antes de la electrificación de la primera línea de vía ancha en España, en 1912, en el tramo de Santa Fe a Gérgal en la línea de Linares a Almería<sup>13</sup>, se llevaron diferentes electrificaciones de ferrocarriles de vía estrecha en ámbito vasco-navarro y catalán. Así, al margen de las construcciones tranviarias de Monte Ulía y Hernani, se realizó la electrificación de la línea de Barcelona a Sarriá (1905) y de Pamplona a Sangüesa (1911), además de la puesta en marcha de la línea semitranviaria de Úbeda a Baeza empalme (1907), en la provincia de Jaén.

De 1912 será también la electrificación de la línea de San Sebastián a Hendaya y de Palma a Sóller, ambas de vía estrecha, como también lo fueron la ampliación de la línea de Sarriá hacia el Vallés (Tarrasa y Sabadell) en 1916, la construcción de la línea electrificada de El Musel (Gijón) a Áviles, del Ferrocarril de Carreño, en 1922, y los ferrocarriles de montaña de Cercedilla a Navacerrada en 1923 y de Granada a Maitena (Sierra Nevada) en 1925. Un año antes se había dado continuidad a la electrificación de

<sup>12</sup> Entre otros, ingenieros de caminos e ingenieros industriales polemizaron sobre los modelos a aplicar para llegar a una óptima propuesta de electrificación de ferrocarriles. Ahí quedan los textos y debates de Valentí (1918), Viani y Burgaleta (1919), Sánchez Cuervo (1919 y 1933), Jiménez Ontiveros (1927 y 1928), o Lucia (1928).

<sup>13</sup> Cuéllar (2003), pp. 259-261. Esta línea se amplió por ambos extremos hasta las estaciones colaterales de Nacimiento y Gádor en 1918.

ferrocarriles de vía ancha en la rampa de Pajares, aunque la vía estrecha seguiría teniendo un protagonismo importante: Zumárraga-Zumaya (1926), Vigo-Bayona-Gondomar (1926), Puertollano-Villanueva de Córdoba (1927), Vitoria-Estella (1927), Bilbao-Algorta-Plencia (1928), y Bilbao-San Sebastián (1929). Si bien la compañía NORTE ya había decidido afrontar la electrificación de algunas de sus líneas: Barcelona-Manresa (1928), Moncada-San Juan de las Abadesas (1928), Alsasua-Irún (1929), y la que explotaba por cuenta del Estado Ripoll-Puigcerdá (1929). En total, algo más de 1.400 km, de los que unos 400 km correspondían a la vía ancha y el resto a la vía estrecha, casi en todos los casos de ancho métrico, si bien el ferrocarril de Sierra Nevada (0,75 m), del ferrocarril de Sóller (0,90 m) o los Ferrocarriles de Cataluña (1,44 m) optaron por otras medidas.

### **1.1. Los ferrocarriles eléctricos en el Sureste: los esfuerzos por salir del aislamiento (Gádor-Nacimiento, 1912-1918)**

El carácter pionero de la primera electrificación ferroviaria de vía ancha en España, a primera vista, puede sorprender por el lugar en el que se produjo: el extremo sureste español, caracterizado por su escaso desarrollo económico y por lo tardío de su ferrocarril. Sin embargo, una vez que conocemos con mayor detalle el entorno socioeconómico de la región, caracterizado por un clara vocación exportadora y por la presencia de varias explotaciones férricas de intensa demanda, resulta más lógico que fuera en este espacio donde se buscará la rentabilidad inmediata de una mejora en la tracción de los trenes de mineral que transitaban por sus líneas<sup>14</sup>.

Efectivamente, los dirigentes de la Compañía de los Caminos de Hierro del Sur de España (en adelante, SUR) necesitaban, al arrancar el siglo XX, aplicar mejoras inmediatas en el transporte de mineral de hierro desde las cuencas penibéticas hasta el puerto de Almería. Dados los problemas económicos estructurales de la compañía, ni la duplicación de la línea, ni la adquisición de locomotoras de vapor más potentes, resolvía el problema, por lo que la opción elegida fue la electrificación del tramo más comprometido del trazado (Gráfico 2). Era la solución más económica, pero presentaba una serie de problemas de seguridad y suministro que debieron solventarse, no sin complicaciones.

El proyecto fue presentado en octubre de 1907 a la Dirección General de Obras Públicas para su aprobación. En él se proponía que el suministro de electricidad para la línea ferroviaria se haría a través de una central térmica que se instalaría en las orillas del río Andarax, junto a la estación de Santa Fe, punto de arranque de la rampa continua de 25 milésimas que llegaba hasta Gérgal, a lo largo de 22 km. Además de otra serie de consideraciones técnicas sobre el sistema de corriente, la tensión y las características de las locomotoras, la memoria concluía con una referencia a la modernización por este sistema de tracción que se estaba produciendo en otros puntos de la red europea con grandes dificultades orográficas como el Simplón o Valterina<sup>15</sup>.

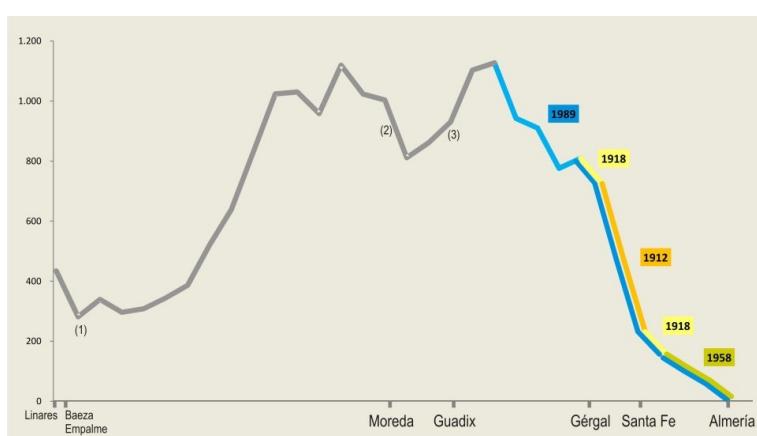
<sup>14</sup> Sobre los ciclos de exportación almerienses y la historia económica de la región hasta 1936, Sánchez Picón (1992).

<sup>15</sup> Archivo Histórico Ferroviario (AHF), PA-0001-001, “Memoria descriptiva de la descripción de la tracción eléctrica entre las estaciones de Gérgal y Santa Fe de la línea de Linares a Almería” (1907).

Sin embargo, la continuidad del proyecto no sería tan fácil como sus dirigentes pronosticaban y un año después, la 4<sup>a</sup> División Técnica de Ferrocarriles de Sevilla emitía un informe en el que contrariaba las intenciones de la compañía, poniendo especial hincapié en los problemas de seguridad de la línea, una vez electrificada. Dicho informe pasaría al Consejo de Obras Públicas (máximo órgano decisivo) que en abril de 1909 emitiría otro informe en el que se hacían una serie de recomendaciones y finalmente se aprobaba la realización del proyecto, que debería estar concluido en dos años<sup>16</sup>.

**Gráfico 2. Electrificaciones parciales en la línea de Linares a Almería**

*Perfil, fechas y tramos electrificados*



Fuente y notas: Elaboración propia. (1) Conexión con la línea principal Madrid-Cádiz, electrificada entre Santa Cruz de Mudela y Córdoba en 1953. (2) Conexión con ramal a Granada, sin electrificar. (3) Conexión con línea Guadix-Almendricos (cerrada en 1985) y Almendricos-Lorca-Murcia, sin electrificar.

Las advertencias realizadas desde la superioridad, inclinaron a la compañía a realizar diferentes pruebas que, una vez concluida la instalación y recibido el material de tracción, se prolongaron durante un año. Por lo que conocemos<sup>17</sup>, en febrero de 1911 se puso en marcha de la central térmica de Santa Fe y comenzaron a circular trenes en régimen de pruebas. Estos ensayos debieron durar hasta febrero del año siguiente, ya que en la memoria correspondiente a ese año, leída en junio de 1912, se afirmaban que

“El año de 1911 ha sido de prueba para la instalación del Servicio eléctrico de Santa Fe a Gérgal por el sin número de dificultades que se han acumulado á su establecimiento definitivo, unas de orden climatológico, otras de orden técnico, otras de orden administrativo y, en fin, las de nuestras relaciones con los servicios del Estado. Por fin, en Febrero de este año [se refiere a 1912], nos ha sido dable dar comienzo á la explotación que no nos da aún el resultado económico que apetecíamos”<sup>18</sup>.

Diferentes conflictos sociales y económicos complicarían la explotación de la tracción eléctrica a partir de ese momento. Entre otras cuestiones, se produjeron fuertes huelgas

<sup>16</sup> AHF, A-127-07, “Informe de electricidad” (1908), y AHF, PA-001-001/11 (1909).

<sup>17</sup> Especialmente, la referencias de las Memorias del Consejo de Administración a la Juntas de Accionistas y la prensa local, véase *La Crónica Meridional*.

<sup>18</sup> SUR, Memoria Junta Ordinaria de Accionistas, 28-06-1912.

ferroviarias en ese año 1912 que tuvieron una especial incidencia en SUR, también hubo protestas de la ciudadanía relativas al mal servicio ferroviario, y, por fin, el inicio de la Primera Guerra Mundial provocaría una paralización del transporte minero que tenía como destino preferente Inglaterra y Alemania. A pesar de esto, en 1918 la compañía amplió la electrificación a Nacimiento y Gádor, donde también había fuertes rampas y, además, el espacio para la realización de las maniobras y operaciones era mayor.

