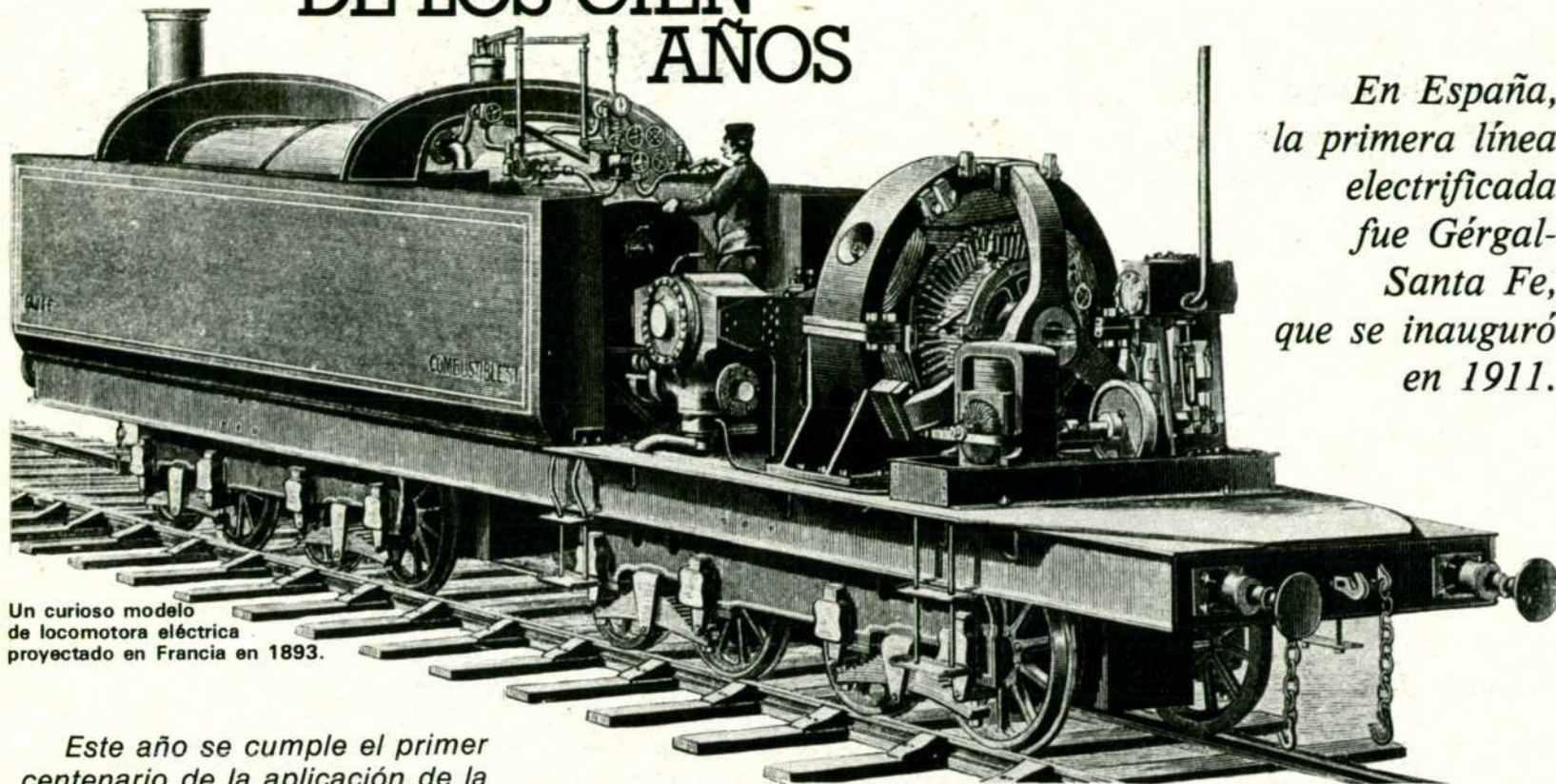


Berlín fue su cuna en 1879

# LA TRACCION ELECTRICA CRUZO LA BARRERA DE LOS CIEN AÑOS



Un curioso modelo de locomotora eléctrica proyectado en Francia en 1893.

*En España, la primera línea electrificada fue Gergal-Santa Fe, que se inauguró en 1911.*

*Este año se cumple el primer centenario de la aplicación de la energía eléctrica a la tracción ferroviaria. Desde que en 1879 se demostró que la electricidad podía usarse para conducir trenes, hasta nuestros días, los avances técnicos en este campo han sido ininterrumpidos, en términos cuantitativos y cualitativos. La electrificación total o, cuando menos lo más amplia posible, se ha convertido en una de las metas primordiales de todas las redes ferroviarias del mundo. La crisis energética galopante y la preocupación por la pureza del medio ambiente ponen, en fin, sobre un sitial de honor a este sistema de propulsión, de cuyo desarrollo al cabo de cien años —tanto en España como en el resto del mundo— escribe con pleno conocimiento el director adjunto honorario de RENFE, don Jesús Lasala Millaruelo.*

## Los comienzos

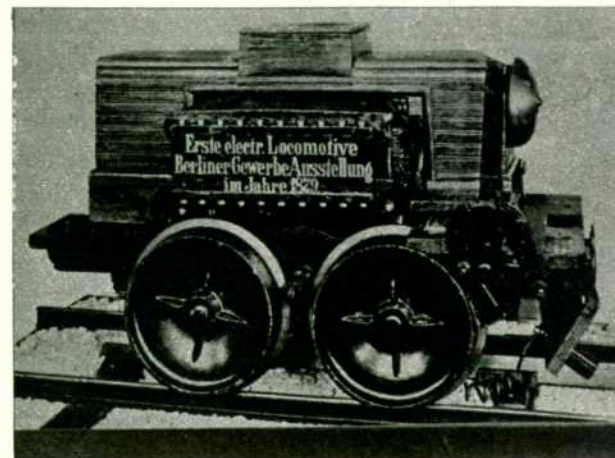
El 31 de mayo de 1879, y en el recinto de la Exposición Industrial de Berlín, circuló por primera vez lo que se podría llamar un tren eléctrico. En efecto, una pequeña locomotora construida por Siemens Halske, equipada con un motor de corriente continua en serie de 3 CV. a 160 V., remolcó tres vagones que eran poco más que unos bancos con ruedas, haciendo un recorrido de 300 m. de longitud a 12 km/h. El motor tomaba la corriente por una escobilla de alambre de cobre rozando por un carril especial en el eje de la vía y con retorno por el carril de rodadura, es decir por el sistema que después se llamó y ahora se llama del "tercer carril".

Bien es verdad que este acontecimiento no había dejado de tener sus precedentes de intentos de aplicación de la electricidad a la tracción. Desde el año 1835, en que Davenport movió un pequeño automotor con acumuladores, y pasando por los sucesivos inventos y ensayos de Davidson, con un tranvía con pilas en Edimburgo en 1842, de Lilley y Cotton en 1847 con baterías, y de C. G. Page en 1841 en Washington, que

empleó 100 pilas de ácido nítrico, se realizaron pruebas con pequeñas locomotoras de hasta siete toneladas.

