

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

ELECTRIFICACIÓN DE LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES

POR

D. LUIS SÁNCHEZ CUERVO

Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos (1).

Consideraciones generales sobre el tema.

Un siglo casi justo tiene de vida el ferrocarril, y cuando reflexionamos sobre el asombroso desarrollo que la civilización ha alcanzado en ese lapso de tiempo, relativamente muy breve, no podemos por menos de preguntarnos cuál es la razón de ese progreso acelerado. La única respuesta satisfactoria que darse puede á tal pregunta, es que el progreso de la humanidad está absolutamente ligado á la intercomunicación de los hombres, en el orden material y en el orden de las ideas. En esta orientación encerraban fecundos gérmenes la máquina de vapor y la locomotora; el descubrimiento del telégrafo eléctrico y del cable submarino, al permitir un contacto espiritual tan íntimo y constante de los diferentes pueblos que habitan nuestro planeta, planteó imperativamente la necesidad de medios de comunicación física mucho más rápidos y eficaces. Como fruta en sazón, hizo eclosión el empleo de la máquina de vapor, para arrinconar la diligencia y el buque de vela, reemplazándolos por más amplios y rápidos métodos de comunicación material. Fué, precisamente, en los albores del siglo XIX, cuando los pueblos empezaron á darse cuenta de que el país que mejor desarrollase aquellos medios de comunicación rápida se erigiría en jefe del comercio mundial; es decir, que quien más buques de vapor tuviera, dominaría los mercados del mundo; que quien más locomotoras y vías férreas poseyera en su territorio, mejor desarrollaría sus riquezas y recursos naturales, convirtiéndose así en país manufacturero y exportador, y poniendo á contribución á los extranjeros.

La adquisición de estos grandes postulados económicos coincidió con una época en la que el mundo entero acababa de sufrir una serie de guerras exhaustadoras y en la que todos los sectores civilizados parecieron adoptar formas de vida enteramente nuevas, reconociendo en el comercio un negocio mejor y preferible al de la guerra. El desarrollo de mejores medios de comunicación extendió la civilización, y al extenderse ésta crecieron los estímulos para todo género de progreso industrial. De este modo,

(1) Memoria acerca de su conveniencia y posibilidad premiada por el Instituto de Ingenieros Civiles.

en acciones y reacciones recíprocas, siendo todo á la vez causa y efecto, hemos llegado á nuestros días, en que un habitante de Madrid conoce ó puede conocer más de Nueva York y de Pekín que lo que su abuelo conocía de Barcelona. Cada uno de nosotros está constante y virtualmente en relación con el resto del mundo. Hoy podemos dar la vuelta al globo con comodidad y hasta con lujo, más fácilmente y con más seguridad que se hacía un siglo antes el viaje de una á otra capital de nuestras provincias.

Pero, como consecuencia de todo esto, las condiciones y modos de vida han sufrido radicalísimos cambios y hemos de confesar que los medios modernos de transporte y comunicación hacen de nosotros á la vez sus dueños y sus esclavos. Por gradual evolución se han ido concentrando tan enormes masas de habitantes en las superficies relativamente pequeñas de nuestras ciudades, que las vidas de millones de seres humanos quedan bajo la total dependencia de los medios de transporte para los alimentos y para todo género de provisiones. No tiene nada de tranquilizador el pensamiento de lo que ocurriría á estas grandes comunidades si sus comunicaciones ferroviarias con el resto del mundo cesaran repentinamente por uno ú otro motivo. La trama entera de la sociedad moderna está hasta tal punto basada en producir en un sitio y consumir en otro, que el servicio de comunicación y transporte ferroviario forma hoy una parte absolutamente esencial de nuestro complejo sistema social.

De la total suma de beneficios aportados por los ferrocarriles sólo muy pequeña parte ha correspondido á quienes financiaron las empresas y construyeron las líneas. Difícil sería, tal vez imposible, hacer un cálculo aproximado del incremento en la valuta nacional determinado por la construcción y explotación de los ferrocarriles, pero se puede asegurar, sin duda alguna, que han dado y dan á la Nación y al público mucho más que lo que de éstos hayan podido recibir. El tipo medio de bienestar en la vida ciudadana ha mejorado considerablemente por las facilidades de transporte, y todo cuanto afecte á la situación y desarrollo de nuestros ferrocarriles afecta en igual medida á la mejora de nuestra Nación considerada en su conjunto.