Aunque la decisión de obtener la energía de un central térmica pudiera parecer paradójica, ya que se recurrió para producir la nueva energía a la fuente que se quería sustituir, no lo era tanto, ya que la ausencia de una red general de suministro de energía eléctrica, añadido a la eficiencia notable que estaban alcanzando las centrales productoras de ciclo térmico, hacían que esta decisión fuera la más lógica. Hay que tener en cuenta que durante el primer tercio del siglo XX, la potencia suministrada por las centrales térmicas andaluzas se mantuvo por encima de la aportada por las hidroeléctricas<sup>19</sup>, por lo que esta opción era habitual, más aún en zonas como el Sureste desconectadas de las primeras redes de gran potencia (50kV), que se dibujaban en ese momento en el valle del Guadalquivir y la zona más occidental de la región<sup>20</sup>.

En las proximidades de los centros de producción hullera o en las zonas de escasa capacidad hidrográfica, las centrales térmicas eran habituales. Almería no tenía ni una cosa ni otra, pero la ausencia de red eléctrica inclinó al suministro de carbón a través de la red ferroviaria que conectaba en 20 km con el puerto. El agua era obtenida del curso del río Andarax, cuyo caudal era y sigue siendo muy estacionario, por lo que se adecuó una pequeña represa para mantener estable el abastecimiento de agua.

La máquina de vapor de la Central térmica era de tipo Compound de 700CV de la casa francesa MM. Garnier et Faure-Beaulieu y tenía acoplado un alternador trifásico de 750W, desde donde se daba salida a la corriente alterna trifásica que iba a la línea a una tensión de 5,5kV y 25Hz. Por lo que conocemos, inicialmente la central funcionaba sólo unas horas para cubrir la circulación de los trenes eléctricos, entre las 18 horas y las 8 horas, por lo que se producía una deseconomía evidente al tener que lanzar todos los días la máquina, con el consiguiente sobregasto de carbón y la pérdida de tiempo hasta obtener la tensión estable que se necesitaba para la circulación de los trenes<sup>21</sup>. No conocemos con certeza si la máquina cambió sus horarios de trabajo, aunque la ampliación de la línea a Nacimiento y Gádor y los horarios de los trenes de mineral, que también se ampliaron, parecen indicar que la máquina ya no tuvo paradas diarias.

Además, SUR adquirió en la década de 1930 un generador diésel que tenía como misión sustituir a la veterana máquina de vapor<sup>22</sup>, sin embargo, tras su instalación, el ciclo recesivo de la Guerra Civil y la Autarquía Franquista provocaron una restricción de

<sup>19</sup> Compañía Sevillana de Electricidad (1994), cuadro pp. 372-373.

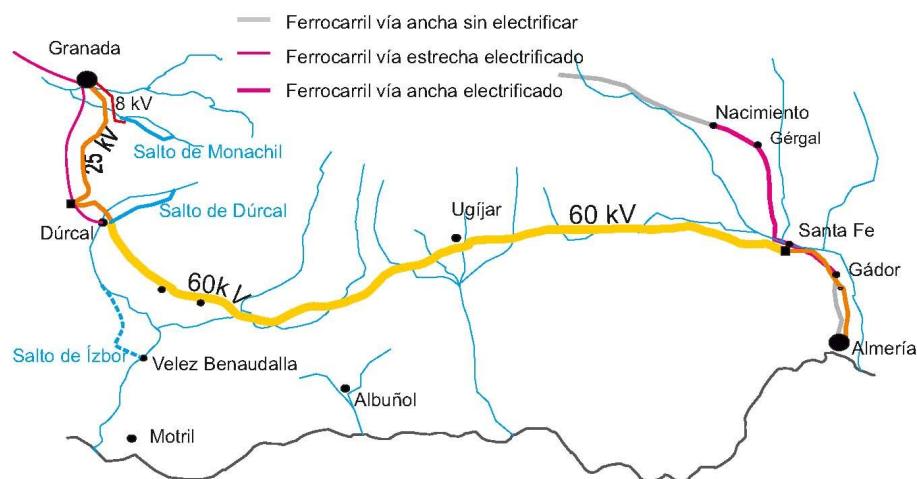
<sup>20</sup> Compañía Sevillana de Electricidad (1994), mapa pp. 392

<sup>21</sup> Enrique Paniagua, uno de los ingenieros de SUR, emitió un informe interno en abril de 1912 (sólo dos meses después de la puesta en servicio de la línea) en el que se criticaba esta norma y se proponía ampliar la electrificación hasta Guadix y Almería para obtener economías de escala en la explotación, AHF, PA-001-001/11, “Estudio del problema económico planteado a la compañía por la tracción eléctrica” (1912).

<sup>22</sup> Archivo General de la Administración (AGA), 24/11266, “Proyecto de adquisición e instalación de un grupo diésel-alternador, ampliación de central eléctrica y obras accesorias en Santa Fe” (1930).

suministros, especialmente de derivados del petróleo, por lo que la máquina de vapor siguió funcionando hasta la década de 1950, junto al generador diésel<sup>23</sup>.

**Mapa 1. Ferrocarriles y redes eléctricas en Granada y Almería (c. 1930)**



Fuente: Elaboración propia a partir de AGA, 24/8554, “Proyecto de electrificación de Guadix a Almería” (1929).

Tampoco parece que tuvieran demasiado éxito los intentos por parte de las compañías eléctricas, que se desarrollaban en la zona, para conseguir una demanda estable de energía por parte de SUR. En concreto, la Sociedad de Fuerzas Motrices del Valle del Lecrín (FMVL) se había hecho en 1926 con el salto de Ohanes y del control de la zona suroriental andaluza. La había adquirido a la compañía MENGEMOR<sup>24</sup>, que estaba centrada en la producción hidroeléctrica en los cursos fluviales del Guadalquivir y el Guadalimar. La compra, abría a FMVL la posibilidad de captar como clientes a la red de tranvías de Granada<sup>25</sup> y a la propia SUR. Tal y como ha recogido Gregorio Núñez, el programa de expansión y captación de clientes para aumentar su red resultaba especialmente ambicioso, e incluía el tendido de una línea de 60kV a través de la Alpujarra hasta Santa Fe de Mondújar, donde comenzaba la línea ferroviaria electrificada<sup>26</sup>. Incluso podemos encontrar un proyecto, propio del arbitrio en obras públicas de este periodo en el que se proponía la construcción de un gran ferrocarril eléctrico entre Granada y Almería, que atravesaba por un gran túnel Sierra Nevada<sup>27</sup>.

<sup>23</sup> En este sentido la información documental es escasa, aunque en la década de 1940 sí sabemos que la máquina de vapor estaba totalmente operativa, Compañía Nacional de los Ferrocarriles del Oeste de España y Red de Andaluces (1941), Vol. VIII, pp. 45-47.

<sup>24</sup> Fundada en 1904 por los ingenieros Carlos Mendoza, Antonio González-Echarte y Alfredo Moreno. Véase Bernal (1993).

<sup>25</sup> Más que una red tranviaria, se constituyó como red suburbana que llegó a buena parte de los pueblos de la vega granadina. Se trató de 121 km de explotación ferroviaria, divididos en 17 km de vías urbanas, 39 de un cable aéreo y 65 km de líneas suburbanas. Todas con tracción eléctrica. Cuéllar (2008), pp. 275-281.

<sup>26</sup> Núñez-Romero Balmas (2005), pp. 22-24.

<sup>27</sup> AGA, 26/21521, “Ferrocarril de Sierra Nevada a vía normal-ancha y tracción eléctrica” (1914).

Sin embargo, no constan registros de que la conexión fuera productiva para ese fin ferroviario, y la subestación distribuidora que se construyó en la zona quedó para el suministro de energía que se demandaba por parte de los pueblos del entorno. Más tarde, a partir de 1953, aprovechando las construcciones de nuevas electrificaciones en España y la ampliación de la línea electrificada de Gádor a Almería (1958), sí se produjo la conexión con la red ferroviaria, ya de RENFE, pero el fin de la tracción eléctrica trifásica en 1966 en la línea frustró nuevas expansiones<sup>28</sup>.

## **1.2. La electrificación de la rampa de Pajares y la defensa de los intereses nacionales (Ujo-Busdongo, 1924)**

El proyecto de electrificación de la rampa de Pajares surgió desde unas premisas completamente distintas, tanto en lo institucional, como en lo económico o técnico. Podemos afirmar que los intereses que estaban detrás de la electrificación de Pajares contaron con el apoyo estatal, al considerarse prioritario la mejora del transporte ferroviario de carbón entre las cuencas asturianas y la Meseta para ayudar a la industrialización española. Este apoyo estatal se completaba con una decidida política de electrificaciones que llevaría a cabo la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España (en adelante, NORTE) durante las décadas de 1920 y 1930, promoviendo, además, otras que se completaron en los Cuarenta.

Ambos intereses propiciaron unas aportaciones económicas que permitieron acceder a tecnología que mejoraba claramente lo realizado en Almería y ampliaba horizontes, al contactar con los poderosos fabricantes norteamericanos, como Westinghouse o General Electric, que ya estaban desembarcando en España. En todo este proceso de electrificaciones ferroviarias de NORTE, que comenzaron en Pajares, hemos de otorgar un papel determinante a José Moreno Ossorio, cuyas actividades profesionales y relaciones familiares nos sugieren la existencia de otro tipo de redes, que resultan fundamentales para explicar la historia económica<sup>29</sup>.