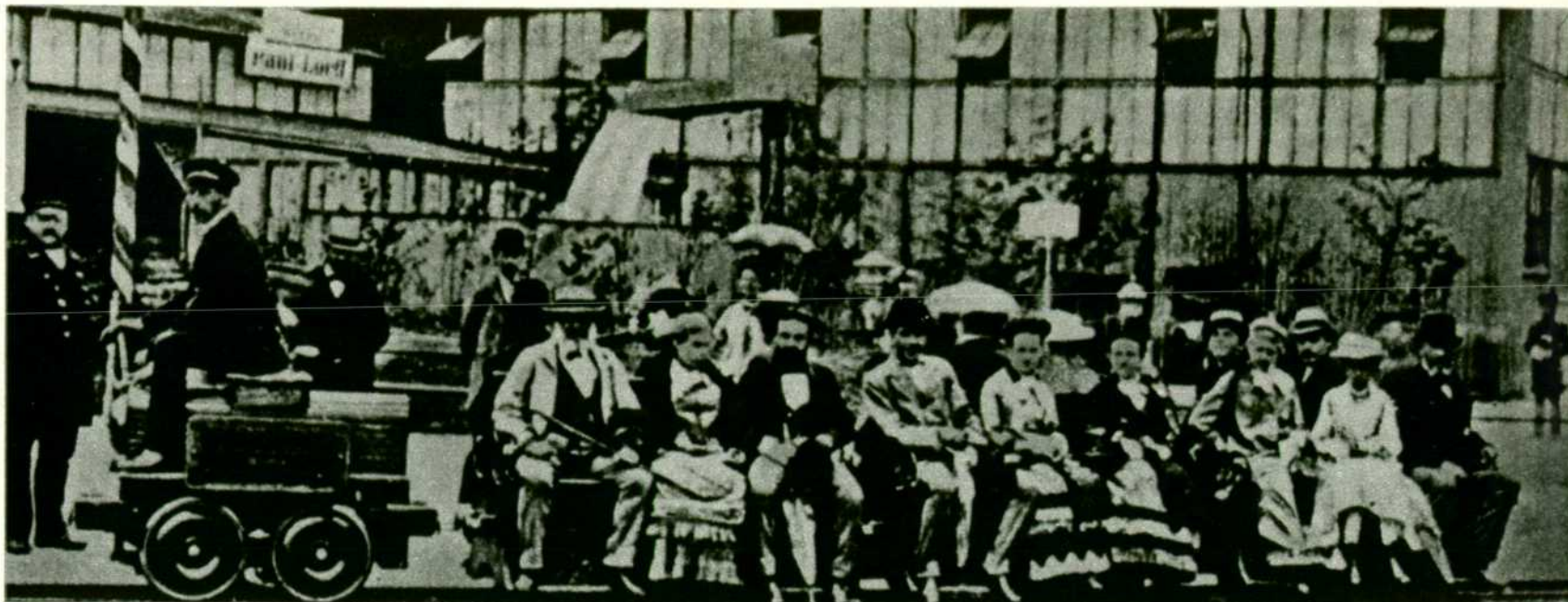
En la década de los 60 tuvieron lugar distintos inventos y descubrimientos que fueron perfeccionando la idea inicial; la utilización del hilo conductor de toma de corriente, la armadura cerrada del motor, la reversibilidad y la autoexcitación de la dínamo.

Pero fue en esa ocasión de la Feria de Berlín de 1879, como decimos, cuando el primer tren, aunque rudimentario, fue arras-



Reproducción a escala de la locomotora eléctrica "Príncipe", de Siemens-Halske, probada en 1879, en Berlín.



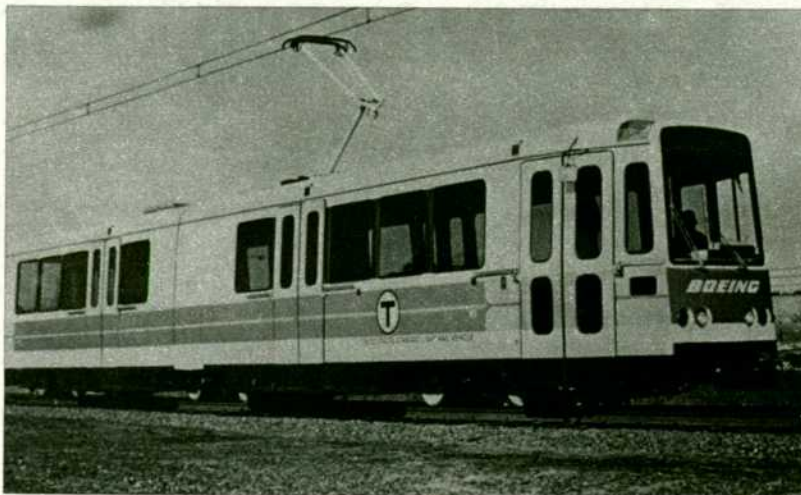


trado por una locomotora eléctrica. Por ello, justamente, todos los autores sitúan en dicho acontecimiento el nacimiento de este tipo de tracción.

La prueba de Berlín se repitió después en París el año 1881, en un tranvía eléctrico que recorría los 500 metros desde la plaza de la Concordia al palacio de la Industria, y otras pruebas análogas se realizaron el mismo año en las exposiciones de Bruselas, Düsseldorf y Francfort. Viene después una etapa de sucesivos perfeccionamientos entre los que cabe citar la línea de contacto aéreo empleada por Van Depoele en Chicago en 1883 y varios otros adelantos que permitieron desarrollos sucesivos, con mayores potencias de tracción y mejor aislamiento, en aplicaciones, sobre todo a los tranvías y a los ferrocarriles mineros en Europa y en América. Un gran paso se da en 1896 con el comienzo del transporte de energía a altas tensiones, que hace posible la aplicación al ferrocarril propiamente dicho.

Por otra parte, se formaban las grandes compañías de construcción de material eléctrico y, después de Siemens Halske, surgen Spraguen y Van Depoele, Thomson-Houston, Westinghouse, General Eléctrica en América y Brown Boveri, Siemens y Suchkert Oerlikon en Europa, que en un progreso ininterrumpido desde entonces van obteniendo sucesivos éxitos y consiguiendo mejorar y ampliar la electrificación.

En 1900, Brown Boveri electrifica el ferrocarril de Lugano, e Italia decide electrificar en trifásica. En 1902 se instala el primer ferrocarril monofásico a 16 2/3 Hz en Washington, y en 1906 se utiliza la corriente continua. Dos realizaciones importantes con esta corriente son la electrificación de la terminal del New York Central con locomotoras de 2.000 CV. a 600 V. y para 100 km/h.,



Cien años separan estas fotos. El primer ingenio tractor construido por los electricistas Siemens y Halske, puesto a prueba en la Exposición de Berlín, en 1879, para provechoso solaz de los visitantes, y el tren ultrarrápido de la famosa firma de construcciones aeronáuticas Boeing, en uno de sus prototipos, ya actualmente.

de construcción de General Eléctrica, y la del terminal de Pennsylvania.

Siguen, tanto en América como en Europa, diversas electrificaciones, desarrollando varios sistemas distintos.

## Los distintos sistemas

Ya en los años 1910 a 1916 se encontraban tres grupos de sistemas, de extensión considerable: la trifásica, que se utilizaba en Italia del Norte; la monofásica, que se utilizaba a 2.500 V. y 25 Hz en el New York-New Haven y en Pennsylvania, y a 1.500 V. 16 2/3 Hz en Suiza, los Alpes y en Alemania, y la continua, en la que se electrificó la línea del Hudson del New York Central a 600 V., y la gran electrificación americana de Chicago-Milwaukee-St. Paul, a 3.000 V.

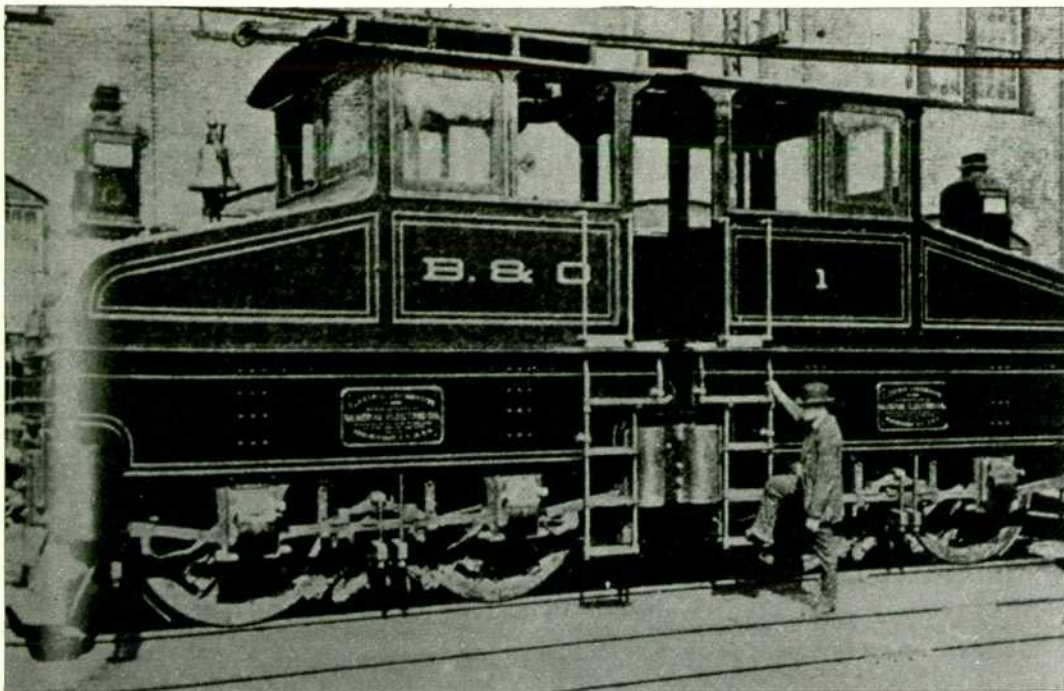
La tracción monofásica comienza a ensayarse hacia 1907 y Oerlikon, Siemens y AEG en Europa la hacen posible a 25 y a 16 2/3 Hz. Igualmente se desarrolla en América por Westinghouse a 11.000 V. 25 Hz, de tal manera que hacia 1916 ya

puede hablarse como consolidado tal sistema de tracción.

