Sobre electrificacion de ferrocarriles

POR

JULIO A. SANTA MARIA

Gracias a la amabilidad de don Agustin Edwards, me fué posible asistir en Londres a una conferencia que el señor Phillip Dawson, una de las reconocidas autoridades en materia de ferrocarriles eléctricos, tanto en el continente europeo como en Inglaterra, daba en el Royal Automóvil Club, con el objeto de esponer ante el directorio de la «London Brighton & South Coast Railway» el estado en que se encuentra actualmente en el mundo lo que puede llamarse *aplicacion de la electricidad a los ferrocarriles.*

La L. B. & S. C. C.° actualmente esplota eléctricamente una parte de su vias, i ha encargado a Mr. Dawson le proyecte un ensanche de lo existente.

El público a que se dedicaba la conferencia era mas escojido que numeroso, era compuesto en gran parte de capitalistas, industriales, de *hombres de negocios*, tipo especial que en Inglaterra dirije los asuntos comerciales de todo jénero, que van a la Cámara, a los bancos, a las compañias ferrocarrileras, marítimas, etc. ayudándose en cada caso de los técnicos correspondientes. Es un tipo que desgraciadamente no existe en nuestra tierra, pues los lejisladores no son por regla jeneral los jenuinos representantes de ninguna empresa que signifique, en su esfera, algun elemento de la nacion. No existen compañias férreas particulares de la importancia de las europeas ni empresas marítimas. La iniciativa particular está escasamente desarrollada, fuera de lo que se relaciona con las labores agrícolas. De aquí que Mr. Dawson no entrase en grandes tecnicismos, sino que por el contrario hiciese una esposicion sencilla i amena que satisfacia al técnico como al hombre de negocios que escuchaba.

Dijo Mr. Dawson:

Hace cuatro años tuve el honor de leer una conferencia en el R. A. C. sobre el importante tema de la traccion eléctrica aplicada a los ferrocarriles. Se ha ganado

tanto en esperiencia en estos últimos cuatro años, i se ha ensanchado tanto el campo al cual los mas modernos métodos de traccion serán aplicables en el futuro, que me he atrevido nuevamente a volver sobre este interesante tema.

En los siguientes ejemplos se ha tenido en vista únicamente la aplicacion de la traccion eléctrica a las líneas *principales* existentes o a alguna parte de su red, es decir, aquellos ferrocarriles relacionados no tan sólo con tráfico urbano, sub-urbano o local, sino tambien con trasporte a largas distancias.

Se omitirá por consiguiente toda discusion sobre ferrocarriles tales como los «undergrounds de Londres», el «Liverpool overhead», el Metropolitano de Paris», el «Hoch und Untergrund de Berlin, el «New York inter borough» i el elevado de «Boston i Chicago». La gran diferencia entre líneas que jamas podran tener otro tráfico que el puramente local, urbano o sub-urbano, i aquellas que se llaman jeneralmente líneas *principales*, está en el hecho, en que en el primer caso, los numerosos distritos que deberán ser atendidos i la calidad de tráfico servido eléctricamente está completa i claramente definido desde el primer momento, en tanto que en el segundo es imposible decir lo mismo.

Desde que fuí llamado hace ocho años, a informar la L. B. & S. C. Railway C.°, en lo referente a la posibilidad de electrificar una parte de sus ferrocarriles, tales progresos se han hecho en el campo de aprovechamiento de la electrificacion, i se ha ensanchado tanto este campo, que pareceria mui difícil, sino imposible, para cualquier Direccion consciente, el limitar actualmente la estension a la cual la traccion eléctrica deba, en un futuro mui cercano, ser deseada.

Bajo estas circunstancias, es de interes considerar la cuestion en estenso: con la esperiencia adquirida en los resultados obtenidos en la seccion electrificada del ferrocarril de Brighton, i la ganada en otras tierras, para dejar así a nuestras autoridades ferrocarrileras, no solamente en una mejor situacion en lo referente a las ventajas de una electrificacion jeneral, sino ademas para guiarlas en la eleccion del sistema que convendrá mas, bajo todo punto de vista.