El difícil paso ferroviario de Pajares se había construido en la década de 1880 no sin grandes dificultades por parte de las empresas concesionarias: primero la Compañía del Ferrocarril del Noroeste de España, quebrada en 1878, y posteriormente por parte la Compañía de los Ferrocarriles de Asturias, Galicia y León, que llevó a cabo una imponente obra civil que salva en poco más de 80 kilómetros un desnivel superior a los mil metros. En concreto, en su tramo más complicado, entre Ujo (250 metros de altitud) y Busdongo (1.270 metros), hay 62 kilómetros de línea ferroviaria en la que fue preciso construir 70 túneles y un gran número de puentes y viaductos, con una pendiente media de 16 milésimas. Las grandes pendientes, el necesario tráfico de trenes ascendentes

---

<sup>28</sup> Aunque escapa a nuestros objetivos y cronología, en 1989 se produjo en la línea una nueva electrificación (Almería-Minas del Marquesado, 94 km), ahora con sistema en corriente continua a 3'3kV, aunque continuó sin tener acceso a la red ferroviaria española (sí a la Red Eléctrica Española), quedando fuera de servicio nuevamente en 1996, manteniéndose hoy en día la línea en tensión.

<sup>29</sup> Ingeniero de caminos de la promoción de 1895, curiosamente estuvo al frente de la dirección de obras en SUR entre 1897 y 1904 (donde es posible que conociera los proyectos de electrificación parcial de la línea), para incorporarse en ese año a NORTE, donde sería el responsable de todos los proyectos de electrificación, convirtiéndose en Director General de la compañía en 1932, a la muerte de Boix, y a partir de 1941, en vicepresidente de RENFE. Su hermano, Alfredo, también ingeniero de caminos, en la promoción de 1898, sería socio fundador de MENGEMOR, compañía eléctrica con sede en Madrid, pero que operó sobre todo en el sur de la Península.

cargados de carbón y el elevado porcentaje del recorrido que transcurría bajo túnel (40%) obligaban a una mejora en la tracción para aumentar la seguridad y la fiabilidad.

Ya en 1914, el Ingeniero Jefe de Vía y Obras de NORTE, Eugenio Grasset presentó una propuesta de la compañía para abastecer de energía de procedencia hidroeléctrica a la línea que se tenía previsto electrificar<sup>30</sup>. Sin embargo, el problema estaba en la financiación. El inicio de la Primera Guerra Mundial y los problemas económicos que ya se vislumbraban en las compañías ferroviarias españolas hacían imposible que los costes de construcción de este tramo electrificado, teniendo en cuenta la incertidumbre del beneficio, fueran asumidos directamente por NORTE. Así, en 1917 se publicaron las bases para la electrificación de Pajares, que abrían un concurso en el que se aceptaban propuestas por parte de las empresas interesadas<sup>31</sup>. Unos meses después, la Gaceta de Madrid, publicaba sendos decretos del Gobierno en el que se ofrecía la financiación del proyecto mediante un anticipo sin intereses que se comenzaría a devolver, en pagos anuales, una vez transcurridos cinco años de la puesta en servicio del tramo electrificado<sup>32</sup>.

De la red de suministro eléctrico no se decía nada concreto en estas promulgaciones, aunque sí se adivinaba que las empresas proponentes debían presentar sus ideas al respecto, y aunque la situación bélica redujo el número de participantes, tanto las suizas Oerlikon y Brown Boveri (ésta última había realizado la electrificación trifásica de Almería) como la sucursal londinense de Westinghouse concursaron con sus proyectos. Tras esa primera propuesta, y ante el cambio de situación derivado del final de la guerra, se realizó una nueva convocatoria que se resolvería en enero de 1921 con la concesión al grupo General Electric Company (GEC)<sup>33</sup>. Las razones de esta elección estaban en que este grupo ofrecía la posibilidad de participación de la industria nacional en la fabricación y montaje de la red. La gran beneficiada sería la Sociedad Ibérica de Construcción Eléctrica (SICE), creada ese mismo año, y a la que se encargaría del montaje de tendidos y subestaciones eléctricas<sup>34</sup>.

Finalmente, la cuestión del suministro eléctrico se resolvió mediante la petición que se hizo desde el Gobierno de cambiar la propuesta inicial de construcción de una central térmica por la generación de una red de suministro a partir de la producción de las sociedades eléctricas de la región. Esta indicación se convirtió en tema de debate y negociación durante todo el proyecto y se plantearon varias soluciones entre las que NORTE no terminaba de descartar la construcción de la central térmica. En la búsqueda de suministros fiables se realizaron estudios sobre las capacidades energéticas de los

<sup>30</sup> Ese primer proyecto planteaba electrificar desde Pola de Lena (algo más arriba desde donde finalmente se electrificó) a Busdongo a través del aprovechamiento hidráulico del río Pajares. AHF, W-143-001, “Proyecto de electrificación de la subida de Pajares” (1914). Esta propuesta se reformaría años después, AGA, 24/12597 (1918).

<sup>31</sup> AHF, W-109-001/4, “Bases para la electrificación de Pajares” (1917).

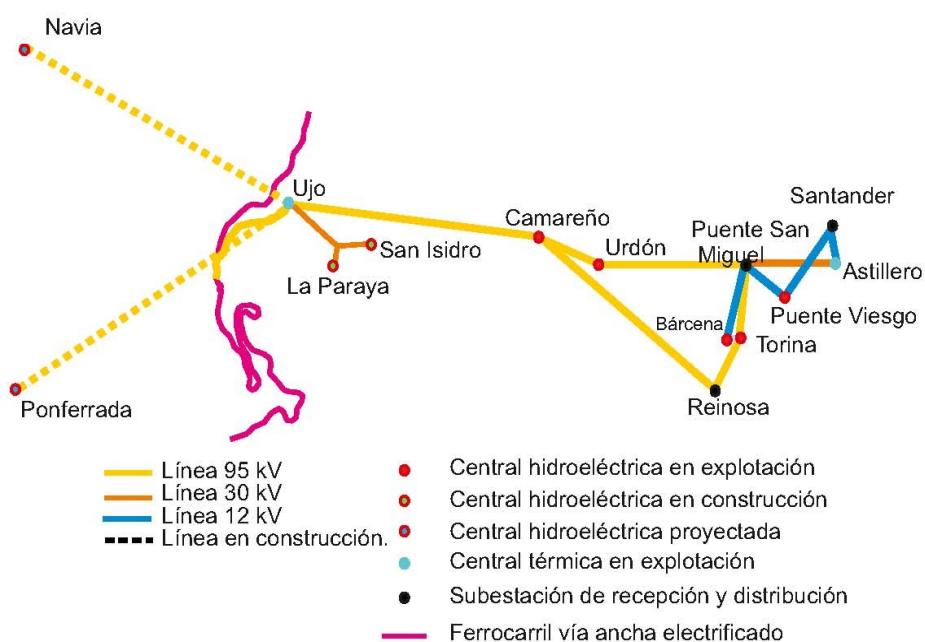
<sup>32</sup> *Gaceta de Madrid*, 21-05-1918 y 27-07-1918.

<sup>33</sup> Las dos empresas que figuraban en la concesión eran la Compagnie Française Thomson-Houston, constituida en París en 1893, y la General Electric Company, que en 1892 había surgido de la fusión de la Thomson-Houston Electric Company y de la Edison General Electric Company of Schenectady.

<sup>34</sup> Esta empresa estaba participada por el *lobby* eléctrico de la Sociedad Eléctrica Industrial (SEI), de la que hablaremos más adelante.

ríos Luna, Pereda y Cueta<sup>35</sup>, seguramente viendo la posibilidad del autoabastecimiento de energía con una central propia, aunque esto era descartado por casi todas las empresas.

**Mapa 2. Suministro de electricidad a la rampa de Pajares (c. 1930)**



Fuente: Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España (1926), p. 26.

La alternativa más fiable fue el suministro de la Sociedad Anónima Electra de Viesgo<sup>36</sup> que además de la capacidad de potencia suministrada disponía de una red en ciernes que tenía todos sus centros de producción intercomunicados (Mapa 2), y el soporte empresarial de Hidroeléctrica Ibérica, de la que hablaremos más adelante<sup>37</sup>. Desde la perspectiva de NORTE la solución más económica seguía siendo la instalación de una central térmica que consumiera el carbón extraído en la cuenca minera asturiana. Esto resulta lógico, puesto que el combustible necesario no precisaba de grandes transportes y su precio era razonable.

### 1.3. Las electrificaciones catalanas de NORTE (Barcelona-Manresa, 1928; Moncada-San Juan de las Abadesas, 1928; Ripoll-Puigcerdá, 1929)

La ampliación de las líneas electrificadas en NORTE tuvo una especial incidencia en la zona catalana, donde los objetivos eran variados. Por un lado estaba la necesidad de buscar una mejora en el servicio de cercanías que permitiera la recuperación del considerable tráfico perdido en la sección Barcelona-Manresa debido al colapso de la

<sup>35</sup> AHF, W-109-001.

<sup>36</sup> Fundada en 1906 a partir de la Sociedad General de Centrales Eléctricas que operaba en Santander desde finales del siglo XIX. En la década de 1910 se expandió por Cantabria y en la siguiente por Asturias, lo que le pondría en una situación de partida privilegio para el suministro de Pajares.