Varias razones de naturaleza técnica, como la de relación de la electrificación con las líneas de transporte, así como las circunstancias particulares de las diversas electrificaciones produjeron esta multiplicidad de sistemas. Importancia especial tiene entre dichas razones técnicas las relativas a las características de los diversos tipos de motores eléctricos en relación con su aplicación a la tracción eléctrica.

En general, en un motor de tracción se pueden apreciar diversas condiciones técnicas que por la limitación de tiempo y el destino general que tienen estas líneas no podemos hacer sino enumerar. La **estabilidad**, que podríamos decir que es la propiedad de que al disminuir la velocidad del motor aumenta el esfuerzo; la **elasticidad**, que es la de que el motor pueda funcionar dentro de un área grande del gráfico de las varias curvas de velocidad-esfuerzo; la **continuidad**, que es que el paso de un punto a otro del esquema de funcionamiento se haga por variaciones continuas; la **economía**, por la que el cambio de un régimen a otro se hace





Una de las primeras líneas principales electrificadas en todo el mundo fue la norteamericana de Camden-Waverly Tunnel, de la Compañía Baltimore and Ohio Railroad, en 1895. La locomotora es una Westinghouse.



La línea suiza Berna-Lötschberg-Simplon comenzó a electrificarse en 1910. Esta máquina data de 1913.

sin que baje mucho el rendimiento, y, por fin, la **resistencia** a la sobrecarga, la posibilidad de que en un período de tiempo breve admita el motor una intensidad, y realice consiguientemente un esfuerzo superior a la del régimen continuo.

En relación con estas condiciones y con sus propiedades técnicas, los motores de continua, cuya característica esfuerzo-velocidad se acerca mucho a la curva ideal teórica, hiperbólica, tienen además mejor conmutación y rendimiento, más potencia específica, menor velocidad angular, menor coste y menor entretenimiento; la estabilidad, por lo tanto, es muy buena, la elasticidad mejor que en otros tipos. Únicamente debían apuntarse como inconvenientes que el arranque había de hacerse con resistencia

y la recuperación requería también dispositivos especiales.

Los motores monofásicos tienen, en general, propiedades análogas a los de continua, pero en grado inferior en todos los sentidos, salvo en lo relativo al arranque, que puede ser con transformador. La potencia específica es inferior a la de motores de continua por ser más pesados y el pequeño factor de potencia les hace de menor rendimiento. Los motores trifásicos tienen las ventajas de que no hay conmutación, que se pueden utilizar autoinducciones para el arranque, que la potencia específica es mínima, que no hay embalamientos en el patinaje y que la recuperación de energía es sencilla; como inconvenientes tiene la muy pequeña elasticidad, mayor consumo de

energía, el par de arranque pequeño y la mala distribución de carga.

Veremos después cómo las distintas circunstancias han determinado finalmente la elección de uno u otro equipo de electrificación.

Veamos adónde ha conducido la evolución histórica en el mundo en esta materia de sistemas de electrificación observando las cifras siguientes tomadas del último "Railway Directory and Year Book":

#### Resumen de las electrificaciones del mundo

Corrientes	Km.
Corriente continua bajo voltaje (hasta 1.200 V.) .....	7.899
Corriente continua voltaje medio (1.500-2.500 V.) .....	17.709
Corriente continua alta tensión (3.000 y más V.) .....	57.249
Monofásica 16 2/3 Hz .....	28.484
Monofásica 20 Hz .....	124
Monofásica 25 Hz .....	1.743
Monofásica 50 Hz .....	38.494
Monofásica 60 Hz .....	2.761
Trifásica .....	81
<b>Total .....</b>	<b>154.544</b>

Destacan en el cuadro anterior tres tipos de electrificación que en la actualidad ocupan los primeros lugares: la continua, a 3.000 V.; la monofásica, a 16 2/3 Hz, y la monofásica a frecuencia industrial.

En realidad, son los sistemas en los cuales se hacen ahora las electrificaciones, y en Europa aún podríamos reducir la elección entre la continua a 3.000 y la alterna monofásica a 25 kV y frecuencia industrial. En Francia, por ejemplo, la electrificación comenzó haciéndose en corriente continua a 1.500 V., después de que una comisión técnica realizase un viaje de estudios a los Estados Unidos y analizase el estado de aquel entonces de la técnica. Pero el posterior desarrollo condujo a un cambio de criterio, elevando la tensión, con gran economía en la línea de contacto, que puede ser más ligera, y en subestaciones que pueden situarse más distantes.

En Europa, emplean además la corriente continua en Bélgica, Holanda, Inglaterra, España, y también Italia, que había comenzado por utilizar la trifásica. En todos estos países, así como en varias redes africanas, se utiliza la continua, generalmente a 3.000 V. La monofásica a 16 2/3 se utiliza en Alemania, Suiza, Austria, Noruega y Suecia.

Desde los años 50, los progresos técnicos en construcción de locomotoras han permitido utilizar la tensión alterna en frecuencia industrial, que evita tener centrales especiales, así como líneas de transporte en alta destinadas a la electrificación, por lo



que, con respecto a la continua, las subestaciones resultan mucho más sencillas, con una economía que se dice ser del 80 al 85 por 100 y la catenaria es mucho más ligera, con una ganancia del 35 por 100 con respecto a la corriente continua. Los últimos adelantos en materia de locomotoras, en especial el empleo de ignitrones, y la reducción de coste a niveles comparables a los de continua, están impulsando decididamente el desarrollo de este último tipo de electrificación.

En nuestro país, las posibles ventajas de la corriente alterna a 16 2/3 aparecían menores que los inconvenientes de necesitarse líneas de transporte a distinta frecuencia y de las perturbaciones sobre las líneas de comunicaciones.

Por lo que respecta a las subestaciones, y limitándonos a las de RENFE, podemos decir que las primeras subestaciones de continua estaban equipadas con uno o dos grupos de transformadores trifásicos de 1.600 kW y dos conmutatrices de 750 kW en serie. En las de 3.000 kW había uno o dos grupos de rectificadores de vapor de mercurio. Los de la línea de Andalucía están equipadas con ignitrones.



Esta es la locomotora eléctrica más veterana del DB, con siete decenios de servicio, la E-169002.

## Ventajas de la tracción eléctrica

Pero, en general, todos los sistemas de electrificación presentaban con respecto a la tracción vapor muy claras ventajas cuando comenzó a extenderse la electrificación. He aquí un catálogo de las ventajas más importantes de la tracción eléctrica:

1.º Posibilidad de la existencia de rampas más fuertes y de curvas más cerradas. Las obras de fábrica pueden ser más sencillas, por las menores cargas por eje y por la supresión de efectos dinámicos. Ventajas éstas de gran importancia cuando se trata de construir una línea nueva. De hecho, las líneas nuevas de alta velocidad se construyen electrificadas a favor de estos efectos favorables.

2.º La limpieza y la ausencia de humos, tan importantes en terminales urbanas y túneles.

3.º Las líneas de alta pueden formar parte de la red nacional con un mejor aprovechamiento.

4.º El aumento de capacidad por las mayores aceleraciones y sobrecargas. Este aumento de capacidad es tan notable que puede decirse que la electrificación de una vía única equivale a la instalación de vía doble, a tal efecto, y es de mucho menor coste de instalación y de explotación.

5.º La mayor disponibilidad de locomo-



En contraste, dos modernos automotores de los Ferrocarriles de Alemania Federal, en la línea Bremen-Munich, prestando servicio Intercity "Hermes", de la serie 400. Ambas máquinas aparecen aquí unidas, después de circular más de un millón de kilómetros sin averías, durante un año.

toras; desde el principio se daba la proporción aproximada de que dos locomotoras eléctricas podrían realizar el trabajo de tres de vapor.

6.º Necesidad de menos material móvil con fluidificación en la explotación.

