

Algunas consideraciones sobre la electrificación de nuestros ferrocarriles

POR

RICARDO SOLAR PUGA

Desde hace diez años a esta parte se viene discutiendo la mayor o menor ventaja de reemplazar la tracción a vapor por tracción eléctrica en nuestros ferrocarriles, especialmente en las líneas de la 1.ª Zona Valparaíso-Santiago y Ramal a Los Andes; pero solamente ahora, en vista de la casi paralización de nuestros ferrocarriles por la falta de carbón y el aumento progresivo de las pérdidas de explotación por el costo creciente del combustible, se ha logrado vencer la obstinada resistencia que ya por desconocimiento del asunto o por intereses encontrados impedía la realización de esta obra.

Como los fondos necesarios para efectuar este trabajo se encuentran consultados en el empréstito de 225 millones de pesos, ya autorizado por el Supremo Gobierno para colocarlo parcialmente en el país, y se ha hecho la petición de propuestas que se abrirá el 31 de Marzo del próximo año, creemos de interés contribuir a orientar la opinión consciente, dando una idea de las ventajas que realizará la electrificación, comparada con el servicio de vapor.

Tomaremos como base para este objeto los datos relativos al año 1917, por ser los que hemos controlado más minuciosamente y además haber sido el movimiento de carga durante 1919 prácticamente el mismo que el del año 1917, siendo en realidad un 4% inferior al de 1917 (a la inversa, el kilometraje total de locomotoras y el consumo total de carbón fué 4% superior a 1917).

En el cuadro siguiente damos los resultados clasificados por servicios, del kilometraje, consumo de carbón, etc., en la línea central y ramal trocha ancha de la 1.ª Zona, haciendo ver la influencia del remolque en los diversos tipos de trenes. (Véase cuadro N.º 1).

Como la economía que se obtiene con la electrificación es tan considerable, que

Cuadro N.º I.

SERVICIO	Locomotoras kilómetros		Ejes kms. de tren	Peso por eje Tons.	Toneladas kilómetros			Tons. kms. Total	Combustib. gastado Tons.
	Tren	Remolque			Máq. princ.	Máq. remolg.	Tren		
Expresos.....	277 300	75 060	5 889 600	8,36	28 084 000	6 210 000	49 207 000	83 501 000	7 447
Omnibus.....	585 700	75 060	16 059 000	7,1	53 290 000	6 210 000	113 440 000	172 940 000	16 670
Carga.....	1 500 000	385 900	{ 58 237 000 (c) 10 830 000 (v)	{ 6,91 3,24	137 880 000	31 950 000	437 700 000	607 530 000	56 610
Pasajeros Los Andes.....	97 600		1 764 000		7 860 000		13 590 000	21 450 000	2 990
Carga Los Andes.....	97 600		{ 4 232 000 (c) 1 236 000 (v)		4 740 000		30 500 000	35 240 000	3 380
(*) Maniobras.....	2 558 200	536 020					664 437 000	920 661 000	87 097
		398 000							14 613
Total general.....		3 492 000							101 710

NOTA. — Valor igual a 1/3 del dato estadístico, corregido con los resultados experimentales con inscriptor Flaman que dieron para la velocidad media comercial estimada en 10 kms. por hora, un tercio de dicha cifra.

la diferencia entre los diversos sistemas, monofase, trifase y continuo no influye en las conclusiones generales, es decir, no se trata de una discusión de sistema sino entre vapor y electricidad, tomaremos para la comparación los que actualmente se usan con éxito en líneas análogas a las nuestras por su perfil e intensidad de tráfico, o sea, el sistema trifase en Italia en la línea del Giovi, y el continuo a alta tensión en Estados Unidos en la línea del «Chicago-Milwaukee Saint Paul».

En el cuadro siguiente damos los resultados a que se llega con tracción eléctrica para el mismo tráfico de 1917 empleando locomotora trifase a 3000 volts de 66 tons. de peso y 2000 HP. horarios, o locomotora de corriente continua a 3000 volts, de 90 toneladas de peso y 1500 HP. horarios que podrían arrastrar trenes de pasajeros de 270 toneladas y de carga de 700 toneladas, necesitando únicamente el servicio de carga remolque en la sección del Tabón.