<sup>37</sup> Electra de Viesgo había sido adquirida en 1908 por Hidroeléctrica Ibérica, Pueyo (2007), p. 71.

línea en tracción vapor. Además, también se buscaba fortalecer el tráfico en la línea que llegaba hasta San Juan de las Abadesas –que se bifurcaba de la anterior en la zona de Moncada, en el extrarradio barcelonés-. Esta línea, antaño derivada de la producción carbonífera de la zona de Ogassa, comenzaba en la década de 1920 a beneficiarse de un incremento de viajeros asociados al disfrute de la naturaleza y al acceso a los deportes invernales. Por último como prolongación de ésta última línea, desde Ripoll, se propuso la electrificación de la línea que ascendía hasta Puigcerdá y la rampa de La Tour de Carol, que fortalecía aún más esa opción de transportes de ocio; si bien, tampoco hay que olvidar el carácter estratégico que podría tener una conexión directa desde Barcelona con Francia a través del Pirineo catalán en una línea totalmente electrificada.

Esto es interesante para nuestro objetivo de analizar el efecto red en las primeras electrificaciones de líneas ferroviarias en España, ya que inicialmente las propuestas de Manresa y San Juan de las Abadesas no tenían ninguna ligazón con la electrificación de Puigcerdá: de hecho se plantearon tensiones distintas, adaptadas a las circunstancias de cada línea. En Manresa y San Juan de las Abadesas la pendiente era menos acentuada<sup>38</sup>, por lo que se optó por reducir la tensión en línea de los 3kV de Pajares a los 1,5kV, por su parte desde Ripoll se pretendía recuperar los 3kV de Pajares porque de este modo eran necesarias menos subestaciones (en los dos casos en Corriente Continua).

La electrificación de la línea de Ripoll se planteó incluso antes que las de Manresa y San Juan, en concreto en 1922 se había abierto el plazo para la recepción de ofertas por parte de productores españoles o extranjeros sobre la sección española de este ferrocarril, perteneciente al Estado pero explotada por NORTE<sup>39</sup>. El proyecto de electrificación comprendía los tramos Ripoll-Puigcerdá-La Tour de Carol-Ax-Les-Thermes, tratándose pues de la construcción de una red ferroviaria internacional, del mismo modo de las que se construyeron en los Alpes.

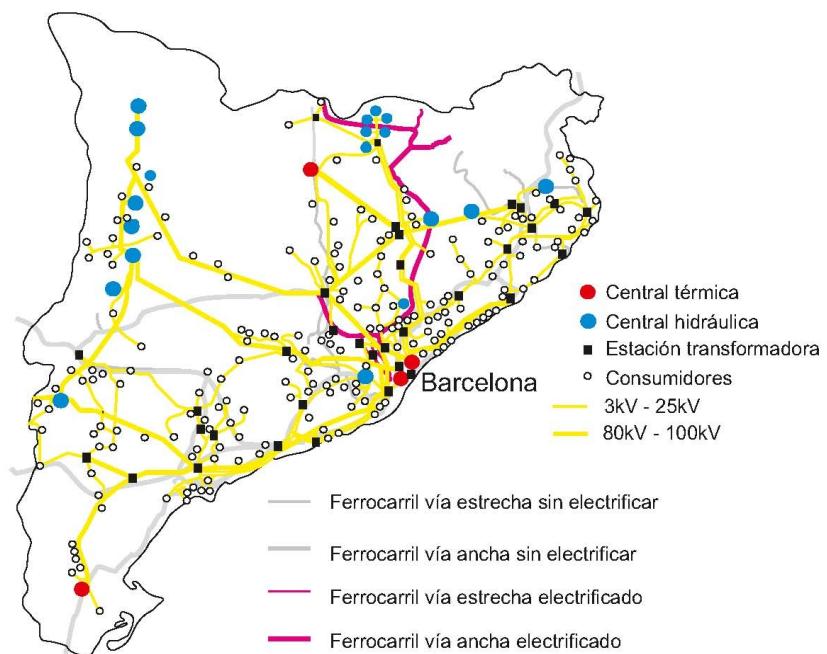
Sin embargo, seguramente dos motivos fueron causa de la anulación del concurso: el cambio de Gobierno derivado del golpe de Estado de Primo de Rivera de septiembre de 1923, y la disputa empresarial eléctrica en Cataluña. En el primer caso, resulta evidente que las nuevas directrices políticas supusieron cambios en la gestión y contratación. En el segundo caso, como es sabido, dos grandes grupos se habían hecho con el control del mercado en esta zona: Barcelona Traction (BT) y Energía Eléctrica de Cataluña (EEC). Ambos habían nacido en 1911 y entraron en una intensa puja por conseguir concesiones hidroeléctricas y también la adquisición de cuencas hulleras para centrales térmicas. Además, BT había llevado a cabo la creación a finales de ese año de una empresa filial, Riegos y Fuerzas del Ebro (RFE). Tras una intensa disputa, se pudo llegar a un convenio por el que BT adquiría el 49% de EEC, aunque la compañía canadiense quedó muy tocada financieramente. La entrada en 1924 de la compañía belga Sofina para

<sup>38</sup> Si en el tramo electrificado en Almería la rampa característica era de 23'70% y en Pajares se quedaba en 15'87%, de Barcelona a Manresa era de 3'11% y de Moncada a San Juan de las Abadesas de 7'21%, para ascender ligeramente de Ripoll a Puigcerdá a 9'65% y bruscamente en los dos kilómetros de Puigcerdá a La Tour de Carol a 22'11%.

<sup>39</sup> Hay que aclarar que tras un siglo XIX dominado por las concesiones privadas, ya en los primeros años del siglo XX, el Estado tuvo que asumir por diferentes circunstancias la construcción y explotación de líneas, tanto de vía ancha como de vía estrecha: entre otras, Ávila-Salamanca, Vitoria-Estella, Betanzos-Ferrol, Lérida-Balaguer, o ésta del Pirineo.

normalizar el capital de BT trajo sin dudas nuevos cambios en concesiones y contratos<sup>40</sup>.

**Mapa 3. Redes eléctricas en Cataluña y suministro a ferrocarriles electrificados (c. 1930)**



Fuente: Elaboración propia a partir de Sintes y Vidal (1933), p. 223.

La anulación del concurso referido supuso la desestimación de las seis propuestas recibidas al respecto (octubre de 1923) y el comienzo de otro en el que se priorizaba a la industria nacional y se proponía la unificación de tensiones entre todas las líneas catalanas de NORTE. En el caso del material de tracción y del cable de alimentación en julio de 1924 se realizó la concesión a CAF por un total de 3'5 millones de pesetas, mientras que para el suministro eléctrico se optó por Energía Eléctrica de Cataluña (EEC), que también tendría el suministro de las líneas de Barcelona-Manresa y Moncada-San Juan de las Abadesas<sup>41</sup>.

Hemos de recordar que al contrario que en los casos andaluz-oriental o asturiano, el mercado eléctrico catalán mostraba un enorme dinamismo, caracterizado por una intensa competencia empresarial con tendencia a la concentración y por una amplia demanda industrial y urbana, a la que se sumaba la electrificación del transporte. La ampliación de las líneas de alta tensión en Cataluña y la proliferación de centrales hidroeléctricas (complementadas por importantes centros de producción térmica) ofrecían grandes posibilidades a las empresas ferroviarias (Mapa 3).

<sup>40</sup> Sobre los distintos grupos empresariales eléctricos en Cataluña en este periodo, Capel (Dir.) (1994), Volumen II.

<sup>41</sup> *Gaceta de Madrid*, 09-01-1926 y García Lomas (1931), p. 226. Si bien, parece que, al menos en la sección de Barcelona-Manresa, se había otorgado el suministro eléctrico a Riegos y Fuerzas del Ebro (RFE) (García Adán, 2001, pp. 6-7), aunque éste se frustró. Tal vez un nuevo escenario de las disputas entre EEC y RFE, que se habían dividido, no sin controversias, los mercados de las zonas oriental y occidental de Cataluña, Capel (Dir.) (1994), Volumen II, especialmente, pp. 98-101.

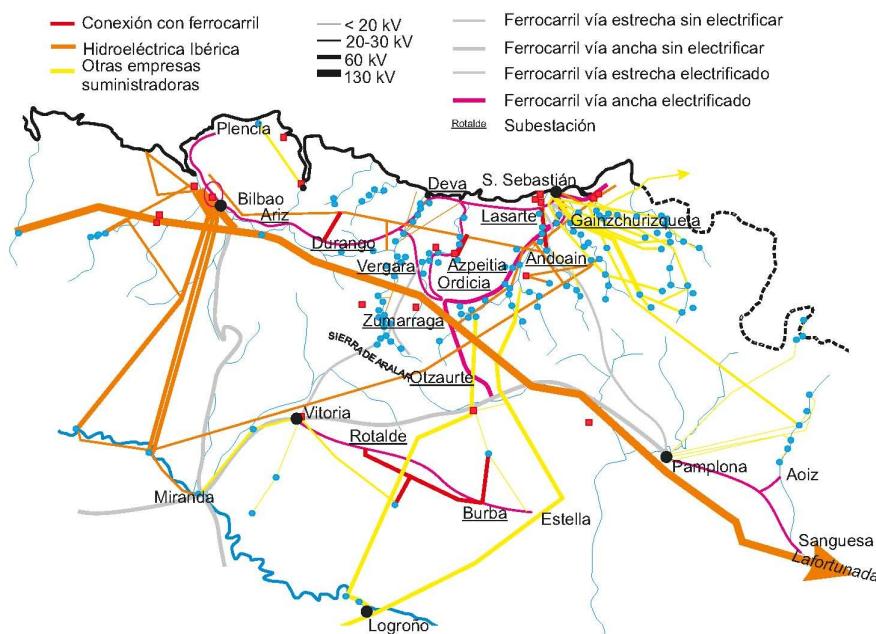
#### **1.4. La electrificación ferroviaria del norte industrial (Alsasua-Irún-Hendaya, 1929; Bilbao-Portugalete y ramales, 1933-1936)**

Al igual que en Cataluña, la industria vasca demandó suministro eléctrico desde principios del siglo XX; las dos regiones contaban con los tendidos eléctricos más desarrollados de España. Incluso a la vista de los mapas de líneas de transporte de energía tendidas puede decirse que formaban en 1930 una red eléctrica regional estable y con capacidad para cubrir la demanda industrial, urbana y de tracción. Además, contabilizando la vía estrecha, en 1928 las provincias vascas sumaban más de 300 kilómetros de vías electrificadas en servicio o en proyecto.