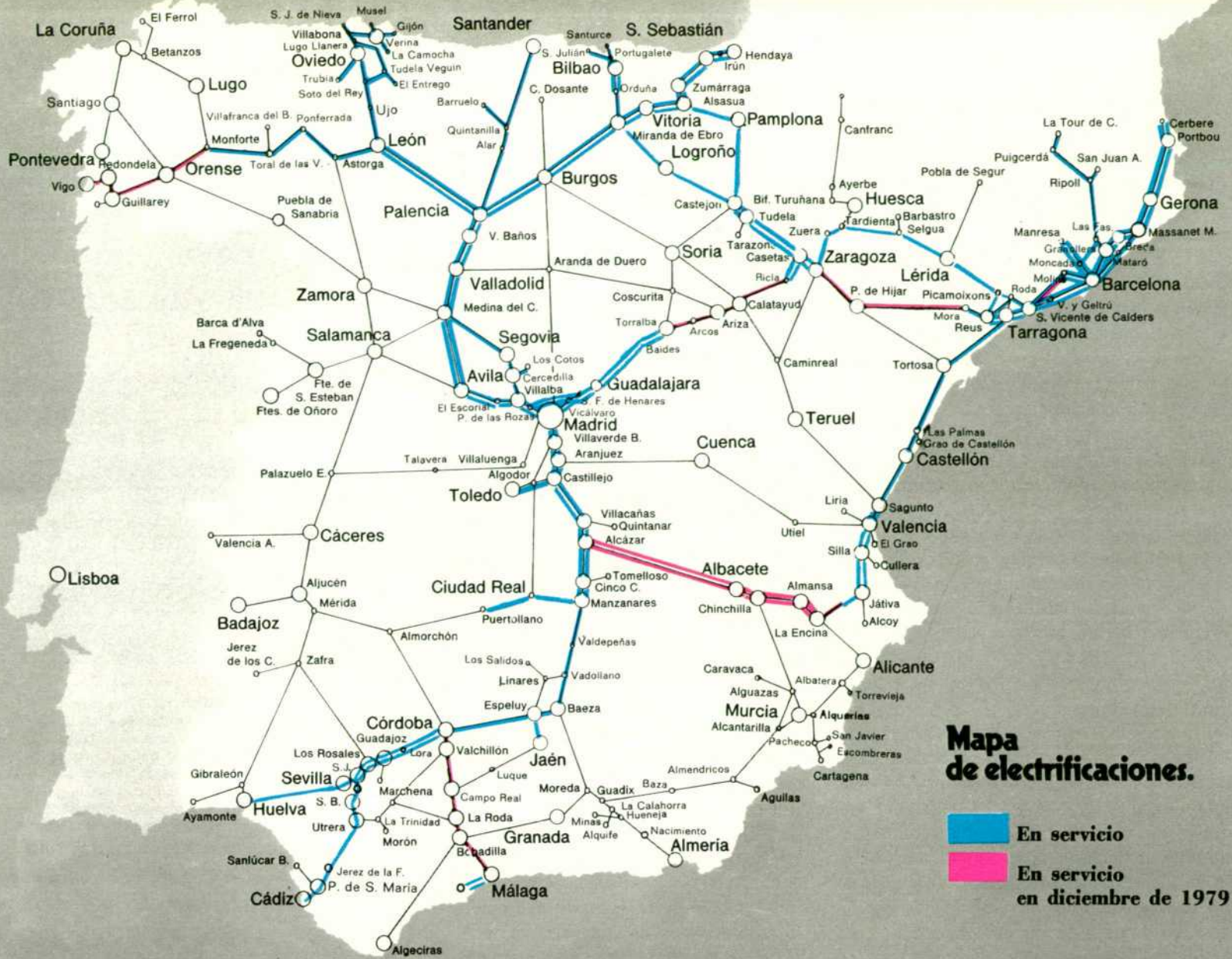
7.º La reducción de gastos, tanto en personal, del que hace falta menor número y con trabajos más cómodos, como en combustible, ya que, a igualdad de potencia, el consumo eléctrico es menor de la mitad que el equivalente de carbón. Una tonelada/kilómetro exige 115 gramos de carbón y sólo 55 kV/h. en término medio en RENFE, lo que en precio es cuatro o cinco veces menos. La posibilidad de recuperación de energía en el descenso.

8.º El menor desgaste de la vía por supresión de varios efectos perturbadores.

9.º Las menores averías y ser éstas menos dañinas.

Y aún hay otras ventajas de tipo general o social. Por ejemplo, en el Plan Decenal de Modernización del año 1964 se indicaban como razones generales de extensión de la electrificación las de impulsar la utilización de la electricidad en gran escala, conveniente desde el punto de vista energético; la de tener el mayor rendimiento energético; la muy importante de obtener una mejora óptima, técnica y económica de los servicios ferroviarios y la de permitir emplear la energía nuclear.





El Metro de Londres se adelantó a electrificar sus líneas. En un grabado de la época (1890), la estación de King William Street.

## Electrificación "versus" dieselización

Al principio, el dilema en cuestión de tipos de tracción se reducía a la elección entre dos soluciones: mantener la tracción de vapor, sistema inicial del ferrocarril, o pasar a la recién aparecida tracción eléctrica. La cuestión se presentaba así: la tracción eléctrica tenía todas las ventajas técnicas que quedan apuntadas. No tenía más inconveniente que necesitar una inversión bastante fuerte en instalaciones fijas. Se trataba solamente de ver si, desde el punto de vista económico, las otras ventajas compensaban este inconveniente.

Pero en los años 30 comenzó a introducirse en los ferrocarriles, primero en América, la tracción Diesel, utilizando la idea que el ingeniero Rodolfo Diesel publicó en 1883, y que desde entonces siguió un proceso, análogo al de la tracción eléctrica, de sucesivos perfeccionamientos, llegando en 1914 a que la Casa Sulzer montase un



motor Diesel en una locomotora del Estado prusiano.

En 1925 existía ya en los Estados Unidos un centenar de locomotoras de maniobras, y a finales de la segunda guerra mundial se desarrolló con tal velocidad en los Estados Unidos, que casi hizo desaparecer en pocos años la tracción vapor.

Era natural que tal sucediera en aquel país, pues se daban las circunstancias de fácil aprovisionamiento y baratura del combustible Diesel y la potente industria constructora desarrolló rápidamente modelos perfeccionados. Pero en general, la comparación entre el sistema de electrificación y la tracción Diesel plantea un problema que durante mucho tiempo ha sido objeto de la preocupación de los técnicos, dando lugar a esa frase tópica de nuestro epígrafe, "la electrificación contra la dieselización".

Y más debería decirse "la electrificación o la dieselización", ya que al ser la electrificación como la dieselización ventajosas en muchos aspectos técnicos al vapor, es claro que en un programa de modernización de un ferrocarril, y no digamos en la construcción de una línea nueva, hay que prescindir de la anticuada tracción vapor y elegir uno de los dos sistemas.

La tracción Diesel con respecto a la tracción de vapor supone menos abastecimiento, mejor conservación y entretenimiento, aunque no llega en estos aspectos a igualar a las locomotoras eléctricas y la supresión de humos, y con respecto a la electrificación su gran ventaja de menor inversión.

En cambio, la tracción eléctrica tiene las ventajas que se deducen de sus características técnicas y entre ellas la de disponer de

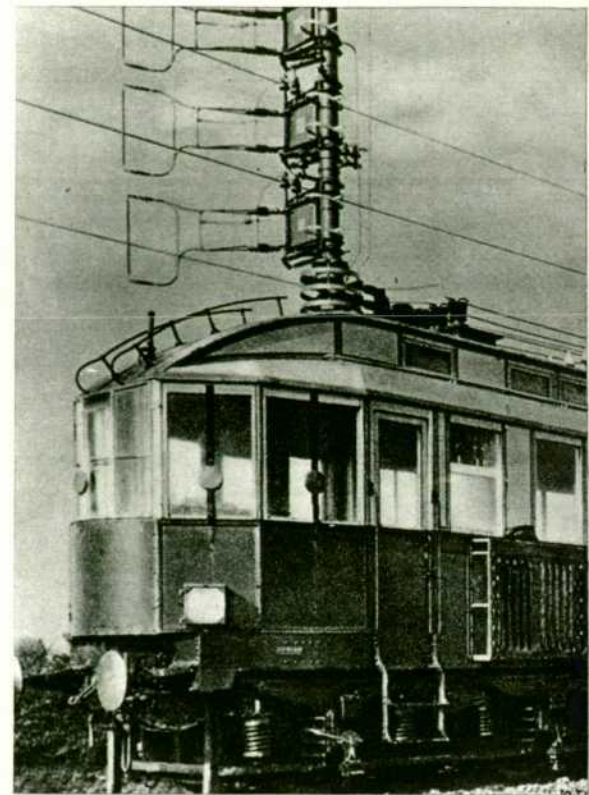
una potencia unihoraria muy superior para sobrecarga. ¿Pero cuál de estos dos sistemas es preferible?