Fué mucho después de que se estabilizara plenamente el proceso civilizador que ligeramente hemos reseñado, cuando hizo su aparición el ferrocarril eléctrico. Puede decirse que sólo hace treinta años escasos se demostró la posibilidad práctica de aplicar este nuevo modo de tracción. En tan breve espacio de tiempo la tracción eléctrica ha eliminado todos los antiguos medios de comunicación urbana pública, y en las grandes ciudades se adueñó también de las comunicaciones suburbanas é interurba-

nas, estas últimas, especialmente, en América del Norte. El tema que sirve de base al concurso abierto por el Instituto de Ingenieros Civiles no se refiere—si nuestra interpretación es justa—á esas líneas urbanas y de interés local, que canalizan los movimientos de sistole y diástole en la diaria palpitación de la vida de las grandes poblaciones. El tema que desarrollamos se relaciona exclusivamente con las grandes líneas férreas de interés general, para las cuales la denominación de FERROCARRILES ELÉCTRICOS sería poco apropiada, cuadrándoles mucho más la de FERROCARRILES EXPLOTADOS CON TRACCIÓN ELÉCTRICA. La diferencia, que á primera vista puede parecer algo sutil á quien no esté versado en este ramo de la técnica, puede resumirse, diciendo que en estos últimos ferrocarriles todo es igual que en los de tracción por vapor, salvo la sustitución de la locomotora y la forma en que á ésta se suministra la energía. Las condiciones rigurosas de trazado en pendientes y en curvas que fijan el coste del arrastre por tonelada y kilómetro, y hacen posible lograr elevadas velocidades en los trenes rápidos de viajeros; la explotación empleando trenes pesados y frecuencias muy reducidas, el predominio elevado de la mercancía sobre el tráfico de viajeros; el espaciamiento de estaciones y paradas, el horario rígido y sujeto á enlaces con otras líneas, etc., etc. Todas estas condiciones diferencian los ferrocarriles con tracción eléctrica, de los ferrocarriles propiamente llamados eléctricos, de gran elasticidad en cuanto á plano y perfil, sean á nivel, subterráneos ó elevados, de gran peso adherente en relación con el total del tren, de fuertes aceleraciones en los arranques y deceleraciones en las paradas, de tráfico casi exclusivamente de viajeros, de paradas próximas, gran frecuencia de servicio, variabilidad de esta frecuencia entre amplios límites según los días y hasta según las horas del día, etc. Correspondan estos últimos ferrocarriles al tipo metropolitano ó al suburbano ó aún al interurbano, para nada nos ocuparemos de ello. Dicho queda que la tracción eléctrica es insustituible para este género de servicio, y sería pueril pretender justificarlo ante la fuerza de la experiencia diaria.

El campo de la duda y de la discusión queda, en cambio, abierto cuando de la tracción eléctrica en ferrocarriles de interés general se trata. Por eso el tema del concurso puede enunciarse diciendo: ¿ES POSIBLE Y CONVENIENTE REEMPLAZAR LA LOCOMOTORA DE VAPOR CON LA LOCOMOTORA ELÉCTRICA EN LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES?

En este enunciado va implícita la idea de respetar la forma en que actualmente se hace la explotación y que esencialmente es, en efecto, inalterable, aunque algunas ligeras modificaciones quepan, sin por ello introducir perturbación. La realización práctica de esa sustitución, que en relación con los ferrocarriles españoles hemos de discutir, puede decirse que está dando en la presente hora los primeros pasos por la amplia vía que parece estarle abierta y que ha de recorrer quizá con acelerada marcha. Lo hasta el presente hecho puede calificarse de balbuceos ó ensayos, pero resueltamente alentadores. La electrificación en líneas de interés general se ha limitado, hasta hace muy poco, á trozos cortos, para los que ha servido de estímulo, sea la penetración en el centro de las grandes capitales para acceder subterráneamente á grandes estaciones centrales y terminales; ya para largos túneles en secciones montañosas, en las cuales la ventilación obligaba á un espaciamiento considerable en la sucesión de trenes, estrangulando la capacidad de transporte de la línea entera al limitarla á la impuesta por esa sección difícil.

Apartados estos casos, y quizá algunos de aspecto más particular, la electrificación de líneas y redes de interés general ofrece un corto número de ejemplos vivos, aunque sí muchas esperanzas. El estudio del problema presenta múltiples facetas y puede

asegurarse que cada caso es un caso especial y que las afirmaciones definitivas y rotundas en esta materia—como en todas—no son posibles.