En lo referente al deseo de electrificar, hai actualmente una gran corriente de opinion favorable entre los hombres carrileros; pero desgraciadamente, en este pais (Inglaterra), hai gran diversidad de opinion en lo referente a cual es el mejor sistema por adoptar, en tanto que en el continente, (Europa) un cuidadoso estudio de la cuestion en total, ha conducido a una práctica uniformidad de opiniones de las autoridades ferroviarias.

Hai en la actualidad únicamente dos sistemas jenerales en discusion: *corriente coutínua* (en Norte América Direct Current) i el *Monofaseo*. El primero se usa actualmente en los «underground» de Londres, en el ramal de Southport de Lancashire i Yorkshire, i en el ramal de Tyneside del North Eastern, en forma de una corriente contínua de baja tension de 500 a 600 volts, llevada al tren por un tercer riel, i en muchos casos, debido a las exijencias del Board of Trade, devuelta a la jeneradora por un cuarto riel aislado, como se usa en el District and Metropolitan de Londres. Con el objeto de reducir las pesadas corrientes para la traccion de trenes de consideracion,

algunos injenieros indican el uso de corriente contínua de 1 200 volts, pero tal tension aumenta de una manera notable el costo del tercer riel, i posiblemente un tercer riel recorrido por una corriente tan intensa no seria aceptado en Inglaterra por los peligros que acarrearia cualquier contacto.

Otros han dicho que podria llegarse a 2 000 volts i aun 3 000; pero esto exijiria el uso de conductores aéreos, complicados motores i aparatos de control. Por eso no lo consideramos aquí.

El otro sistema que ha tenido un éxito tan completo, tanto en el Continente como en Estados Unidos, es el de corriente monofasea, i este es el usado hoi dia en la parte eléctrificada de la L. B. & S. C. Railway C.o.

Veamos cuáles ventajas pueden resultar de la aplicacion de uno u otro sistema a cualquier clase de trabajo.

Prácticamente todos los injenieros que han estudiado cuidadosamente la cuestion, concuerdan aparentemente, en que para aquello que se refiere puramente a tráfico urbano, con trenes mui frecuentes i no menos frecuentes paradillas, el único sistema que puede económicamente emplearse en largas distancias i con tráfico de mercaderias es el monofaseo.

Las características del sistema contínuo, para tráfico urbano i sub-urbano, hacen que sea el mas barato para instalar i operar, i que en caso de verse la conveniencia económica de estender la electrificacion mas allá del campo urbano, pueda conjuntamente con él, instalarse el sistema monofaseo trabajando ambos paralelamente.

Por otra parte, aquellos que han tenido esperiencia tanto en uno u otro sistema, en Inglaterra i en el continente europeo, estiman que el sistema monofaseo, bajo el punto de vista económico, es a lo ménos tan satisfactorio como el contínuo, i teniendo en cambio la ventaja sobre aquel de prestarse a ilimitados ensanches.

Si todo lo que se relaciona con la electrificacion de los ferrocarriles descansara únicamente en los servicios urbanos, sub-urbanos o locales, i no hubiese posibilidad de mayor aplicacion, el resolver cual sistema debiera instalarse, no seria tan difícil. Pero como se demostrará, este ya no es el caso, i la eleccion de sistema dependerá grandemente de los planes que las autoridades ferrocarrileras piensan desarrollar en el futuro: de si están dispuestas a aprovechar o despreciar cualquiera exijencia futura de ensanche, escojiendo un sistema que no es elástico o cuyo ensanche necesitaria la instalacion de un sistema dual.

Hai ademas otra cuestion importante; i es la absoluta necesidad para ferrocarriles que electrifican sus líneas, de considerar la uniformidad de sistema, de tal manera de permitir el intercambio de tráfico, lo que ha probado ser una fructífera fuente de entradas i beneficios. Este podia haber sido un argumento en favor del sistema contínuo, dado el caso de que hubiese alguna electrificacion en grande escala en nuestras líneas principales; afortunadamente no es así, i hai aun la posibilidad de llegar a un acuerdo en el uso de un sistema uniforme de electrificacion. El costo de la batalla de los frenos por aire comprimido o por vacio, i de las trochas, es un ejemplo que espero no se repetirá.