Hasta la crisis del petróleo, la solución a la pregunta se encontraba en un balance económico en el que se cifrasen los costes que en los distintos conceptos de energía, personal de conducción, conservación, tanto de material móvil como de la vía, originase uno y otro sistema y la ventaja que de ello resultase para la electrificación, compararla con los gastos correspondientes a las fuertes inversiones en instalaciones fijas. Como las economías a favor de la tracción eléctrica eran proporcionales o por lo menos aumentaban con el tráfico, se podía encontrar un umbral de tráfico a partir del cual fuera ventajosa la electrificación y hasta llegar al cual la solución precedente sería dieselizar.

Pero la crisis energética desde los años 73 ha hecho ver el problema de otro modo, por la conveniencia de reducir el consumo total de energía de un país, y por mejorar la balanza de pagos, y sobre todo por hacer más independiente al país de las importaciones de petróleo si carece de él.

El balance financiero debe ser ahora otro, en el que en contra de esas economías directas para el ferrocarril se vean las economías sociales que para la colectividad puede tener la electrificación frente a la dieselización.

Esta nueva consideración ha desplazado el punto de vista desde el que hay que tomar la decisión de electrificar o no electrificar, lo que se ha dejado sentir acusadamente en los planes actuales de modernización de redes.



Esta locomotora, construida entre 1901 y 1903 por Siemens y Halske, alcanzó, ya en 1903 (el 23 de octubre), una velocidad de 206 km/h. en el tramo Marienfelde-Zossen. Al lado, uno de los numerosos aparatos eléctricos montados por la misma firma: galvanómetro estático de cuatro carretes de Dubois y Rubens.

## Las electrificaciones en RENFE

Los propósitos de acometer en España una aplicación importante de la electrificación modernizando la tracción tomaron cuerpo en el Decreto que, aprobando el plan extensivo de electrificación, apareció el 25 de enero de 1946. En la Orden Ministerial de 29 de febrero siguiente se fijaban las líneas a electrificar.

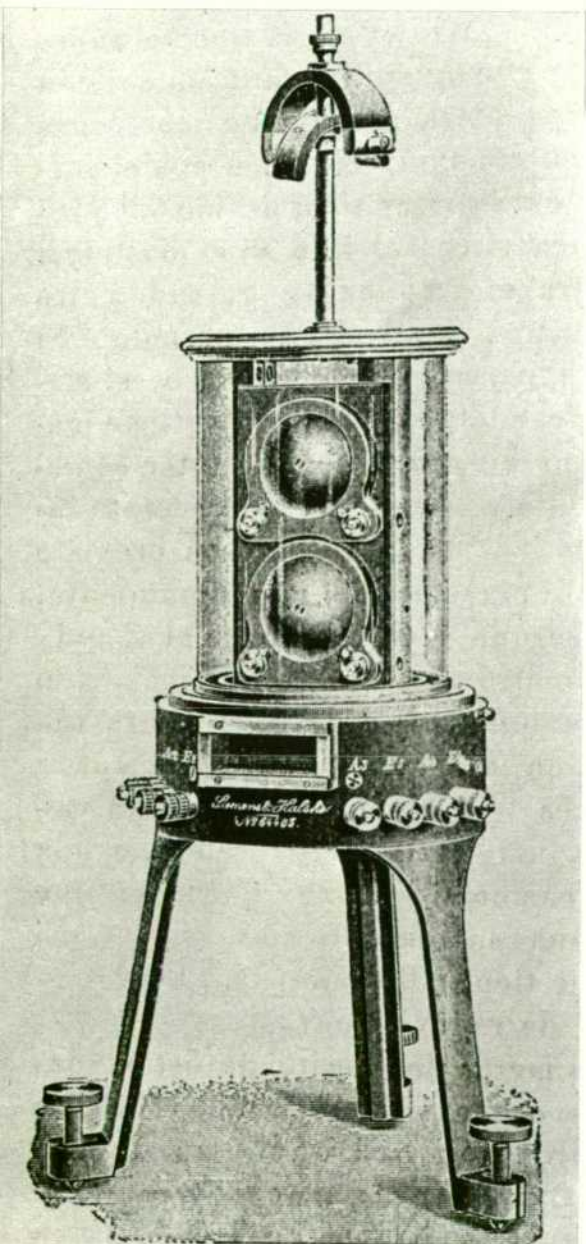
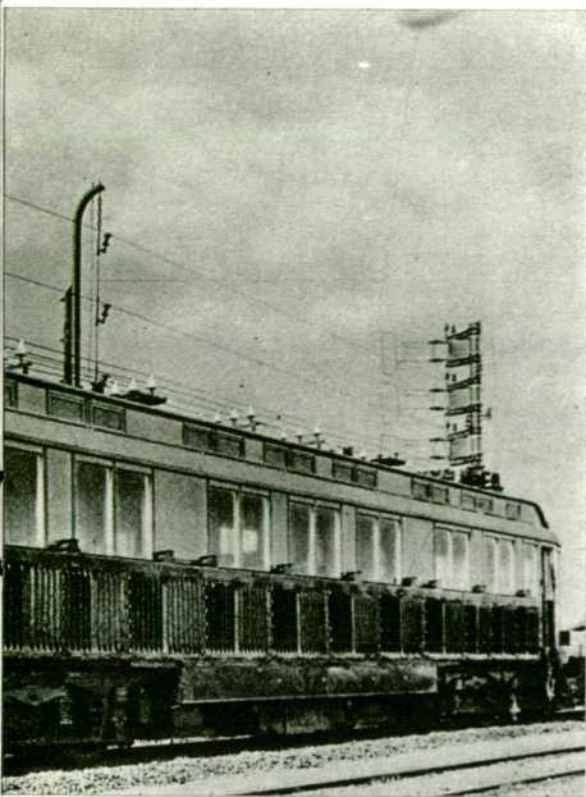
En desarrollo de aquellos propósitos y de las órdenes oficiales, y bajo la presidencia del conde de Guadalhorce en el Plan General de Reconstrucción de comienzos de 1949, RENFE incluía un programa de 1.100 km. de líneas de las del Plan General, previéndose una segunda etapa de 1.200 km.

Como comienzo anticipado en el desarrollo de este Plan se programó en el año 1946 la electrificación de la línea Barcelona-Mataró, con la intención de que, como sucedió, pudiera inaugurarse en el año 1948, fecha del centenario del ferrocarril en España, lo que estaba muy indicado por haber sido el trayecto de Barcelona-Mataró también primero en la historia del ferrocarril. Se adoptó para dicha electrificación la tensión de 1.500 V. para poder utilizar material ya



La CC-7001 remolcó el tren que el 26 de mayo de 1949 batió el record de los 131 km/h. entre París y Burdeos.





disponible, tensión que después fue elevada a los 3.000 V.

Las líneas del Plan General de Reconstrucción de los 1.100 km. eran: León-Ponferrada, León-Busdongo (con la rampa de Brañuelas, cuya electrificación se anticipó por la urgencia en eliminar la congestión), Ujo-Gijón y ramales de Asturias. Mora, Reus-San Vicente, Villanueva-Barcelona, Mataró-Empalme San Vicente-Villafranca-Barcelona-Granollers-Empalme y Granollers-Las Franquesas, es decir, el llamado "ocho catalán". Baeza-Santa Cruz de Mudela, Bobadilla-Málaga-Puerto, Alar-Quintanilla-Santander.

Quien conozca la estructura de nuestra Red y los flujos de tráfico que sirve, comprenderá las diversas razones, análogas a las que aconsejaron anteriores electrificaciones que determinaron la elección de estas electrificaciones, más las de completar trayectos para aprovechar la tracción.

En dicho Plan se adoptó la decisión importante de que las nuevas electrificaciones se realizaran a 3.000 V. en corriente continua, dejando los trayectos de Madrid-Avila y Segovia y de las Vascongadas a 1.500 V. En Cataluña se transformaría la tensión a 3.000 V.

El Plan General de Reconstrucción tuvo diferentes continuaciones y extensiones. En lo que respecta a las electrificaciones antes reseñadas se añadieron en el Plan de Modernización de 1958 y después las de Madrid a Córdoba, Ponferrada a Monforte, de Miranda a Bilbao, y Massanet-Gerona-Port Bou. Se tiene después la idea de extender el sistema de electrificación a 4.348 kilómetros, Plan que había de desarrollarse en tres etapas.