Las razones que impulsaron la transformación del sistema de tracción fueron diferentes a la línea catalana. NORTE pretendía obtener un mejor rendimiento económico en las rampas con denso tráfico, que se encuentran entre el Cantábrico y la meseta. Además, hay que tener en cuenta que los servicios ferroviarios de NORTE en esta línea contaban con trenes expresos y rápidos que remolcaban unas 400 toneladas brutas entre Madrid y Hendaya, debiendo ser capaces de atravesar las rampas de hasta 16 milésimas a velocidades entre 60 y 65 km/h. Los trenes rápidos del otro lado de la frontera llegaban y salían de Hendaya a velocidades muy superiores (100-120 km/h), por lo que era necesario aplicar mejoras en la tracción, especialmente en los dos tramos más difíciles: el paso de Guadarrama y el exigente tramo entre Alsasua y Beasain.

Éste último es el que se decidió electrificar en primer lugar, llevando el tendido eléctrico hasta la frontera francesa. Los trabajos comenzaron a finales de 1927 y dos años más tarde ya se había completado la electrificación ferroviaria: 104 km de vía doble entre Alsasua e Irún, y 1,5 km en vía única hasta Hendaya. La tensión de la línea de contacto se estableció en 1,5kV, al igual que la electrificación del lado francés.

**Mapa 4. Redes eléctricas en el País Vasco y Navarra y suministro a ferrocarriles electrificados (c. 1930)**



Fuente: Elaboración propia a partir de Vedruna (1933).

En cuanto a la red eléctrica vasca en la década de 1920 la compañía suministradora de energía más importante de la zona era Hidroeléctrica Ibérica, que se había constituido en Bilbao el 19 de julio de 1901, a partir de un binomio habitual técnico-financiero, personificado en este caso por el ingeniero Juan Urrutia y el Banco Vizcaya. Hidroeléctrica Ibérica fue una empresa pionera en muchas cuestiones, tanto en la estrategia empresarial como en la innovación tecnológica<sup>42</sup>. Es importante recoger como desde sus inicios buscó de forma constante acaparar concesiones hidráulicas, aunque estuvieran por encima de su capacidad. Esto era necesario para su política de expansión por aquellas zonas del país donde mayor potencialidad de demanda existía, como el propio País Vasco, Madrid, Levante y Cataluña. Como ya hemos dicho, en 1908 había adquirido Electra de Viesgo y un año antes había creado Hidroeléctrica Española (Hidrola) para introducirse en los mercados madrileño y valenciano. Esa enorme capacidad empresarial, alentada por una fuerte financiación del Banco del Vizcaya, había gestionado progresivamente las primeras electrificaciones en la zona, y también lo haría con la construcción de la primera línea electrificada de vía ancha en el País Vasco<sup>43</sup>.

### Planes, diseño de redes y realidades

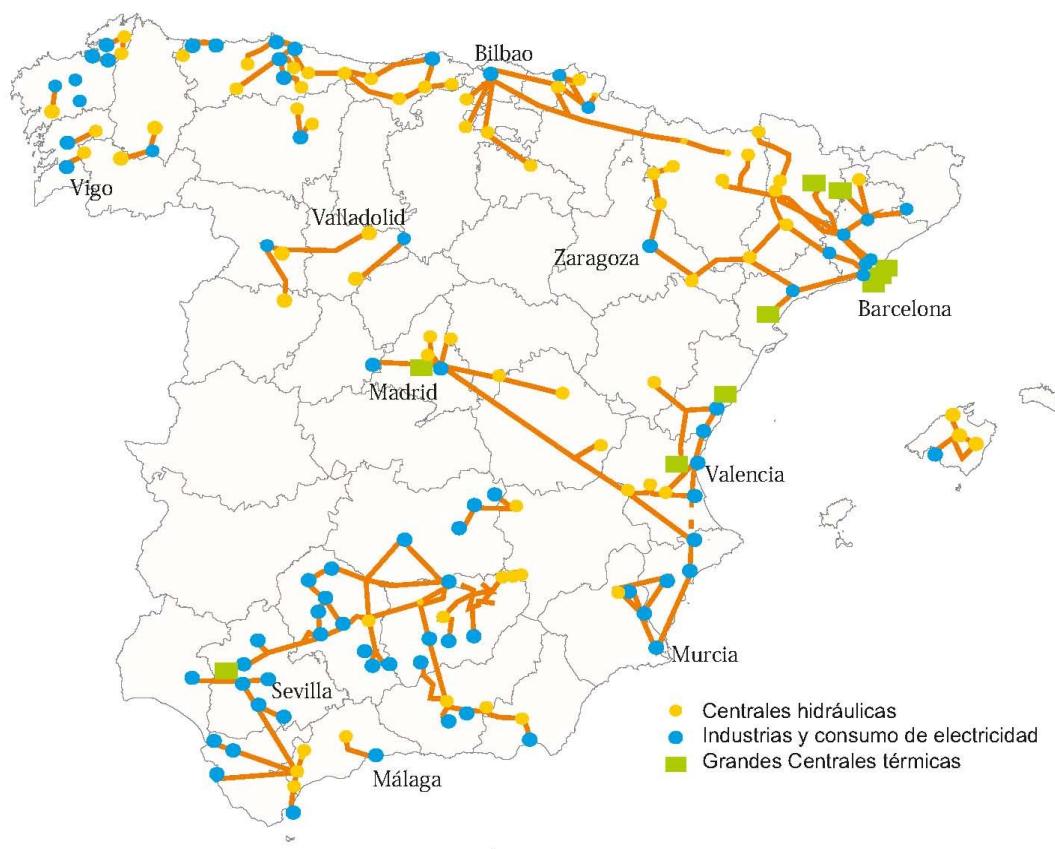
Los procesos de construcción de las redes de infraestructuras normalmente están sometidos a una secuencia temporal lógica, que se encuentra condicionada por una planificación previa basada en las perspectivas favorables para su desarrollo y por la

<sup>42</sup> Sobre esta empresa y sus estrategias, Antolín (1996).

<sup>43</sup> Pueyo (2007), pp. 70-74

propia evolución de los mercados de oferta y demanda para llevar a cabo esas propuestas. Existen lógicamente excepciones, pero las redes a las que nos referimos soportan largos períodos de maduración y se encuentran sometidas a elevadas barreras de entrada, en tanto en cuanto los sistemas de minifundio empresarial son progresivamente sustituidos por oligopolios o monopolios capaces de atender a la gestión de esas redes.

**Mapa 5. Principales centros de producción y líneas de distribución de energía eléctrica en España al comienzo de la década de 1930**



Fuente: Elaboración propia a partir de Sintes y Vidal (1933).

En el caso de las redes que nacen con una vocación nacional, cuyo origen debemos recordar está en la aplicación de la ideología del liberalismo decimonónico que mostró especial interés en dictar una serie de normas destinadas a disponer de una información suficiente para conocer y controlar todo el territorio del Estado<sup>44</sup>, la planificación se

<sup>44</sup> Reguera Rodríguez (1998), p. 225 y cuadro 3.3. Aquí se recoge, para el caso español, un buen registro de estas normas cuya finalidad era el control del territorio: ley sobre implantación del sistema métrico decimal (19-07-1849), la ley de clasificación de carreteras (07-05-1851), la ley de establecimiento de una red electro-telegráfica (22-04-1855), la ley de desamortización (01-05-1855), la ley general de ferrocarriles (03-06-1855), la ley de establecimiento de colonias agrícolas o nuevas poblaciones (21-11-1855), la ley que establece el punto kilométrico cero de España en la Puerta del Sol y la medición de todas las carreteras radiales que desde este punto salen (18-12-1856) y la ley de medición del territorio

justifica plenamente a esa escala. Sin embargo, en el caso de la red eléctrica, como ya hemos comentado anteriormente, esto no fue así y las líneas de suministro no tenían inicialmente esa vocación de red, sino que eran finalistas sobre el centro al que debían abastecer en las mejores condiciones. Aun así, el crecimiento de la demanda, y por consiguiente de la oferta, generó un proceso que fue tejiendo poco a poco unas redes locales que se convirtieron en regionales y que ya, al comenzar la década de 1930, pergeñaban un dibujo que se aproximaba a la escala nacional (Mapa 5).

Por su parte, la red ferroviaria electrificada no existía aún, ya que como hemos visto sólo unos pocos cientos de kilómetros fueron adaptados para la circulación de locomotoras y automotores eléctricos, normalmente de modo aislado y con el objetivo concreto de superar las limitaciones (técnicas, económicas, higiénicas...) de la tracción vapor.