En vista de esta introduccion, consideraremos el campo de la electrificacion tal como se encuentra hoi dia, haciendo de las decisiones que se tomen, prácticas realidades, deducidas de la pasada esperiencia.

Los primeros que se aventuraron en una electrificacion en grande escala fueron los Estados Unidos, i de ello el que muchas líneas electrificadas, estén equipadas con aparatos de oríjen americano. El gran desarrollo de tranvías en los Estados Unidos i la falta de caminos, trajo pronto la construccion de las llamadas líneas inter-urbanas, que atraviesan las ciudades por las líneas de los tranvias locales, a velocidades reducidas, i desarrollan en cambio grandes velocidades en el campo. Fué para esta clase de trabajo que el sistema monofaseo se desarrolló en grande primitivamente en América, pero su adopcion en estas circunstancias necesitaba la instalacion de complicados sistemas i el uso de motores poco satisfactorios, que miéntras en las ciudades corren bajo presiones de 500 a 600 volts, están en el campo a 6 000 i aun 11 000 volts. No es de estrañar que en estas condiciones el sistema monofaseo no haya sido satisfactorio, i que algunos injenieros estén por el uso de un sistema dual.

Se puede actualmente viajar eléctricamente desde Sheboygan, Wisconsin, via Milwanjee, Chicago, Southend, Warsaw a Peru Fortwayne, Lima, Toledo a Detroit, Cleveland i hácia el Este de las costas del lago Erie a Bufalo. Carros-salones i restaurants, corren en muchas de estas líneas, i en la red de Illinois corren dormitorios entre Springfield i San Louis, en una distancia de mas o ménos 100 millas, i entre Pretoria i San Louis una distancia de 175 millas.

Se dan estos detalles únicamente para probar la posibilidad de electrificacion en grandes distancias.

La esperiencia ganada en inter-urbanos ha sido de gran valor para los injenieros que tienen que ocuparse de este problema.

La primera Línea Principal que adoptó arrastre eléctrico, fué la de Baltimore i Ohio Railroad, que electrificó el túnel bajo la ciudad de Baltimore, en 1895, i tiene nueve millas de via electrificada i 5 locomotoras de carga, ausiliadas con trenes de pasajeros. Se electrificó por razones de vantilacion. A consecuencia de la competencia de los tranvias se electrificó el Long Island Railroad, que pertenece a la Pennsylvania Railroad. Esta línea fué abierta en 1905, esplotada por múltiples trenes unitarios Sus resultados financieros han sido satisfactorios. Tiene 110 millas de via, 284 motores, 80 carros de remolque, i la composicion media de los trenes es de 3.92 coche, siendo los mayores compuestos de 10 coches i la mayor distancía corrida en línea de 25 millas.

En seguida la Compañía de Pennsylvania electrificó una línea que une Philadelphia i Atlantic City, en la costa. Esta línea se llama la «West Jersey and Seashore Line». En ella aun corren trenes de carga con traccion a vapor; el servicio de trenes no es mui frecuente; la distancia entre las paradillas es considerable. Hai 65 millas entre una ciudad i otra, i hai tendidas 162.7 millas de via equipada eléctricamente.

Hai 93 coches automotores, no hai coches de remolque, estando todos los trenes

cempuestos de automotores. El tren medio se compone de tres coches i el máximo de ocho.

Una de las electrificaciones mas importantes es la de la N. Y. C. i H. R. R, en la cual se tuvo como razon inmediata para electrificar, el ventilar convenientemente el largo túnel que lleva a New York Terminus.

En esta seccion se suprimió todo tráfico a vapor quedando únicamente eléctrico. Los servicios locales son atendidos por múltiples trenes unitarios, miéntras que los trenes para largas distancias son arrastrados por locomotoras eléctricas, que son reemplazadas al fin de la seccion electrificada por locomotoras de vapor. Hai actualmente 22.5 millas de distancia con 101 millas de via, 47 locomotoras eléctricas, 125 coches automotores i 55 coches de remolque.

Sigue en importancia la New York end de la N. Y. N. H. & H. R. R. que electrificó en 1907.