Los dos tipos de locomotoras han sido estudiados para no sobrepasar el peso máximo de 16 toneladas por eje a que alcanzan actualmente las locomotoras «Mikado», y para realizar un itinerario mejorado con respecto al servicio de vapor que en término medio, ida y vuelta, es de 3 horas 51 minutos para los expresos, 5 horas 33 minutos para los ómnibus y 11 horas 55 minutos para los de carga directos; e igual reducción del tiempo necesitándose con servicio eléctrico, tanto trifase o continuo sólo el 81% para los expresos, 64% para los ómnibus y 36¼% para los de carga directos. (Véase cuadro N.º 2).

De la comparación de los dos cuadros anteriores se desprenden algunos resultados importantes:

1.º El kilometraje de locomotoras se reduce de 3 492 000 loc. km. a 2 298 000 loc. km. o sea al 66 %.

2.º Las toneladas kilómetros de locomotoras se reduce de 276 224 000 ton. km. a 171 200 000 (loc. continua) o 125 500 000 (loc trifase), o sea, al 62% o 46%, es decir, en término medio 54%.

3.º El consumo de combustible o energía en vez de 102 000 tons. de carbón, 19 073 000 kwh. (c. trifase) o 21 870 000 kwh. (c. continua), es decir por cada kgrmo. de carbón se requiere 0,187 kwh. (trifase), o 0,215 kwh. (continua),

4.º Aumento de la velocidad comercial de 24% para los trenes expresos, 56% para los ómnibus y 174% para los de carga directos.

Los factores 1.º y 2.º, reducción del kilometraje y toneladas kilómetros de locomotoras traen como consecuencia una reducción de los gastos totales de reparaciones de locomotoras, de conservación de la vía, de personal de maquinistas y de gastos de casas de máquinas.

Para poder apreciar la cuantía de esta economía, basarémolos en los antece-

1.º ZONA, REALIZACION DEL TRAFICO CORRESPONDIENTE AL AÑO 1917 CON SERVICIO ELECTRICO

Cuadro N.º 2.

SERVICIO	Loc. kms.	Tons. kms. Locomot. (66 tons.)	Tons. kms. tren arrastrado	Ton. kms. loc. y tren (Trifase 66 tons.)	Ton. kms. loc. y tren (cont. 90 tons)	Energía eléctrica necesaria			Carbón gastado Tons.
						Trifase sin recup. kwh.	Trifase con recup. kwh.	C. continua con recup. kwh.	
Expresos.....	277 300	18 300 000	49 200 000	67 500 000	74 200 000	2 150 000	1 920 000	2 240 000	7 447
Omnibus.....	585 700	38 700 000	152 100 000	152 100 000	166 100 000	5 650 000	5 120 000	5 970 000	16 670
Carga.....	875 000	57 800 000	497 800 000	497 800 000	518 800 000	10 910 000	8 440 000	9 840 000	56 610
Pasajeros Los Andes.....	97 600	6 400 000	13 600 000	20 000 000	22 400 000	662 000	622 000	730 000	2 990
Carga Los Andes.....	65 000	4 300 000	30 500 000	34 800 000	36 400 000	877 000	701 000	820 000	3 380
Total 1.º zona.....	1 900 600	125 500 000	646 700 000	772 200 000	817 900 000	20 249 000	16 803 000	[19 600 000	87 097
Watt hora por tonelada kilómetro									
Maniobras.....	398 000					26	22	24	14 613
Total tráfico.....						2 270 000	2 270 000	2 270 000	
Talleres y alumbrado.....						22 519 000	19 073 000	21 870 000	1 101 710
Total general.....						1 700 000	1 700 000	1 700 000	
						24 219 000	20 773 000	23 570 000	

dentes que hemos podido reunir en el terreno de la realidad en el ferrocarril del «Chicago Milwaukee Saint Paul».

Este ferrocarril con 1040 kmtrs. de vía (1.300 kmtrs. de línea incluyendo desvíos) electrificada atraviesa las secciones montañosas de «Rocky [Mountain]» y «Missoula» (700 kmtrs. de vía con 950 kmtrs. de desarrollo incluyendo desvíos, etc.), cuyo perfil, como puede verse en la figura adjunta, es prácticamente igual al de nuestra línea Valparaíso-Santiago, llegando la pendiente máxima a 20 por mil en un trozo de 34 kmtrs.