Era lógico pensar que, con los condicionantes energéticos y geográficos existentes, ambas redes (la eléctrica y la ferroviaria) se terminaran por encontrar, sin embargo, si miramos en la escala el tiempo esto no fue así y las líneas ferroviarias electrificadas no adquirieron unas dimensiones de red hasta prácticamente la década de 1970, cuando se estaba culminando el Plan Decenal de Modernización de RENFE. Sesenta años después de los primeros proyectos de electrificación ferroviaria, para un país presuntamente idóneo para la implantación de este sistema, todavía no se superaba el 40% de la red de vía ancha electrificada. ¿Qué había pasado? Las crisis económicas y políticas que se sucedieron a lo largo del siglo XX en nuestro país se encuentran en el fondo de este retraso, como en tantos aspectos de nuestra economía y sociedad.

El periodo de tiempo que limita nuestro estudio (primer tercio del siglo XX) es presentado por nuestros historiadores como una etapa de expansión económica, que se fragua en el primer decenio del siglo y se consolida durante la Primera Guerra Mundial, dando lugar en la década de 1920 al nacimiento del capitalismo español<sup>45</sup>. Ese escenario optimista es el que desarrollarían sus iniciativas los ingenieros-empresarios, como apuntó Bernal, para llevar a cabo la implantación de la electrificación general en España. Junto a ese nutrido número de técnicos (Mendoza, Orbegozo, Grasset, Urrutia, Sánchez Cuervo...) aparecían bancos nacionales que se habían capitalizado sucesivamente con la repatriación de capitales tras el colapso de las últimas colonias y con los negocios de la Gran Guerra en la que España fue neutral (Banco de Vizcaya, Banco Urquijo, Banco de Bilbao...). Como ya recordara Tortella, la tecnología tiene una fácil importación y por lo tanto su ausencia es un problema que se soluciona con inversión. Este momento es también cuando las grandes multinacionales llegan a España para el suministro de sus patentes eléctricas, instalando su oficinas y talleres en las principales ciudades (Westinghouse, General Electric, Oerlikon, Brown Boveri, Alsthom...).

El sector eléctrico español experimentó una gran expansión (algo por detrás de otros países europeos) en el que se constituyeron las primeras grandes empresas eléctricas, todavía de vocación regional, aunque preparaban el terreno para futuras fusiones: Energía Eléctrica de Cataluña y Barcelona Traction en Cataluña; Hidroeléctrica Ibérica y Saltos del Duero, en el centro y norte peninsular; Electra de Viesgo, en la cornisa

---

(05-06-1859).

<sup>45</sup> Entre otros, Comín (2002); Carreras y Tafunell (2003), pp. 223-261; Parejo y Sánchez Picón (2007).

cantábrica; Sevillana, Mengemor y El Chorro, en Andalucía; Hidroeléctrica Española, Unión Eléctrica Madrileña e Hidráulica de Santillana, en Madrid; Eléctricas Reunidas de Zaragoza, en Aragón; entre otros<sup>46</sup>.

El escenario ferroviario, sin embargo, no era tan halagüeño y las compañías no tenían recursos para llevar a cabo inversiones de ningún tipo. La Gran Guerra había propiciado un incremento notable de los tráficos ferroviarios (por la demanda exterior), pero también de los gastos de explotación (la inflación generalizada) y de los gastos de personal (subida salarial e implantación de la jornada de ocho horas diaria), aunque se pudo compensar en parte por la aplicación en 1918 de la subida tarifaria del 18% que mejoró algo la partida de ingresos. Aun así, todo el sector ferroviario estaba en el convencimiento de que la etapa de explotación privada de los ferrocarriles estaba lista para su liquidación (como ya había ocurrido en otros países europeos), y que sólo quedaba saber cómo, cuándo y a qué coste.

El que las compañías ferroviarias aceptaran en esa coyuntura la posibilidad de realizar fuertes inversiones en la construcción de sus primeras líneas electrificadas era una completa utopía. De hecho, sólo SUR procedió a la electrificación con recursos propios, mientras que NORTE sólo llevó a cabo electrificaciones cuando se conseguían ayudas públicas, y MZA y Andaluces (las otras grandes compañías ferroviarias en España), aunque planificaron ciertos proyectos, sólo lo hicieron por las expectativas de financiación que ofrecía la Caja Ferroviaria.

Efectivamente, como es sabido, en septiembre de 1923 la profunda crisis política y social de la Restauración española llevó al golpe de Estado de Primo de Rivera, que se mantuvo en el poder hasta enero de 1930. Este periodo se caracterizó en lo económico por las políticas de protección y ordenamiento de la producción y los mercados, siendo el Estado el organizador y el impulsor de la producción nacional. También se asumieron estrategias conducentes a favorecer el desarrollo de las industrias nacionales, se crearon un sinfín de organismos y consejos reguladores encargados de realizar propuestas para reglamentar todo tipo de producciones, y finalmente también se impusieron estrictas barreras de entrada en los mercados a nuevas empresas, favoreciendo los monopolios sectoriales<sup>47</sup>.

Esta valoración nos permite situar correctamente las iniciativas tomadas en este periodo para la creación y desarrollo de una red nacional eléctrica y un plan nacional de electrificación de ferrocarriles. Como ya sabemos, el llamado “problema ferroviario” fue atendido por parte de la Dictadura con la promulgación del Estatuto Ferroviario, al que obligatoriamente todas las empresas del sector debían acogerse, si querían acceder a las subvenciones previstas en la Caja Ferroviaria destinadas a la renovación de instalaciones, material rodante y salarios.

En el caso del proyecto de configuración de una red eléctrica nacional, el primer paso se dio con la promulgación del Real Decreto de 9 de abril de 1926 que establecía la apertura de un concurso de proyectos de red nacional de transporte de energía que serían valorados por una Comisión Permanente Española de Electricidad<sup>48</sup>. En esta misma norma se afirmaba que las propuestas deberían tener una fácil conexión con las

<sup>46</sup> Un excelente análisis empresarial de conjunto, en Núñez Romero-Balmas (1995). Véase también Pueyo (2007).

<sup>47</sup> Carreras y Tafunell (2003), pp. 239-240.

líneas de ferrocarril existentes y futuras. Esto último tenía relación con la publicación, también en 1926, del Plan Preferente de Ferrocarriles de Urgente Construcción.

De todos modos, lo más destacable de la convocatoria fue la petición de un plan de unificación de las normas y sistemas de conducción de la energía eléctrica, y esto sí se pudo llevar a cabo con la publicación, en junio de ese mismo año, de las normas a las que habrán de ajustarse las líneas que compongan la red eléctrica nacional<sup>49</sup>. Sin embargo, no parece que la convocatoria tuviera gran éxito, ya que se fue prorrogando sin que hubiera propuestas concretas<sup>50</sup>.

Junto al referido plan ferroviario y a la propuesta de enlace de la red eléctrica, la Dictadura también diseñó un plan de electrificación de ferrocarriles que resultaba especialmente ambicioso, y por lo tanto imposible de cumplir, debido a la ausencia de recursos para llevarlo a cabo y de rentabilidad para atraer inversión privada extranjera o nacional (véase Cuadro 2 y Mapa 6).

**Cuadro 2. Resumen del Plan General de Electrificación Ferroviaria**

*Kilómetros de ferrocarril (a)*

	Primera fase	Segunda Fase	Total
<b>Norte</b>	689	325	<b>1.014</b>
<b>MZA</b>	867	1.001	<b>1.868</b>
<b>Andaluces</b>	241	301	<b>542</b>
<b>Oeste</b>	120		<b>120</b>
<b>Total</b>	<b>1.917</b>	<b>1.627</b>	<b>3.544</b>

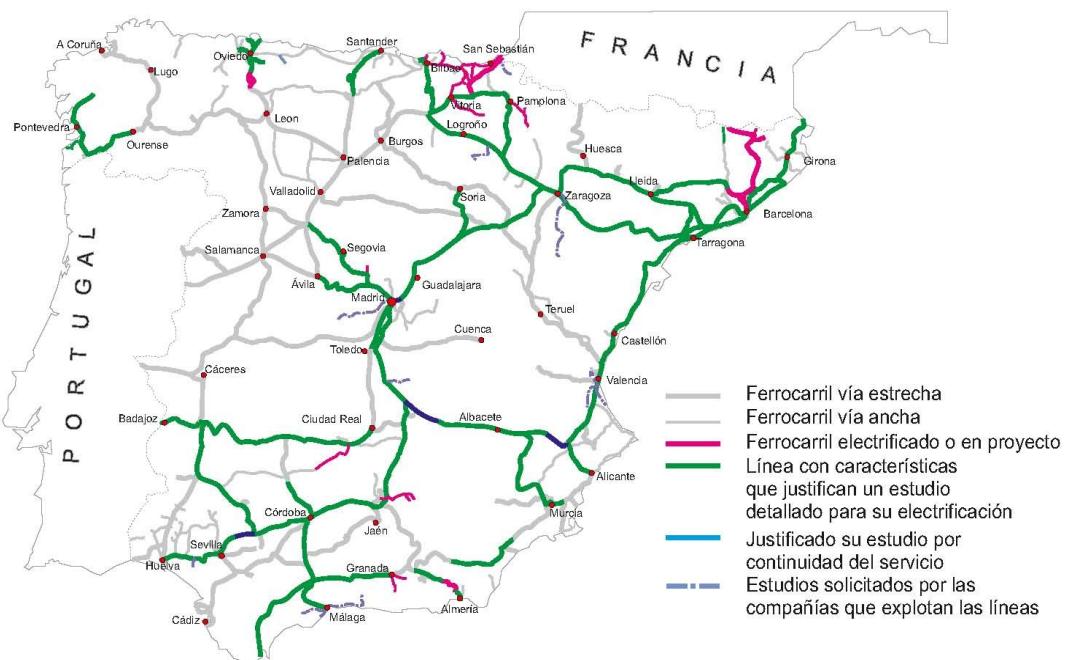
Fuente: Comisión para el estudio... (1928). (a) Se anotan aquí los kilómetros totales a electrificar, incluyendo vía única y vía doble.