La importancia de esta electrificacion está en que esta Compañía adoptó desde un principio el sistema de corriente monofasea, teniendo como principal razon para ello la intencion de electrificar para grandes distancias. La esperiencia recojida durante estos últimos cuatro años ha sido tan satisfactoria, que electrifican actualmente todas sus instalaciones de patios para trenes de carga en New York i las líneas de servicio sub-urbano que aun quedaban de vapor.

Tienen en un total 300 millas de via, 77 locomotoras de pasajeros, 15 locomotoras de maniobra. Sus espresos corren hasta mas de 80 millas por hora.

Una nueva línea, la Spokan and Inland Railway, equipada con sistema monofaseo en 1907, trabaja con locomotoras eléctricas, de las que hai 9 i 24 coches automotores en 135 millas de via.

El Grand Trunk Railway ha electrificado sus túneles bajo Detroit River, con sistema monofaseo i trabaja con 5 locomotoras.

El Michigan Central electrificó túneles entre Windsor, Ontario i Detroit Michigan.

La Southern Pacific Company en 1909 convirtió una seccion de sus líneas locales, alrededor de San Francisco, en eléctricas de sistema contínuo con 1 200 volts, conductor aéreo. Hai 44 motores i 40 coches de remolque.

Posterior, pero no inferior, es la electrificacion de la New York Terminal Station de la Pennsylvania Railroad, que importó 160 000 000 de dóllars. Hai un largo de túneles de 15.54 millas, con vias tendidas en 107.8 millas.

Todos los trenes de líneas principales, que entran a New York son arrastrados por locomotoras eléctricas de 4 000 HP. Entran 250 trenes locales de Long Island, i 150 de líneas principales diariamente. La capacidad máxima de túnel de acceso es de 159 trenes por hora, i 33 de las mencionadas locomotoras se necesitan actualmente para mantener un servicio regular. Se adoptó sistema continuo, por la necesidad de uniformidad de servicio con la instalacion anterior existente de Long Island.

La última instalacion eléctrica es la del túnel de la línea de Hoosac, que pertenece a la N. Y. N. A. & H. C.° i que acaba de terminarse con sistema monofaseo.

Habiendo mostrado brevemente la gran estension a la cual la traccion eléctrica

ha sido aplicada en las líneas principales americanas, consideraré los progresos hechos en Europa.

Aunque la traccion eléctrica, en limitada escala, se introdujo en los ferrocarriles ingleses en 1903, tales como el Liverpool and Southport, i en el Tyneside Line del N. E. R., alrededor de Newcastle, es a Alemania i mas especialmente al Gobierno prusiano, a quien debemos agradecer los mayores progresos.

Los esperimentos que ha llevado a cabo i los que continúan haciendo, son factores que no pueden dejarse de tomar en cuenta al tratar del porvenir de la electrificacion de los ferrocarriles. El Gobierno prusiano ha invertido fuertes sumas de dinero en estudiar cuales serian las ventajas, que en cualquier campo obtendria, adoptando la electricidad.

La competencia de los carros eléctricos lo indujo a electrificar el Berlin und Gross Lichterfelde en una distancia de 8 millas con tráfico sumamente intenso. Esta línea trabaja desde 1903 i da satisfactorios resultados. Tanto este hecho como las observaciones recojidas par injenieros del Gobierno que hicieron un viaje de estudio a Estados Unidos, trajeron el convencimiento de que la electrificacion seria tambien un éxito para campo mucho mayor que el puramente local o urbano, pero que para ello preciso era estudiar mas a fondo, tanto el trabajo de los motores como la trasmision de presion, lo que estaba fuera de cuestion con el sistema de corriente continua.

Justamente entónces injenieros europeos i americanos realizaban este propósito, presentando un nuevo motor de traccion para corriente monofásica, el que si resultaba un éxito, solucionaria los últimos inconvenientes.