Deslindando el campo total en grandes sectores, cabe decir, que ha lugar á estudiar el problema *técnico*, el problema *económico* y el problema *financiero*.

De estos aspectos nos ocuparemos en sucesivos capítulos, con aplicación concreta á ejemplos, pero no creemos fuera de lugar, en estas consideraciones generales, decir algo sobre ellos.

Hoy es creencia profesada por la casi totalidad de los técnicos que el campo de la tracción eléctrica es tan amplio como el de la tracción misma; es decir, que aquélla ha alcanzado un grado de perfección tal, que no existen para su adopción limitaciones técnicas en ningún ferrocarril. Las consideraciones que puedan decidir á favor del vapor ó de la electricidad en la tracción, son de orden financiero y económico, pero no técnico; así permite suponerlo la experiencia del pasado, sin que de ésta se desprendan motivos de duda.

Todo sistema de tracción depende, en primer término, de la *energía*, y el hecho de que sea uno ú otro el escogido, sólo es función del valor comparativo de la forma de energía empleada. Es de notar que de todas las formas de energía de que el hombre dispone, sólo dos entran en línea cuando de la tracción se trata: la energía química almacenada en el carbón y la energía eléctrica. El eminente Steinmetz (1) señala con gran precisión la causa de ello, que estriba en que aquéllas son las dos solas formas de la energía que pueden ser transportadas ó transmitidas económicamente á grandes distancias. Séanos permitido traducir los sugestivos párrafos que á este asunto dedica el doctor Steinmetz en su citada comunicación:

«La energía eléctrica puede ser transportada—ó, como usualmente decimos, transmitida—económicamente á una distancia cualquiera. La energía mecánica puede sólo ser transmitida á una distancia corta, sea por medio de una correa, un cable, aire comprimido, etc. La energía térmica puede ser transmitida desde una estación central de calefacción por vapor hasta unos centenares de pies, con rendimiento moderado. Pero sólo hay dos formas de energía que pueden ser transmitidas prácticamente á cualquier distancia; es decir, en las cuales la distancia á que se transmite no está limitada sino por la consideración económica de otra fuente de energía disponible á mayor proximidad: la energía eléctrica y la energía química del combustible. Estas dos formas son las únicas que entran en competencia dondequiera que se necesita la energía en un lugar distante de cualquiera de los almacenes ó reservas de la Naturaleza.

»Así, cuando en el estudio de un problema de transmisión discutimos si es más económico transmitir energía eléctrica procedente de un salto de agua ó de una mina de carbón, ó generar la energía por una central térmica en el sitio en que se necesita aquélla, ambos son, realmente, problemas de transmisión y la cuestión estriba en si será más económico llevar la energía en forma eléctrica por una línea ó llevarla en forma química transportando carbón por el ferrocarril ó el barco.

»La energía eléctrica y la energía química comparten la sencillez y la economía del transporte; pero la eléctrica es ampliamente superior bajo el aspecto de la facilidad, sencillez y rendimiento de su conversión en cualquiera otra forma de energía, mientras que la conversión de la energía química del combustible en otras formas de energía es difícil, requiere instalaciones complicadas dotadas de personal hábil y de tan limitado rendimiento que hace la energía química del combustible inaprove-

(1) Instituto Franklin.—Asamblea de 1914.

chable para todo lo que no sean objetivos muy limitados, tales como son la producción de calor y las grandes centrales de producción de fuerza por vapor. Para apreciar la complejidad de la conversión de la energía del combustible comparada con la de la eléctrica, imagínese un ventilador doméstico que debiera alimentarse con energía procedente del carbón; una pequeña máquina de vapor con caldera y hogar, conectada al ventilador; para poner en marcha éste, habríase de encender el combustible, levantar la presión del vapor para accionar la máquina.»

No cabe, pues, duda de que la energía eléctrica y la energía química del carbón son las únicas utilizables cuando de la tracción de trenes se trata. Para esto último tenemos necesidad de transportar con el motor el carbón y el generador del vapor, añadiendo así considerable peso que eleva el coste de la tracción para la carga útil, mientras que ni combustible ni generador hay que transportar con la energía eléctrica. Claro es que en este caso debemos proveer un sistema no interrumpido de alimentación al tractor, lo que supone invertir un capital en la instalación fija de transmisión de energía, en constante relación con el tractor.