**Mapa 6. Líneas de ferrocarril a electrificar (1928)**

<sup>48</sup> *Gaceta de Madrid*, 14-04-1926.

<sup>49</sup> *Gaceta de Madrid*, 24-06-1926.

<sup>50</sup> Sólo Hullera Nacional y la Asociación de Productores y Distribuidores de Electricidad, esta última representada por Sánchez Cuervo, harían intención de llevar a cabo una propuesta. *Gaceta de Madrid*, 03-04-1927.



Fuente: Comisión para el estudio... (1928).

En realidad, podemos encontrar una interesante relación entre esta planificación y la insistencia de las compañías eléctricas, y sus derivados empresariales, en la construcción de una red ferroviaria electrificada. Entre otros casos, la creación de grupos empresariales de interés fue una herramienta estratégica para despertar la atención de las empresas ferroviarias. Uno de estos ejemplos sería la Sociedad de Electrificación Industrial (SEI), creada en 1919 para la “construcción y explotación de grandes aprovechamientos hidroeléctricos”, la “fabricación de maquinaria y material eléctrico” y la “electrificación de grandes industrias, especialmente la de transportes ferroviarios”<sup>51</sup>.

Calificada de invento<sup>52</sup>, la SEI agrupó en torno suyo a un colectivo numeroso de intereses entre los que se encontraban banqueros y empresarios del sector eléctrico español. Prácticamente podemos decir que no faltaba nadie: bancos, hidroeléctricas, constructoras e ingenieros<sup>53</sup>. Todos bajo la dirección técnica de Luis Sánchez Cuervo<sup>54</sup>. Eso sí, no hemos encontrado ninguna empresa ferroviaria que participara directamente en estas propuestas, algo que puede resultar chocante cuando buena parte de los objetivos estaban centrados en la futura electrificación ferroviaria.

<sup>51</sup> García Adán (2001).

<sup>52</sup> Díaz Morlán y San Román (2008), p. 5.

<sup>53</sup> Véase el listado completo en García Adán (2001), notas 1 y 2.

<sup>54</sup> Era autor de una de las memorias premiadas por la Asociación de Ingenieros de Caminos en 1918 en un concurso abierto para encontrar ideas sobre el desarrollo de la electrificación ferroviaria en España. Junto a Sánchez Cuervo, los autores premiados fueron José Luis Valentí y Dorda, y Mario Viani y Vicente Burgaleta. Todos los encontraremos después junto a diferentes grupos empresariales, en las comisiones formadas por el Gobierno para la electrificación de líneas, y en las páginas de las revistas técnicas de la época, como *Revista de Obras Públicas, Ingeniería y Construcción*, y otras.

Los éxitos de la SEI fueron bastante limitados, al menos si los valoramos en términos de consecución de contratos ferroviarios, ya que sólo participaron de un modo claro en la electrificación de Pajares, a través de otras empresas que pertenecían a su conglomerado, como eran la Sociedad Española de Construcción Naval (SECN) y la Sociedad Ibérica de Construcciones Eléctricas (SICE). Esto se unía a que el fabricante inglés Metropolitan Vickers (o Metrovick) había cedido sus derechos a la SEI, lo que explicaría la participación de estas empresas en buena parte de los negocios de electrificación ferroviaria en el norte peninsular en esos años.

Como ya hemos señalado, el desarrollo de redes supone la implicación de varios sectores. Por esto nos interesa recoger aquí uno de los frutos de esta relación empresarial, por la que, y a pesar de los fracasos, surgió en 1929 la posibilidad de un ensayo para la construcción a cargo de la industria nacional de los componentes eléctricos de una locomotora prototipo que se pensaba podría ser un modelo en España para futuras fabricaciones de material de tracción eléctrica. La casa británica Metrovick realizó el diseño, mientras la fabricación y el montaje de componentes fueron realizados por la SECN, siendo presentada en 1931 como la serie 7300 de NORTE. Este ensayo tuvo una repercusión importante en el desarrollo de la industria eléctrica española pues aunque el proyecto no tuvo continuación, como consecuencia de no adaptarse a las necesidades que tenía NORTE en sus líneas –la locomotora a pesar de su potencia, era demasiado pesada-, el 18 de junio de 1930 se fundaba la sociedad Constructora Nacional de Maquinaria Eléctrica (CENEMESA).

Las comisiones creadas desde el Directorio intentaron crear un clima favorable para el desarrollo de estos proyectos, los cuales eran muy similares a los que se presentaron en las memorias de 1918 por parte de Sánchez Cuervo, Valentí o Viani, o a los que discutían en la Revista de Obras Públicas Jiménez Ontiveros y García Lomas, y, por supuesto, idénticos a los que la SEI envió a las respectivas compañías ferroviarias españolas para animarles en sus programas de electrificación ferroviaria<sup>55</sup>.

Aun así, el esfuerzo desarrollado en esta etapa por unificar mercado y ampliar el consumo fue evidente. El ministro de Fomento, Rafael Benjumea<sup>56</sup>, en el Real Decreto de 7 de septiembre de 1929 planteaba el carácter estratégico nacional que tenían tanto el la electrificación de los ferrocarriles como el suministro eléctrico a la industria electroquímica (verdaderos símbolos de la Segunda Revolución Tecnológica) y para ello establecía un precio máximo de seis céntimos el kWh y se creaba un Consejo de la Energía, dependiente de Fomento, encargado de coordinar el proceso de electrificación industrial y ferroviaria. Sánchez Cuervo opinaba que la limitación del mercado que se podría derivar de esa preferencia ferroviaria perjudicaría gravemente a las empresas eléctricas, ya que en ningún caso el ferrocarril constituía una demanda suficiente para mantener el suministro eléctrico. En realidad, el exceso de oferta fue una característica de este periodo, debido sobre todo a la intensa lucha empresarial que se libró en esos

<sup>55</sup> En un correo múltiple a los Consejos de Administración de las compañías ferroviarias españolas, la CEI daba cuenta de su creación (26-08-1919) y animaba a que las empresas llevaran a cabo los “propósitos de esa compañía de proceder al cambio de sistema de tracción en alguna de las secciones de sus redes”. Entre las empresas destinatarias estaban NORTE, MZA, Vascongados, Central de Aragón, Bilbao a Portugalete, MZOV o Andaluces. García Adán (2001), nota 12.

<sup>56</sup> Conde de Guadalhorce, ingeniero y conocedor del sector como fundador de la compañía eléctrica El Chorro.

años<sup>57</sup>, pero llevaba razón Sánchez Cuervo al afirmar que el ferrocarril no podía mantener en exclusiva las líneas eléctricas de fuerza. La creación del Consejo de la Energía respondía, sin duda, a un último intento corporativo del régimen primoriverista con una intención regulatoria en exceso.

Poco antes de la creación del Consejo de la Energía se había creado un Comité Técnico de Electrificación de Ferrocarriles con el fin de coordinar el plan de electrificación de ferrocarriles que se consideraba próximo a comenzar. Este Comité tenía incluso potestad para hacer proposiciones de modificaciones, ampliaciones o nuevos planes, y sustituía de hecho para este fin a las Divisiones de Ferrocarriles y su financiación estaba en la Caja Ferroviaria<sup>58</sup>.

Tras el cambio de régimen, una de las primeras medidas del Gobierno de la Segunda República fue precisamente la supresión del Comité Técnico de Electrificación de Ferrocarriles, devolviendo su gestión a las Divisiones de Ferrocarriles y considerando que ante la falta de recursos no había lugar a realizar una proyección de ese tipo.

## Conclusiones

Nuestro trabajo ha intentado estudiar de modo comparado la evolución y dinámicas de los sectores eléctrico y ferroviario durante el primer tercio del siglo XX, momento clave en el que se afrontaban los primeros proyectos de electrificación ferroviaria.

El dinamismo y empuje de un sector en crecimiento como el eléctrico encontró un ferrocarril abatido que comenzaba su ciclo recesivo, agudizado en el caso español por una profunda crisis económica de las empresas que tuvieron que recurrir al Gobierno para recibir subvenciones para la realización de la mayoría de las electrificaciones de los ferrocarriles de vía ancha.

La década de 1920 se caracterizó por un esfuerzo planificador, propio de la Dictadura de Primo de Rivera, en el que numerosos organismos paralelos intentaron llevar a cabo las numerosas propuestas que se realizaban desde los círculos interesados de suministradores y constructores, pero el negocio ferroviario apenas si tenía capacidad para continuar su explotación tradicional.

El resultado sería modesto, tanto para las compañías ferroviarias, ya que no se llegaría al 10% de la red electrificada, como para las empresas eléctricas, que no encontraron un gran estímulo en la electrificación de los ferrocarriles de vía ancha, debiendo desviar su atención a los servicios urbanos y la industria para intentar colocar la amplia oferta de energía por la que se caracterizó el periodo, todavía con una red en ciernes.