Pues bien, durante los últimos seis meses de 1918 se efectuaron ensayos comparativos entre el servicio de carga en la sección electrificada en ese entonces, «Rocky y Missoula», y en las secciones adyacentes con servicio a vapor, comparación interesante por tratarse de una misma línea, para una misma intensidad de tráfico y durante el mismo período de tiempo.

En el cuadro siguiente hemos tabulado dichos resultados:

ESPECIFICACION DE GASTOS	Secciones «Idaho» y «Columbia» con explotación a vapor. Tráfico de 976 000 ton. km. de tren arrastrado.		Secciones «Missoula» y «Rocky» con explotación eléctrica. Tráfico de 1700 000 ton. km. de tren arrastrado		Relación entre los gastos con tracción eléctrica y tracción a vapor para igual tráfico.
	Dollars	Dollars por 1000 ton. km. de tren	Dollars	Dollars por 1000 ton. km. de tren	
Reparación de locomotoras.....	126 491	0,130	94 278	0,055	42%
Personal de tren y frenos...	124 701	0,128	116 442	0,069	54%
Personal de locomotoras...	289 587	0,297	173 702	0,102	34%
Gastos de casas de máquinas.....	40 743	0,042	21 310	0,013	31%

Agregaremos a esto los datos del gasto de lubricantes que se reduce al 30% y el de aguadas completamente suprimido.

Obsérvese que los gastos en los diversos items apuntados se reducen con la tracción eléctrica a cifras que oscilan entre 30 y 50% del gasto correspondiente con tracción a vapor.