De este modo, resulta con claridad que el problema de la electrificación de ferrocarriles de vapor se traduce ó resuelve—en el caso general—en otro problema: el de estudiar si resultará más barato construir un sistema de distribución de energía á lo largo de toda la línea ó arrastrar el combustible y los aparatos generadores juntamente con los trenes de viajeros y mercancías.

Esta es cuestión puramente económica, y como tal hay que tratarla en cada caso individual, después de hacer un análisis muy detenido de las condiciones que en él concurren.

Como indicación general puede afirmarse que siempre que el tráfico sea muy denso (importante y concentrado), será conveniente la electrificación, porque las economías que asegura la explotación eléctrica cubren ampliamente los intereses y la amortización del capital suplementario invertido en la electrificación. Pero si el tráfico es relativamente escaso y la línea es larga, es decir, cuando el gasto inicial de la electrificación y el coste de la explotación y conservación de un extenso sistema de distribución de energía fuera elevado, comparadamente con lo que cuesta arrastrar con los trenes el combustible y el generador, la tracción por vapor, es, sin duda, la más económica.

El análisis de las condiciones de cada caso para determinar si será más económico electrificar ó seguir con la tracción por vapor, es, indudablemente, un importante problema de ingeniería. Sin embargo, no todo termina aquí, pues hay seguramente líneas cuya electrificación sería un acierto económico, pero que retroceden ante esta vía por las dificultades financieras que la cuestión suscita. Cuando de tan cuantiosos intereses se trata, es lógica y no exagerada toda prudencia. A medida que se vayan electrificando más ferrocarriles, la práctica de su explotación nos irá aportando más y más experiencia, y dando una mayor autoridad ó peso á los resultados previstos en un estudio técnico-económico, lo cual no dejará de influir de un modo considerable en la confianza con que los capitales acudan á facilitar la electrificación de nuestros ferrocarriles.

De lo que hasta ahora llevamos dicho y, á pesar de su carácter de generalidad, se deduce un plan lógico en el desarrollo que vamos á dar á nuestro trabajo. Evitando vaguedades estériles, y, consecuentes con lo antes indicado, vamos á considerar dos ejemplos concretos: uno de ellos será el paso del Pajares en la línea de Asturias, perteneciente á la Compañía del ferrocarril del Norte. Juzgamos este ejemplo como típico de las líneas de montaña con fuertes y largas pendientes y con numerosos túneles. En él la electrificación puede resolver, más que un problema económico, un problema de explotación, aliviando la estrangulación que

determina en el tráfico, sea por medio de la mayor frecuencia que cabe dar á los trenes, por no precisar que los túneles tengan tiempo de ventilarse entre tren y tren, sea por el mayor peso que cabe dar á cada tren al suprimir el tender, al elevar la adherencia del tractor y al no requerir éste bielas de acoplamiento para lograr un elevado peso adherente en relación con el total del tractor. No parece que pueda acudirse á mejor solución de las dificultades que ofrece esta sección montañosa que la de la electrificar su tracción, pues sería utópico pretender duplicar la vía; añádase que está inmediata á las explotaciones carboníferas más importantes de España, lo cual coloca el caso en favorables condiciones para obtención de energía segura y económica.

El segundo ejemplo que nos proponemos tratar, es el de una línea de tráfico y condiciones generales dentro de España. Nos hemos fijado en la línea de Zaragoza á Barcelona por Lérida; su tráfico es comparativamente considerable, dentro de lo que son los ferrocarriles españoles; este tráfico es bastante homogéneo entre extremos, circunstancias que no ofrecen otras líneas de mayor ingreso medio kilométrico, como por ejemplo la de Madrid á Irún, que nunca cabría considerar en su totalidad para un estudio de electrificación. El perfil es bastante duro para que bajo este aspecto quepa introducir algunas mejoras en la composición y descomposición de trenes. Circunstancia favorable para elegir esta línea, es la de que en toda su longitud bordea las estribaciones pirenaicas y cruza los importantes ríos que en esa cordillera nacen; en esos ríos se han hecho, y se habrán de ir ampliando, importantes aprovechamientos de energía hidroeléctrica, lo cual permite contar con el suministro de ésta, en condiciones de economía y de seguridad.