Para probar esta invencion, el Gobierno prusiano, instaló el sistema monofásico en una línea local de los suburbios de Berlin, cerca de Spindlersfeld. El resultado de los esperimentos, durante tres años, fué tan satisfactorio que el Gobierno adoptó este sistema para electrificar las líneas sub-urbanas de Hamburgo, de servicio puramente local, i las cifras del capital invertido i el costo del trabajo permitieron comparar entre el sistema continuo i el alternado, en las mismas condiciones de intenso tráfico sub-urbano.

El sistema de Hamburgo tiene 110 coches automotores, i muchos coches de remolque. El dia de la visita del Emperador de Alemania a Altona, el 26 de Agosto de 1911, 300 000 pasajeros fueron movilizados i las toneladas — millas corridas (no permitiendo nada que no fuese el peso de los pasajeros) llegaron a la cifra de 1 470 000. Los trenes se componen de 2, 4, 6 i 8 carros segun la necesidad. La red de Hamburgo ha estado en esplotacion durante 4 años i ha dado al Gobierno tales satisfacciones, en todo sentido, que el Injeniero en Jefe de los Ferrocarriles, Herr Wittfeld, en una carta me dice «El Gobierno Prusiano está definitivamente satisfecho ahora, i para atender únicamente tráfico sub-urbano el sistema monofásico ha sido tan satisfactorio como el continuo.» Estudiadas las electrificaciones existentes, se sacó como consecuencia que grandes economías se obtendrian con sustituir electricidad a vapor

en las líneas principales, i que lo ahorrado seria tanto como para pagar un buen beneficio al capital necesario para la electrificacion.

Con el objeto de probar la efectividad de estas deducciones, se decidió la electrificacion de la seccion de la línea principal entre Magdeburg, Leipzig i Halle, una distancia de 100 millas. De esta seccion la entre Bitterfelde i Dessau, está completamente terminada i trabajan en ella 12 locomotoras de varios tipos para trenes espresos, ordinarios i de carga; 28 mas se pedirán pronto, con lo que se llegará a 40. Las locomotoras están equipadas con dos motores de 1 000 H. P., los que para un largo período de sobrecarga pueden dar 75% o un máximo de potencia de 3 500 H. P. Esperimentalmente las locomotoras de espresos han recorrido hasta mas de 90 millas por hora con entero éxito. La fuerza motriz es proporcionada por una estacion de fuerza situada en un campo carbonífero cercano al centro de la red. A mas de esta línea en la cual hai un servicio intenso de trenes de pasajeros i carga, el Gobierno prusiano está electrificando otra, de tráfico moderado, en los límites de Bohemia i Sajonia, que se estiende de Lambach Ditters Rulank, etc.

Una gran estacion central en un campo carbonífero vecino se construye, i el Gobierno ha comprado la fuerza a 0.4. d unidad. A mas de las esperiencias del Gobierno prusiano, el Gran Ducado de Baden ha electrificado una seccion de ferrocarril de Wiesenthal, entre Basel, Schopfheim i Zell una distancia total de poco mas de 31 millas. Se emplea locomotoras monofáseas.

Los resultados satisfactorios obtenidos en Hamburgo, han inducido a los ferro carriles del Imperio Aleman, a adoptar el sistema monofáseo, tanto por sus bondades, como para uniformidad de sistema. Se electrificó el Berlin Stadtbahn, con un costo de £ 10 000 000, con un tráfico sub-urbano de trenes de pasajeros anuales, que llegan a 300 000 000. En la parte de tráfico mas intenso los trenes se suceden cada dos minutos, i la enerjía la suministran dos estaciones de 80 000 i 100 000 K. W.

Las autoridades ferrocarrileras del Gobierno austriaco, han estudiado ámbos sistemas, i como consecuencia han adoptado el sistema monofáseo. Se está electrificando el Mittenwald Railway, que une Innsbruck con Patenkirchen. Se construye ademas una nueva línea entre Viena i Pressburg.

En Suiza, donde la cuestion se especializa, por la abundancia de caidas de agua, el Gobierno nombró una comision que tambien se ha pronunciado por el sistema monofásico.

El nuevo ferrocarril que une Berna con Brieg i el Simplon será construido con este sistema.