En el año 1964 se elabora un Plan Decenal de Modernización, dentro del cual se incluyen los 1.106 km. de vía que corresponden a las líneas siguientes: Venta de Baños-León, Palencia-Alar, Avila-Medina, Hontanares-Medina, Medina-Burgos-Miranda, que completaban otras anteriores, y continuaban la aplicación de los criterios indicados.

Ya los planes siguientes, como más próximos, son más recordados, en su composición, como en sus motivaciones, pero para completar el cuadro pondremos a continuación la relación de los trayectos en ellos comprendidos. Son tales planes el llamado Plan RENFE 1972-75, establecido dentro del Plan Estratégico de RENFE de 1972, y el último, llamado Plan de Electrificaciones de RENFE 1974-77, en el que se ampliaba el campo de líneas a electrificar, en las nuevas circunstancias creadas por la crisis de la energía. Uno y otro Plan comprendían las siguientes líneas:



El artista tapicero Lurçat ha representado así, en alegoría, el tránsito de la tracción de vapor a la eléctrica. El tapiz se exhibe en la sede de la UIC, en París.

### Plan RENFE 72-75

Valencia-Tarragona, Madrid-Guadalajara, Játiva-Valencia, Córdoba-Sevilla, con un total de vías de 843,5 km.

### Plan de electrificación 74-77

Roda-Plana Reus y Lérida-Plana, Zaragoza-Lérida, Miranda-Castejón, Castejón-Zaragoza, Guadalajara-Baides, Baides-Ricla, Ricla-Casetas, Alcázar-Chinchilla, Chinchilla-Játiva, Manzanares-Puertollano, Espeluy-Jaén, Córdoba-Málaga, Sevilla-Huelva, Sevilla-Cádiz, Monforte-Vigo, Lérida-Manresa, Zaragoza-Caspe, Caspe-Mora, Castejón-Alsasua, con un total de líneas de 2.757 km., con los que el total de las líneas electrificadas se elevarán al 42 por 100 de la longitud total de la Red.

Con este último Plan quedarán electrificadas la totalidad de las líneas que forman



# Seguridad

La clave de la seguridad de una instalación de tuberías radica en el hermetismo de sus uniones.

El racor Clifco garantiza la unión perfecta de los tubos.

La experiencia y los certificados positivos de las principales sociedades clasificadoras mundiales, avalan que los racores de seguridad Clifco resisten impasibles las más duras condiciones de trabajo. Si busca la seguridad en sus instalaciones, póngase de acuerdo con

**CLIFCO**

®

Rodríguez Arias, 60 - BILBAO-13  
Tfno. (94) 441 2250 - Telex 32144



Licencia y asistencia técnica  
ERMETO, S. A. (Francia)  
y ALENCO INDUSTRIAL  
COMPONENTS LTD. (Inglaterra).



parte de la llamada Red Básica, más alguna, más importante, de la Complementaria por razones de densidad de tráfico o de unificación de la tracción. En el mapa unido se representan cuáles eran las líneas electrificadas antes de este último Plan y las comprendidas en el mismo.

Nos ha parecido por último interesante el insertar el cuadro adjunto en el que se detallan las características de la electrificación,

las longitudes y el año de la inauguración de los distintos trayectos electrificados hasta la fecha.

Como visión de la amplitud que ha alcanzado la electrificación en nuestra Red incluimos las cifras correspondientes a las líneas electrificadas, sin electrificar y al total tomados de las últimas estadísticas oficiales publicadas por RENFE en su Memoria de 1977. ■ JESUS LASALA MILLARUELO.

# LAS PRIMERAS ELECTRIFICACIONES EN ESPAÑA

Es muy sabido que la primera línea que se electrificó en España fue la sección de Gérgal a Santa Fe, de la línea de Linares a Almería (perteneciente entonces a la Compañía del Sur de España), en la que se inauguró la electrificación en el año 1911.

Si se atiende no solamente a la red de vía ancha, actualmente de RENFE, sino al conjunto de los ferrocarriles nacionales, habría

que recordar que en aquel mismo año se inauguró también el servicio eléctrico (monofásica 2.500 V. 25 Hz) en la línea del Irati, de Pamplona a Aoiz y Sangüesa y (en corriente continua 550 V.) en el ferrocarril de San Sebastián a la frontera francesa. Como se ve, no se tuvo entonces una idea de unificación, sino que cada caso se resolvía como particular, atendiendo a las circunstancias



propias, cosa que no es de extrañar, pues, en otros países sucedió, en aquellos tiempos, cosa análoga.

El caso de Gérgal a Santa Fe era una sección limitada de 21 km., el servicio que se pensaba era el de remolcar los trenes de mineral que no podían realizar grandes velocidades y en la que los trenes cargados descendían la rampa con fuertes pendientes, por lo cual se podía obtener por recuperación un considerable ahorro de energía. Siendo la recuperación muy fácil con la trifásica y empleándose con este tipo de corriente equipo eléctrico muy sencillo, resistente a los efectos nocivos del polvillo de mineral que se produce en la circulación de aquellos trenes, así como por la posibilidad de emplear un equipo de línea de contacto tipo tranvía muy simple, resultaba que el sistema trifásico presentaba ventajas muy marcadas. Aún había otra ventaja, y era que por la falta de redes de distribución en trifásica, en alta tensión era obligado construir una pequeña central generadora, que como de aplicación especial podía ser diseñada de las características convenientes, en baja frecuencia.

Nos hemos detenido algo en explicar estas circunstancias porque al profano, y aun al técnico que no las conoce, le puede producir extrañeza ese caso único de electrificación en nuestra red, que, ampliada después a las secciones de Nacimiento Gérgal y de Santa Fe a Gador y después a Almería, se ha mantenido hasta ahora.

La segunda electrificación en España fue la que hizo la Compañía del Norte en la rampa de Pajares, de Ujo a Busdongo. Para ello se eligió la corriente continua, a 3.000 V., que entonces ya se consideraba en Estados Unidos como la más ventajosa, y para la cual la industria constructora americana disponía ya de experiencia probada respecto al equipo eléctrico, tanto de subestaciones como de tractores.

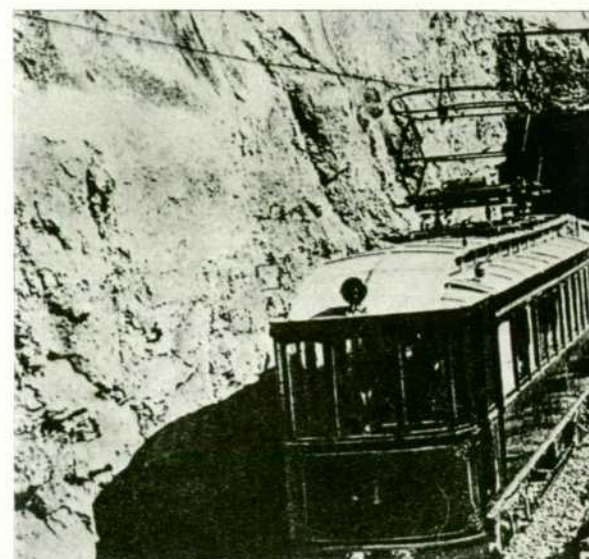
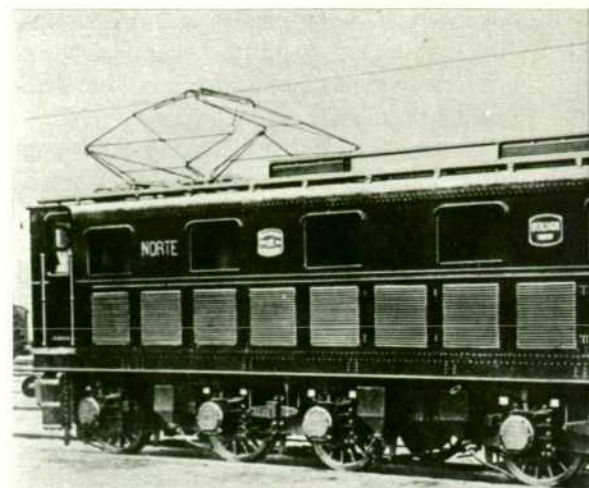