Para ambos ejemplos haremos un estudio técnico y un estudio económico, terminando con algunas breves consideraciones de orden financiero. Nos parece innecesario advertir que en un trabajo de la índole del presente no cabe hacer para estos estudios sino una especie de triangulación de grandes mallas. No podemos pretender desarrollar ni un tratado técnico ni un tratado de explotación, sino dar normas que encierren el problema en campo cada vez más reducido; pero es indudable que habremos de dejar á un lado—siguiendo el símil topográfico—las triangulaciones de orden secundario y el trabajo de relleno. Cada uno de los aspectos de nuestro estudio requiere ser completado con la resolución de muchos subproblemas, que encuentran terreno adecuado para ser tratados en el gabinete del Ingeniero especialista, pero no en un trabajo que, como el presente, es de índole académica, si quiera se desarrolle en el ancho campo de la ingeniería.

Una consideración más, también de índole general, haremos antes de cerrar el presente capítulo. Nos referimos á si debe ó no la entidad explotadora del ferrocarril fabricar la energía que sus líneas eléctricas requieran. En general, y refiriéndonos específicamente á nuestros ferrocarriles, nuestra opinión es contraria á la fabricación y favorable á la compra de dicha energía, de otras entidades productoras; es más, creemos que en líneas de tráfico tan espaciado como son las nuestras, cuyo servicio diario se reduce á un promedio de 8 ó 10 trenes, de peso considerable, en cada sentido (ascendente y descendente), la construcción de una central productora de energía, cuyo exclusivo objeto fuera proveer al ferrocarril de electricidad para las necesidades de la tracción, constituiría—si otra solución no fuera posible—un serio obstáculo económico para la electrificación, y desde luego produciría la energía á un precio muy superior al que pudiera ser obtenido comprando aquélla de otras centrales que suministran ya una potencia considerable para alumbrado y motores de las industrias (1).

(1) Puede consultarse con fruto la comunicación que con el título *The*

La electricidad, para un ferrocarril que pretende transformar un sistema de tracción, es sólo un medio y no un fin. Una Compañía ferroviaria sólo beneficios cosecha si concentra la atención y la habilidad de sus Ingenieros en los problemas inmediatamente relacionados con la explotación del ferrocarril, en vez de diseminarla en otros accesorios ó apendiculares. Al adquirir la energía eléctrica de otras entidades productoras, no sólo evita la inmovilización del capital que representan la central generadora y las líneas de transmisión, sino que el consumo requerido por su servicio de tracción viene á sumarse con el muy importante que otros suministros toman de la empresa mejorando el factor de carga total y reduciendo, en consecuencia, el precio de producción á una cifra que nunca sería posible alcanzar al ferrocarril dotado de central propia, que le esté exclusivamente afecta. Contratando con Empresas extrañas, puede también disfrutar de la seguridad de servicio que aportan los consorcios y mutuo apoyo que entre sí se prestan éstas en caso de averías, accidentes, penurias de agua en los aprovechamientos hidráulicos, etcétera, como los tienen establecidos las Empresas productoras en Madrid y en Barcelona.

El factor de carga (1) de una central que alimente exclusivamente un servicio de tracción, como el que requieren nuestras líneas férreas de interés general, es desconsoladoramente precario y enormes las fluctuaciones de la carga, circunstancias ambas las más desgraciadas para una económica producción. Si el servicio es alimentado por una gran central ya existente, no sólo el ferrocarril beneficia el factor de carga de aquélla, sino que además las fluctuaciones descienden enormemente en importancia relativa ó porcentual. Es hasta posible y aun probable que en una gran central para servicios generales de luz y fuerza, casi ninguna ó insignificante ampliación de *maquinaria* requiera la alimentación del ferrocarril, entrando por completo el consumo de éste en el margen de mejora del factor de carga. Los Ingenieros han profesado con frecuencia ideas erróneas por exceso respecto á la importancia del consumo de energía en la tracción eléctrica. De nuestro estudio específico en los ejemplos mencionados, ha de resaltar claramente esta indicación, pero permítasenos ilustrar desde ahora este punto con dato elocuente relativo á un ferrocarril cuya electrificación ha sido uno de los más recientes y sonados éxitos americanos; nos referimos al caso del BUTTE ANACONDA AND PACIFIC RAILWAY, que posee 90 millas de vías. Su equipo de material móvil consiste en 15 locomotoras de mercancías y dos de viajeros, con peso de 80 toneladas por locomotora (2). El servicio anual de la tracción se cifra próximamente en 5 millones de toneladas *netas* de mineral, con recorrido medio de 26 millas, es decir, más de 200 millones de toneladas-kilómetros de carga neta. El consumo de energía eléctrica para tal servicio anual, es del orden de 20 millones de kilovatios-hora. Un solo turbogenerador de 5.000 kilovatios (tipo que hoy es lícito calificar de pequeño) que forme parte de una central térmica, produce frecuentemente tal energía en un año, pues para ello su factor medio anual de carga no necesita exceder de 0,50.