La Italia tiene dos redes electrificadas desde hace años, con mucho éxito. Entre Milan i Varese i el lago Lugano la una, i la otra entre Lecco i Sondrio. Una nueva línea entre Jénova i Giovi, con una seccion montañosa entre Milan i Jénova, acaba de entregarse al tráfico eléctrico, obtenida la fuerza motriz de una central a vapor. La línea Milan-Varese es de corriente continua i las dos últimas de sistema trifaseo.

El Gobierno sueco ha estudiado por muchos años este punto i despues de nume-

rosos esperimentos ha adoptado el sistema monofaseo, teniendo en servicio la línea Kiruna i Riksgrausen, de tráfico mui intenso.

Holanda tiene su red monofásica entre Rotterdam i La Haya, i Francia, despues de algunos años de estudio, está electrificando en gran escala en el sur. La Compañía del Midi ha decidido electrificar definitivamente una gran porcion de su red en las vecindades de Tolosa, tanto para el servicio local como de líneas principales. Para el primero se usan múltiples trenes unitarios, i para las segundas grandes locomotoras eléctricas.

Esta Compañía, despues de cuidadosos estudios de los resultados obtenidos en todas partes, se ha resuelto por el sistema monofásico. por ser el único que satisface los servicios de una gran red con toda clase de tráfico. La seccion electrificada equivale a 175 millas de via. Se ha pedido ya los carros motores que servirán al tráfico local, i las locomotoras de 2 000 HP. serán proveidas por distintas casas para una vez estudiadas resolver finalmente cual se adopte.

Ademas de esta electrificacion moderna existe la del Quay d'Orsay, terminal del Orleans en el corazon de Paris, i la electrificacion de los Inválidos a Versailles en la ribera occidental.

Ambas dan resultados mui satisfactorios.

En Inglaterra hai cuatro líneas principales, que tienen parte de su red electrificada. La North Eastern Railway ha electrificado en Tyneside. Las líneas fueron entregadas al tráfico en 1904, con servicio de corriente contínua i tercer riel en un largo de 75 millas de via. La distancia electrificada es de 29.5 millas i se necesita 5 sub-estaciones con convertidores rotativos donde la corriente alternada de alta tension, es trasformada en corriente continua de 600 volts. La esplotacion ha sido tan satisfactoria que la compañía estudia la manera de operar eléctricamente en la movilizacion de los servicios de carga en los patios clasificadores, donde se necesitará posiblemente un conductor aéreo, por la dificultad de colocar un riel vivo en una instalacion de esa naturaleza.

Se usa trenes unitarios para el servicio de pasajeros i locomotoras eléctricas para maniobras.

La Lancashire & Yorkshire C.º inauguró su seccion de Liverpool Southport, en 1904, en la cual hai servicio únicamente local. Se usa tercer riel. Tiene un largo de 70 millas de via i 64 coches automotores.

La Midland Railway C.º adoptó la primera el sistema monofásico entre Lancaster, Morecambe i Heysham, con gran éxito, desde 1908.

Por último la L. B. & S. C. Railway C.º, ha electrificado hasta el presente 62 millas de via, tiene 50 coches motores i corren trenes compuestos de 2, 3, 4 o 6 coches segun las necesidades. Entre Londres i Wivelsfield hai 60 trenes diarios en cada sentido i mas o ménos 40 entre Lóndres i Brighton. Desde que se instaló el servicio eléctrico, se pensó en los futuros ensanches i de ahí el que se dejase fuera de cuestion el tercer riel i se adoptase el monofásico. En esta línea, en dos años de empleo de este

sistema, se ha visto que sus resultados son tan satisfactorios como los de corriente contínua, lo que concuerda con los observado por el Gobierno prusiano. Se tiene ya proyectados varios ensanches.

Como dato curioso se anota que el primer año de servicio eléctrico, hubo un aumento de pasajeros movilizados, de 97% sobre el anterior, i en el segundo de 130 por ciento.

Es un caso único, desde que se instaló el servicio no ha habido una sola interrupcion (1909), lo que es mui honroso para la Compañía proveedora de fuerza motriz, pero tambien mui elocuente a favor del sistema monofásico.

Habiendo espuesto la considerable estension a la cual ha sido aplicada la traccion eléctrica, es interesante ver cuales han sido las causas que han inducido a este cambio.