## LONGITUD DE LAS LINEAS ELECTRIFICADAS DE RENFE

Año inauguración (1)	Trayectos	Características de la electrificación (voltios)	Longitud (km.)	
			En vía única	En vía doble
1911	Nacimiento-Gádor *	c. a. 6.000	31	
1923	Cercedilla-Navacerrada (vía estrecha)	c. c. 1.350	11	
1925	Budongo-Ujo	c. c. 3.000	62	
1928	Barcelona a Manresa y San Juan de las Abadesas	c. c. 1.500 **	67	107
1929	Alsasua-Irún-Hendaya	c. c. 1.500	2	104
1929	Ripoll-Puigcerdá-La Tour de Carol	c. c. 1.500	54	
1933	Bilbao-Portugalete y ramal Luchana-Puerto	c. c. 1.500	1	12
1935	Olaveaga-Casilla, Portugalete Santurce y ramal	c. c. 1.500	6	
1943	Zorroza-Muelle y Desierto-Ortuella	c. c. 1.500	7	
1944	Madrid-Escorial y Villalba-Cercedilla	c. c. 1.500 **	20	54
1945	Enlace Puerto-Triana	c. c. 1.500	1	
1945	Escorial-Avila	c. c. 1.500 **		70
1946	Cercedilla-Segovia	c. c. 1.500 **	45	
1947	Segovia-Hontanares	c. c. 1.500 **	13	
1947	Contorno de Madrid (1.ª Zona)	c. c. 1.500 **	6	
1948	Barcelona-Mataró	c. c. 3.000		28
1949	Brañuelas-Torre	c. c. 3.000	22	
1951	Mataró-Arenys	c. c. 3.000	10	
1951	Santurce-Puerto	c. c. 1.500	1	
1953	Ortuella-San Julián	c. c. 1.500	6	
1954	Torre-Ponferrada	c. c. 3.000	32	
1954	Santander-Reinosa	c. c. 3.000	88	
1955	León-Brañuelas	c. c. 3.000	79	
1955	León-Budongo y Ujo-Gijón	c. c. 3.000	108	
1955	Reinosa-Alar	c. c. 3.000	50	
1955	Oviedo-Trubia y Villabona-San Juan	c. c. 3.000	42	
1955	León-León Clasificación	c. c. 3.000		2
1955	Quintanilla-Barruelo	c. c. 3.000	13	
1955	Nubledo-Trasona	c. c. 3.000	6	
1956	Martorell-Molins-Bordeta	c. c. 3.000	12	13
1956	Tarragona-Barcelona	c. c. 3.000		93
1956	Línea de Casa Antúnez	c. c. 3.000		14
1956	Soto de Rey-Ciáño	c. c. 3.000	23	
1956	Miranda-Orduña-Bilbao	c. c. 1.500	64	40
1956	Barcelona-Sagrera	c. c. 3.000	3	3
1957	Reus-Tarragona	c. c. 3.000		17
1957	San Vicente-Martorell	c. c. 3.000	48	
1957	Mora-Reus	c. c. 3.000	48	
1957	Tudela Veguín-Lugo Llanera	c. c. 3.000	14	
1957	Santa Cruz de Mudela-Baeza	c. c. 3.000	76	
1958	Sagrera-Montmeló-Breda Empalme	c. c. 3.000		70
1958	Arenys-Empalme	c. c. 3.000	37	
1958	Reus-Roda-San Vicente	c. c. 3.000	39	
1959	Empalme Coruña-Gijón (León)	c. c. 3.000	1	
1960	Alcázar de San Juan-Manzanares-Santa Cruz de Mudela	c. c. 3.000	42	49
1960	Baeza-Espeluy-Córdoba	c. c. 3.000	127	
1961	Veriña-Aboño	c. c. 3.000	2	
1961	Miranda-Vitoria-Alsasua			76
1962	Ponferrada-Monforte-Villafranca del Bierzo	c. c. 3.000	119	
1962	Massenet-Massanas-Gerona	c. c. 3.000		30
1963	Madrid-Alcázar de San Juan	c. c. 3.000		150
1963	Contorno de Madrid (2.ª Zona)	c. c. 3.000	8	
1963	Gerona-Figueras-Llansá-Port Bou	c. c. 3.000		67
1963	Navacerrada-Cotos (vía estrecha)	c. c. 1.350	8	
1964	Port Bou-Cerbere	c. c. 3.000	2	
1964	Gádor-Almería	c. c. 6.000	16	
1965	Avila-Venta de Baños	c. c. 3.000		164
1965	Palencia-Alar del Rey	c. c. 3.000	79	
1965	Venta de Baños-León	c. c. 3.000		142
1965	Castillejo-Toledo	c. c. 3.000	26	
1966	Hontanares-Medina del Campo	c. c. 3.000	80	
1967	Madrid-Atocha-Pinar de las Rozas	c. c. 3.000		29
1968	Venta de Baños-Burgos-Miranda de Ebro	c. c. 3.000	172	
1972	Pittis-Fuencarral y Bifurcación-Hortaleza	c. c. 3.000	7	
1972	Madrid-Chamartín-O'Donnell-Vicálvaro	c. c. 3.000	17	
1972	Santa Catalina-Vallecas	c. c. 3.000	5	2
1972	Madrid-Atocha-Vicálvaro	c. c. 3.000		4
1972	Chamartín-Vicálvaro	c. c. 3.000		23
1973	Vicálvaro-Vallecas	c. c. 3.000		8
1973	Valencia-Tarragona	c. c. 3.000	277	
1975	Madrid-Guadalajara	c. c. 3.000		56
1975	Chamartín-Canto Blanco			8
1975	Manzanares-Puertollano	c. c. 3.000	108	
1975	Málaga-Fuengirola			
1976	Córdoba-Sevilla	c. c. 3.000	75	61
1976	Lérida-Plana de Picamoixons-Reus	c. c. 3.000	87	
1976	Roda de Bará-Reus	c. c. 3.000	31	
1976	Zaragoza-Lérida	c. c. 3.000	184	
1976	Miranda-Castejón	c. c. 3.000	145	
1976	Castejón-Zaragoza	c. c. 3.000		93
1976	Epeluy-Jaén	c. c. 3.000	32	
1976	Aluche-Móstoles	c. c. 3.000		13
1977	Játiva-Valencia	c. c. 3.000		56
1977	Castejón-Alsasua	c. c. 3.000	139	
1978	Sevilla-Cádiz	c. c. 3.000	152	9
1978	Mogente-Játiva	c. c. 3.000	25	
1978	Sevilla-Huelva	c. c. 3.000	109	
1979	Guadalajara-Torralba	c. c. 3.000		99