<sup>57</sup> La pacificación del sector vendría de la mano del convenio 1934-1936 con el establecimiento de lo que denominaron mercados exclusivos y de mercados compartidos, ante la amenaza de Saltos del Duero, Díaz Morlán y San Román (2008), pp. 4-11.

<sup>58</sup> *Gaceta de Madrid*, 27-07-1929. En su composición aparecen muchos de los nombres protagonistas de la historia que hemos analizado. En primer lugar, José Moreno, el empresario ferroviario impulsor en NORTE del programa de electrificaciones; Tomás Brioso, que había sustituido a Rafael Benjumea en la dirección técnica de El Chorro; García Lomas; José Luis Valentí; y por supuesto, Luis Sánchez Cuervo.

## Bibliografía

- ANTOLÍN, Francesca (1996): “Hidroeléctrica Ibérica y la electrificación del País Vasco”, en F. Comín y P Martín Aceña, Eds., *La empresa en la historia de España*, Civitas, Madrid, pp. 237-264.
- BARTOLOMÉ, Isabel (2007): *La industria eléctrica en España (1890-1936)*. Banco de España, Madrid.
- BERNAL, Antonio-Miguel (1993): “Ingenieros-empresarios en el desarrollo del sector eléctrico español: Mengemor, 1904-1951”, *Revista de Historia Industrial*, nº 3, pp. 93-126.
- CAPEL, Horacio (Dir.) (1994): *Las tres chimeneas*. Tres volúmenes. FECSA, Barcelona.
- CAPEL, Horacio (2011): *Los ferro-carriles en la ciudad. Redes técnicas y configuración del espacio urbano*. Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid.
- CARRERAS, Albert (1983): “El aprovechamiento de la energía hidráulica en Cataluña, 1840-1920. Un ensayo de interpretación”, *Revista de Historia Económica*, año I, nº 2, pp. 31-63.
- CARRERAS, Albert y TAFUNELL, Xabier (2003): *Historia Económica de la España Contemporánea*. Editorial Crítica, Barcelona.
- COMÍN, Francisco (2002): “El periodo entreguerras, 1914-1936”, en F. Comín, M. Hernández y E. Llopis, Eds., *Historia Económica de España, siglos X-XX*. Editorial Crítica, Barcelona.
- COMISIÓN PARA EL ESTUDIO DE LA ELECTRIFICACIÓN DE LÍNEAS FÉRREAS (1928): *Memoria que eleva al Excmo. Sr. Ministro de Fomento la Comisión nombrada para el estudio de la electrificación de líneas férreas*. Ministerio de Fomento, Madrid.
- COMPAÑÍA DE LOS CAMINOS DE HIERRO DEL NORTE DE ESPAÑA (1926): *La electrificación de la rampa de Pajares*. Talleres Voluntad, Madrid.
- COMPAÑÍA NACIONAL DE LOS FERROCARRILES DEL OESTE DE ESPAÑA Y RED DE ANDALUCES (1941): *Inventario*. 8 volúmenes, Madrid.
- COMPAÑÍA SEVILLANA DE ELECTRICIDAD (1994): *Compañía Sevillana de Electricidad. Cien años de historia*. Fundación Sevillana de Electricidad, Sevilla.
- CUÉLLAR, Domingo (2003): *Los Transportes en el Sureste Andaluz: Economía, Empresas y Territorio*. Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid.
- CUÉLLAR, Domingo (2008): “Los ferrocarriles de vía estrecha en Andalucía”, en D. Cuéllar y A. Sánchez Picón, *150 años de ferrocarril en Andalucía: un balance*, Vol. 1, pp. 241-305.
- DÍAZ MORLÁN, Pablo (1998), “El proceso de creación de Saltos del Duero (1917-1935)”, *Revista de Historia Industrial*, nº 13, pp. 181-198.

DÍAZ MORLÁN, Pablo y SAN ROMÁN, Elena (2008): “Causas de la restricción eléctrica en el primer franquismo: Una aportación desde la historia empresarial”, IX Congreso de la Asociación Española de Historia Económica, Murcia.

DUPUY, Gabriel (1989): “Prèface”, *Flux*, numéro spécial, pp. 3-4.

EQUIPO URBANO (1972): “Simulación de una red de transportes: el caso de los ferrocarriles españoles”, *Revista de Geografía*, volumen VI, nº 1, enero-junio, pp. 24-54.

GARCÍA ADÁN, Juan Carlos (2001): “La Sociedad de Electrificación Industrial y los proyectos de electrificación de ferrocarriles en España (1919-1931)”, *II Congreso de Historia Ferroviaria*, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Aranjuez.

GARCÍA DELGADO, José Luis (1983): “Algunas conclusiones sobre la política de protección y la economía hullera asturiana en el primer tercio del siglo XX”, *Revista de Historia Económica*, año I, nº 2, pp. 65-78.

GARCÍA LOMAS, José (1931): “Las recientes electrificaciones de la Compañía de los Caminos de Hierro del Norte de España”, *Revista de Obras Públicas*, pp. 195-197, 205-210, 225-232, 257-265, 275-282, 306-317, 338-345.

HÄGESTRAND, Torsten (1952): *The propagation of innovation waves*. The Royal University of Lund.

HERRANZ, Alfonso (2008): *Infraestructuras y crecimiento económico en España (1850-1935)*. Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid.

JIMÉNEZ ONTIVEROS, Francisco (1927): “Anteproyecto de un plan general de electrificación de los ferrocarriles españoles”, *Revista de Obras Públicas*, pp. 70-73, 89-92, 111-117, y 139-143.

JIMÉNEZ ONTIVEROS, Francisco (1928): “Electrificación de Ferrocarriles. Estudios sobre su conveniencia económica”, *Revista de Obras Públicas*, pp. 175-178, 189-192, 209-212, 229-233, y 283-284.

JIMÉNEZ ONTIVEROS, Francisco (1941): “Algunas notas sobre el problema económico de la electrificación de ferrocarriles”, *Revista de Obras Públicas*, pp. 272-286.

KANSKY, Karl (1963): *Structure of transportation networks*. University of Chicago Press, Chicago.

LUCIA ORDÓÑEZ, Pedro José (1928): “Algunas breves observaciones a los artículos del señor Ontiveros sobre la conveniencia económica de la electrificación de ferrocarriles”, *Revista de Obras Públicas*, nº 2.503, pp. 225-226.

MÉNDEZ, Ricardo (1997): *Geografía Económica*. Editorial Ariel, Barcelona.

MITCHELL, Brian R. (1992): *International Historical Statistics. Europe, 1750-1988*. Stockton Press, New York.

NÚÑEZ ROMERO-BALMAS, Gregorio (1995): “Empresas de producción y distribución de electricidad en España (1878-1953)”, *Revista de Historia Industrial*, nº 7, pp. 39-80.

NÚÑEZ ROMERO-BALMAS, Gregorio (2005): “Tejiendo redes empresariales en Andalucía Oriental: vida y obra de Alfredo Velasco y Sotillos (1872-1936)”, *Documentos de trabajo*. Universidad de Granada.

OLAIZOLA ELORDI, Juan José (2005): “La tracción eléctrica en la vía estrecha española (1902-2003)”, en M. Muñoz (Dir.), *Historia de los Ferrocarriles de Vía Estrecha*, Fundación de los Ferrocarriles Españoles, Madrid, vol. 2, pp. 835-849.

PAREJO, Antonio y SÁNCHEZ PICÓN, Andrés (2007): *La modernización de España (1914-1939)*. Editorial Síntesis, Madrid.

PUEYO, Javier (2007): “El desarrollo de la industria eléctrica española antes de la Guerra Civil”, en *Electra y el Estado. La intervención pública en la industria eléctrica bajo el Franquismo*, Ed. Civitas, Madrid, vol. 1, pp. 65-111.

REGUERA RODRÍGUEZ, (1998): *Geografía de Estado. Los marcos institucionales de la ordenación del territorio en la España contemporánea, 1800-1940*. Universidad de León, León.

ROBBINS, Michael (2000): “The early years of electric traction. Invention, Development, Exploitation”, *The Journal of Transport History*, 21/1, pp. 92-101.

SÁNCHEZ CUERVO, Luis (1919): “Electrificación de los ferrocarriles españoles”, *Revista de Obras Públicas*, pp. 437-440, 449-453, 464-469 y 475-480.

SÁNCHEZ CUERVO, Luis (1933): “Presente y porvenir de las electrificaciones ferroviarias”, *Revista de Obras Públicas*, pp. 461-465.

SÁNCHEZ PICÓN, Andrés (1992): *La integración de la economía almeriense en el mercado mundial (1778-1936)*. Instituto de Estudios Almerienses, Almería.

SINTES, F. F. y Vidal, F. (1933): *La industria eléctrica en España: estudio económico-legal de la producción y consumo de electricidad y de material eléctrico*. Montaner y Simón, Barcelona.

VALENTÍ Y DORDÁ, José Luis (1918): *Memoria acerca de la conveniencia y posibilidad de electrificar los ferrocarriles españoles*. Ministerio de Fomento, Imprenta de Artes Gráficas, Madrid.

VEDRUNA, J. M. (1933): “El problema de la producción y distribución de energía eléctrica en Guipúzcoa”, *Ingeniería y Construcción*, nº 127, pp. 407-413.

VIANI, Mario y BURGALETA, Vicente (1919): *Conveniencia y posibilidad de electrificar los ferrocarriles españoles*. Ministerio de Fomento, Madrid.