La primera es indudablemente la competencia de los tranvías locales que afectaba grandemente las entradas de muchos ferrocarriles de servicio local. Se hacia necesario un servicio mas frecuente i rápido. Se habia llegado al máximum de lo que se podia esperar de la traccion de vapor. Se instaló electricidad, i prueba de que el remedio fué bueno, es el éxito financiero obtenido.

Existen, ademas, otras causas, tales como dificultad de ventilacion, *deseo de substituir fuerza motriz hidráulica al carbon, especialmente donde las caidas son abundantes i éste caro.* Las locomotoras de vapor han llegado a su máximo con 1 500 HP, miéntras que hai actualmente en uso eléctricas con 4 000 HP. El movimiento rotatorio uniforme ejercido por el motor eléctrico, hace posible una mayor utilizacion del peso adherente de las ruedas motrices, de tal manera que una locomotora eléctrica puede ejercer un esfuerzo de traccion superior en un 25% a una de vapor en igualdad de peso de eje motor. Pueden, pues las locomotoras eléctricas manejar trenes mucho mas pesados i vencer pendientes mayores.

Estas eran causas conocidas ántes de implantarse el sistema en uso, pero despues de ensayado prácticamente se han venido a agregar las siguientes, deducidas de cifras que permiten comparar los costos de esplotacion i conservacion de redes eléctricas i de vapor.

Basta apuntar en este sentido lo resuelto por el Gobierno prusiano, que en busca de economía decidió la electrificacion.

El todo en esta cuestion está en producir la enerjía barata, i saber distribuirla con gastos moderados.

En Inglaterra hoi dia, siendo la enerjía eléctrica jenerada a vapor, se obtiene a $\frac{1}{4}$ de penique por unidad, cifra a la cual hai que agregarle los recargos de gastos jenerales, los que dependen grandemente de la magnitud de la planta productora. En Estados Unidos cuesta la unidad 0.22 d con un consumo de 2,9 libras de carbon por kilowat hora i los gastos jenerales no pasan de 0.2 d, con lo que las compañías de fe-

rrocarriles pueden obtener corriente en sus redes a 0.4 a 0.45 d por unidad. Lo anterior se refiere a corriente alternada. Para corriente contínua, hai que recargar las cifras por las pérdidas que implican las subestaciones. Puede dar una idea de lo que valdrá, por las cifras apuntadas por Mr. Wilgus, en la N. Y. C & N. H. H. R. El costo de subestacion para transformacion i distribucion es de 0.158 d por unidad, los que sumados a los gastos jenerales de 0.455 d, dan un total de 0.613 d por unidad de transformacion solamente, lo que representa un costo enorme. En las condiciones de produccion i esplotacion en Lóndres, se llegaria con corriente continua a 0.6 o a 0.675 d por unidad, entregada en línea. Este factor del costo es mui importante, pues el costo de la corriente representa el 50 al 60% del costo total de los gastos por milla corrida de locomotora.

Con electricidad barata i un servicio de trenes frecuente, que permita repartir los gastos en gran cantidad de trenes corridos, la electricidad es mas barata que el vapor, fuera de las economías que se obtienen ademas por otros capítulos.

El costo anual de conservacion i reparacion de las locomotoras eléctricas es menor en un 50% del correspondiente a las de vapor. Una locomotora eléctrica puede hacer mas trabajo que una de vapor, no necesitando tiempo para agua, carbon i levantar presion.

5 locomotoras eléctricas hacen el trabajo de 8 de vapor.

Se necesita un hombre para el trabajo, siendo necesarios dos para las de vapor, i que hacen una labor mucho mas pesada e incómodamente.

Tiempo i espacio se economizan en las estaciones terminales, haciéndose innecesarias tornamesas, columnas de agua, carboneras, etc. Disminuyen los costos de conservacion de las obras de arte por falta de humo i ausencia de vapor.

Se ve, pues, que hai ya un gran campo al cual se aplica con todo éxito la electricidad a los ferrocarriles, i que todo hace presumir que ese campo tendrá que ensancharse aun mucho mas.

Santiago, 1912.