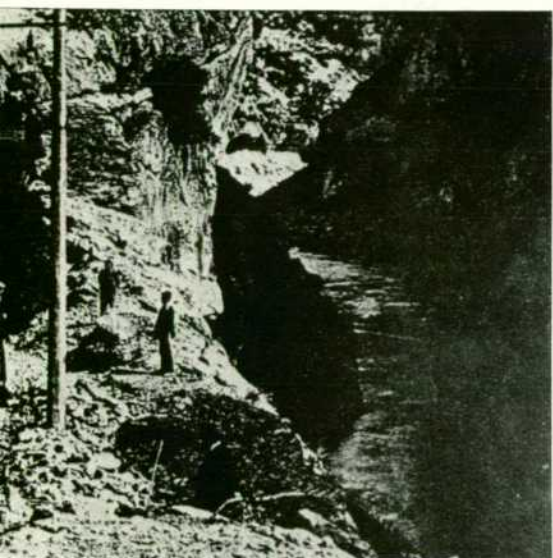
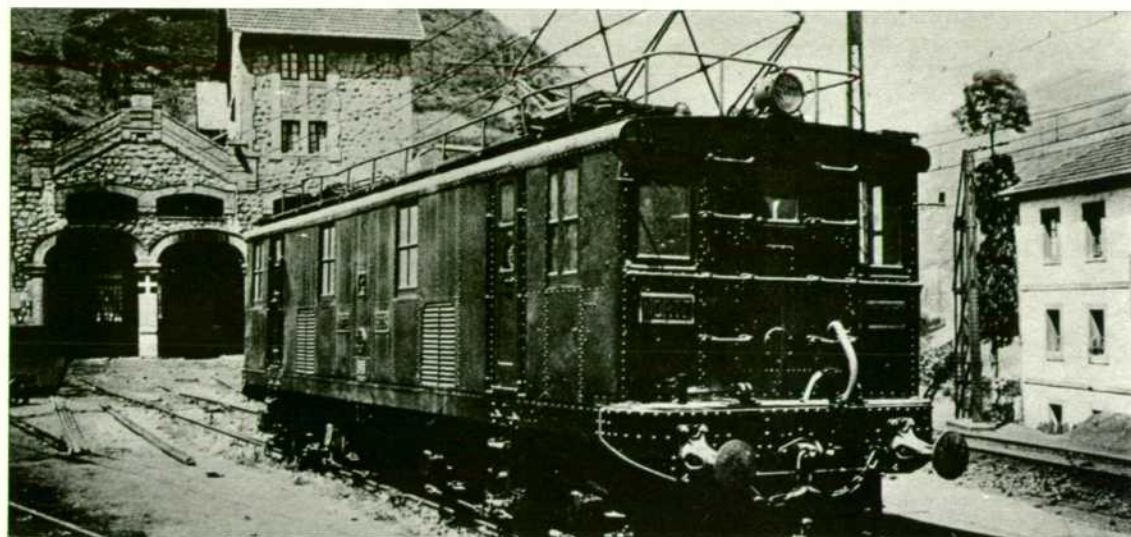
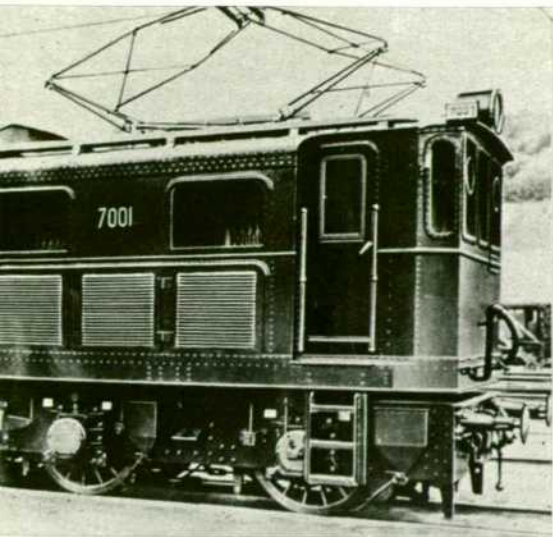
(1) Cuando en un trayecto hubo inauguraciones parciales o se les transformaba la tensión se figura el año de la primera inauguración.  
 \* Inicialmente se electrificó sólo la sección Gárgal-Santa Fe (20 km.), y posteriormente se amplió a Nacimiento-Gádor y después Gádor-Almería.  
 \*\* Posteriormente se transformó la tensión a 3.000 voltios.



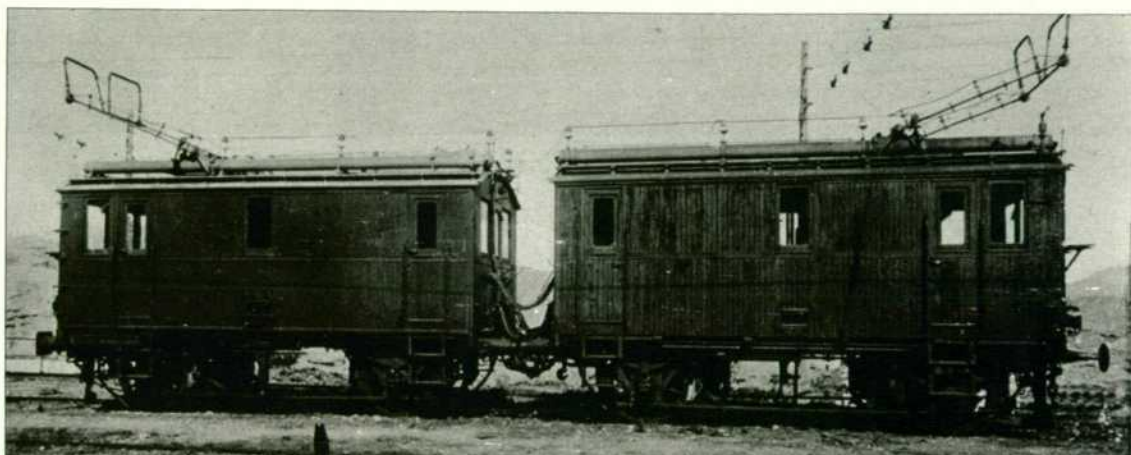
Aquí hay que explicar el porqué del limitado trayecto de la electrificación. Esta se decidió para aprovechar ciertas ventajas específicas, la primera de las cuales es la de aumentar la capacidad. Se trata de una fuerte rampa que dificultaba la circulación de trenes hasta el punto de constituir un auténtico "cuello de botella". No eran tampoco pequeños los inconvenientes que producían los humos en los túneles. Pero aquella ventaja primordial del aumento de capacidad fue la decisiva. Se ha dicho después, repetidamente, de manera gráfica y verdadera, que la electrificación "allana las cordilleras". Esa electrificación, para la cual, por cierto, la Compañía del Norte hubo de obtener, dada la necesidad del caso, un crédito especial por la llamada Ley Cambó, comenzó en 1923 y se puso en servicio el 1 de enero de 1925.

Vinieron después las electrificaciones de Irún a Alsasua y de Cataluña, también de la Compañía del Norte, en los años finales de los 20. Se trataba entonces de otro caso distinto y otros motivos para electrificar. Eran secciones en las que había un denso tráfico de cercanías, que ya entonces se sabía que era más apropiado atender con automotores eléctricos. En los servicios de cercanías, el servicio con automotores eléc-





He aquí una parte del "relicario" de locomotoras eléctricas que funcionaron en España. Entre ellas, la Norte 700 C + C, del año 1928 (1). Un tranvía del Ferrocarril "El Irati", Pamplona-Aoiz-Sangüesa (2). Y las números 2 y 7 de "Andaluces", cuya velocidad máxima era de 25 km/h. y funcionaron en el tramo Gérgal-Santa Fe, línea de Almería, primero en rampa que se electrificó en España, en 1911 (3).



## LONGITUD DE LAS LINEAS (km.)

Zonas/Vía	Sin electrificar			Electrificado			TOTAL	
	Vía única	Vía doble	Sumas	Vía única	Vía doble	Sumas	1977	1976
1.ª Vía ancha .....	1.426	3	1.429	399	369	768	2.197	2.191
Vía estrecha .....	—	—	—	19	—	19	19	19
Total .....	1.426	3	1.429	418	369	787	2.216	2.210
2.ª Vía ancha.....	1.697	172	1.869	264	273	537	2.406	2.312
3.ª Vía ancha.....	1.897	4	1.091	421	75	496	2.397	2.475
4.ª Vía ancha.....	1.476	112	1.588	200	64	264	1.852	1.852
5.ª Vía ancha.....	593	—	593	763	430	1.193	1.786	1.777
6.ª Vía ancha.....	491	—	491	373	486	859	1.350	1.350
7.ª Vía ancha.....	886	—	886	503	144	647	1.533	1.533
Total vía ancha .....	8.466	291	8.757	2.923	1.841	4.764	13.521	13.490
Total vía estrecha .....	—	—	—	19	—	19	19	19
TOTAL.....	8.466	291	8.757	2.942	1.841	4.783	13.540	13.509

### Coexplotadas

Vía ancha.....	96	—	96	2	—	2	98	98
Vía estrecha .....	—	—	—	19	—	19	19	19
Vía ancha propiedad de Renfe .....	8.370	291	8.661	2.921	1.841	4.762	13.423	13.392

Fuente: Memoria RENFE 1977.

tricos, con grandes aceleraciones, con fáciles maniobras y la posibilidad de mando múltiple, hace muy conveniente la electrificación y el empleo para tales servicios de trenes automotores. Por el predominio de este tipo de servicio, que requería unidades automotrices, y por no estar entonces todavía resuelto el problema de construcción en Europa de tal material a voltajes superiores, se eligió la tensión de 1.500 V., a pesar del precedente de Pajares. He aquí la razón de otra disparidad que condujo después a la coexistencia de los dos tipos de tensión en corriente continua.

En el año 1928 se inauguraron los trayectos de Barcelona a Manresa y a San Juan de las Abadesas, y el año siguiente, 1929, las de Alsasua-Irún-Hendaya y de Ripoll a Puigcerdá y a la Tour de Carol.

Todavía antes de la guerra civil se inauguró la electrificación del ferrocarril de Bilbao a Portugalete y sus ramales, que entonces no pertenecían a la Compañía del Norte. Esta, prosiguiendo su plan de electrificaciones, abordó la de los trayectos de Madrid-Avila y Segovia, comenzando en los principios de los años 30, pero que no terminaron y se inauguraron hasta los años 1943-1946, es decir, ya en la época en que estaba constituida la Red nacional. ■