Para dar significación comparativa á aquellas cifras, diremos

relation of Central Station Generation to Railway Electrification, presentó Mr. Samuel Insull, en Abril 1912, al American Institute of Electrical Engineers.

(1) Se entiende por *factor de carga* el cociente de dividir por la potencia máxima momentánea, la potencia media consumida. Este numerador es el número de kilovatios-hora diarios (por ejemplo) dividido por veinticuatro horas.

(2) En esta línea se llegan á formar trenes de 4.500 toneladas cortas (tonelada = 907 kilogramos, arrastrados por dos locomotoras de 80 toneladas, maniobradas sincrónicamente. Creemos que esto constituye un *record* en el peso del tron.

que el trabajo *útil* de 200 millones de toneladas-kilómetro se aproxima al 40 por 100 del trabajo útil de toda la línea del Norte (1) en el ejercicio de 1913, para un desarrollo de trazado de aproximadamente 900 kilómetros. Bien es verdad que el número de toneladas kilométricas de tara ó peso muerto es, en aquel ejemplo, muy inferior al del caso español; pero de todas suertes esta comparación da idea de las apreciaciones exageradas con que se suele computar el consumo de energía en la tracción eléctrica.

Que la producción de esta energía se haga por vapor ó por salto de agua, nos parece una cuestión muy secundaria bajo todos aspectos. Los más esenciales son los de precio y seguridad de servicio, y en términos generales no cabe pronunciarse apriorísticamente en favor de ninguno de los dos medios de producción, siendo, exclusivamente, las condiciones de cada caso particular las que dictaminarán sobre la materia.

Por toda las consideraciones que anteceden, sumadas á la de ser la producción de energía cuestión enteramente aparte del tema básico que desarrollamos, supondremos para nuestro estudio que el servicio de la explotación adquiere la energía entregada en las subestaciones convertidoras que estarán repartidas á lo largo del trazado, en el número y posición que aconseje el estudio técnico. Supondremos, también, que el precio á que esta energía se factura al servicio de tracción es de *tres céntimos de peseta* (0,03 pesetas) por kilovatio-hora medido en corriente alterna de alta tensión; este precio es favorable, pero no inconsideradamente reducido para una central térmica establecida en cuencas carboníferas, que pueden quemar combustible de inferior calidad ni para grandes aprovechamientos hidroeléctricos, como los de las cuencas pirenaicas. Para una utilización constante y uniforme, aquel precio equivaldría al de 260 pesetas por kilovatio-año ó 192 pesetas por caballo-año en alta tensión, cifras que no pueden considerarse como exageradamente bajas.

Así queda reducida la instalación que el ferrocarril necesita á: 1.º, subestaciones convertidoras; 2.º, línea de alimentación y circuito de retorno; 3.º, material móvil tractor. A estas inversiones de capital habrán de sumarse otras de mucha menor importancia, representadas por instalaciones de *cocherones* de locomotoras; almacenes de material de repuesto; talleres de revisión y reparación, etc.

Dos palabras para terminar estas generalidades: Creemos que de lo dicho hasta ahora resulta con claridad que cabe reducir el campo de discusión que provoca el tema de este concurso. De la *posibilidad* de electrificar los ferrocarriles españoles, no puede haber duda, al menos en el terreno técnico. La posibilidad en el terreno económico, entra dentro de la conveniencia. No estará, pues, injustificado que consideremos aquel tema reducido al que se enunciaría diciendo:

¿ES CONVENIENTE ELECTRIFICAR LOS FERROCARRILES ESPAÑOLES?

(Continuará.)

SALTO DE AGUA "COBREROS,, EN EL RÍO TERA (Sanabria.)

(CONCLUSIÓN) (2)

Caudal disponible.

La determinación del caudal disponible en el río Tera no puede fundarse actualmente en afloros directos, porque éstos nunca se han hecho, lo cual no tiene nada de particular, porque se tra-

(1) Madrid á Irún, por Avila; Villalba á Medina, por Segovia; el ramal de Alar y la circunvalación.

(2) Véase el número anterior.