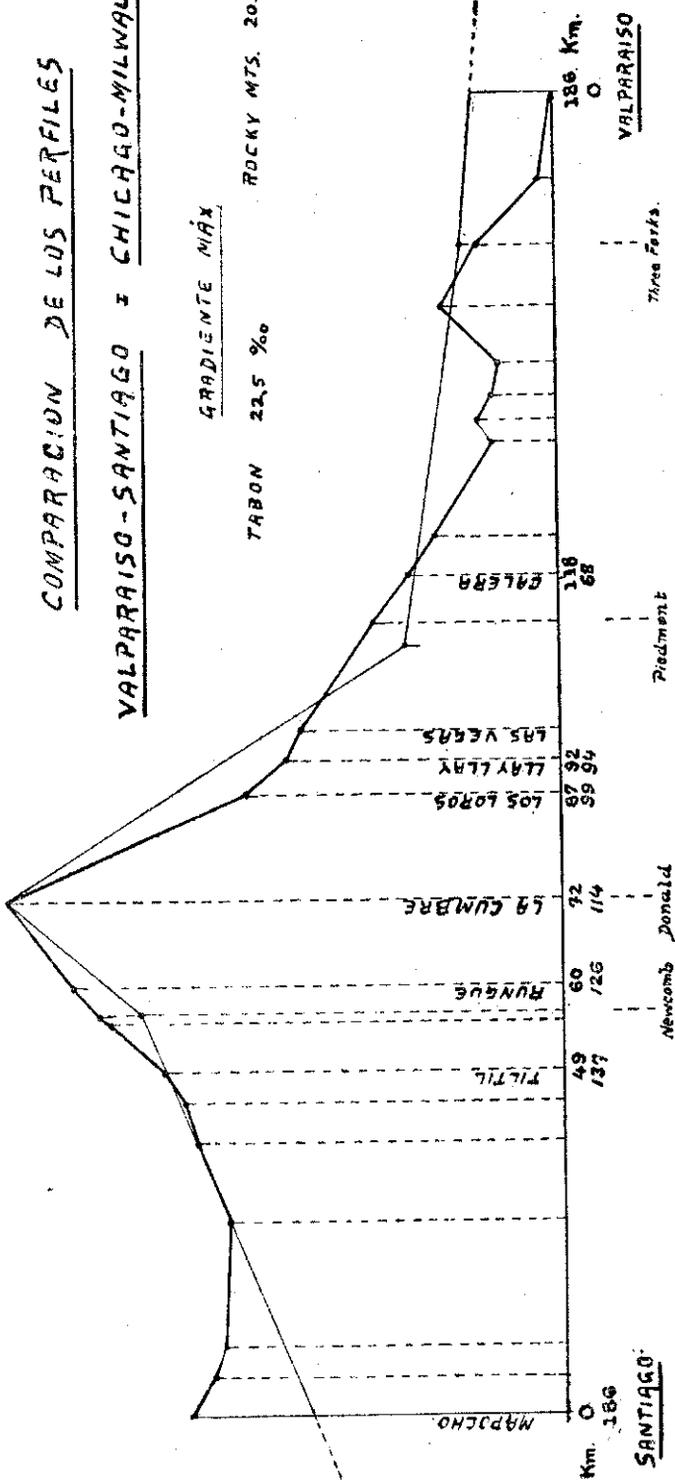
COMPARACION DE LOS PERFILES

VALPARAISO-SANTIAGO = CHICAGO-MILWAUKEE

GRADIENTE MÁX

TABON 22.5 ‰

ROCKY MTS. 20. ‰



Sin embargo, si se considera que con la tracción eléctrica es necesario tomar en cuenta los gastos relativos al mantenimiento y depreciación de las líneas eléctricas y subestaciones, gasto que aunque inferior a la economía en los items anteriores es del mismo orden, simplificaremos la comparación colocándonos en un caso más desfavorable para la tracción eléctrica suponiéndolos iguales, llegando a la conclusión que *la economía de un sistema con respecto al otro es igual a la diferencia de costo entre el combustible carbón y la energía eléctrica necesaria para la movilización de la misma carga.*

El consumo de carbón en la 1.ª Zona durante el año 1917 fué de 102 000 toneladas (106 000 toneladas en 1919) y la energía eléctrica necesaria para igual movilización calculada para el sistema trifase 19 073 000 kwh. (22 watt horas por ton. km. incluyendo locomotora) y 21 870 000 kwh. con corriente continua (24 watt hora por ton. km.) Tomaremos la cifra más desfavorable 21 870 000 kwh. cuyo consumo específico, 24 watt hora por ton. km. corresponde al valor medio obtenido en el «Chicago-Milwaukee Saint Paul Ry» durante el año 1918, según se desprende del cuadro siguiente:

1918 «Ch. M. S. P. Ry».—Sección «Missoula» y «Rocky Mountain».

	Trenes de pasajeros	Trenes de carga	Total Kwh.
Energía eléctrica kwh... ..	24 890 000	105 287 000	130 177 000
Tons. km. de locomotora.....	281 000 000	586 000 000	867 000 000
Ton. km. de tren arrastrado..	625 000 000	4 180 000 000	4 805 000 000
Ton. km. total.....	906 000 000	4 766 000 000	5 672 000 000
Watt hora por ton. km.	27,5	22,2	23, wh./ton. km.

En cuanto al precio del combustible fluctúa alrededor de 24 dollars puesto a bordo en Valparaíso, o sea, al cambio del día, \$ 140, m. c. la ton. o \$ 75 oro. A dicho valor sería necesario agregar los gastos hasta el tender de la locomotora, o sea, unos \$ 5 oro por ton.

En realidad el precio del carbón extranjero parece no descenderá del valor actual debido a la gran demanda de los países europeos, especialmente Francia e Italia que necesitan importar 50 millones de toneladas anualmente, y al costo creciente de producción motivado por las dificultades obreras,

En cuanto al carbón nacional, desgraciadamente no tenemos ningún antecedente que nos haga pensar en que obtendremos un precio equitativo. En efecto, está dentro del sentir general que el precio que aquí pagamos no guarda proporción con el costo normal de producción. En Estados Unidos con dificultades obreras más serias y con un costo de los salarios cinco veces mayor que aquí, el precio del carbón es de 3 dollars o sea \$ 17,50 m. c. al cambio del día. Si la explotación de nuestras minas fuese racional y aun no tomando en cuenta la economía en jornales, el precio de la tonelada sería alrededor de \$ 35 m. c. debido al mayor costo de las maquinarias que hemos supuesto el doble. Agréguese lo que se quiera por diferencia de método de explotación con instalaciones deficientes y se llegará siempre al resultado que el precio de venta no tiene por qué ser superior en \$ 70 m. c. la tonelada y si es mayor es porque la explotación es mala o porque el interés comercial prima sobre el nacional y el precio lo fija nó la garantía equitativa sino el del combustible extranjero que actualmente con el cambio del día pagamos a \$ 140 m. c. recargado en un 700 % por el transporte.

A pesar de todo nos pondremos en el caso más desfavorable para el servicio eléctrico, suponiendo un precio de \$ 65 oro la tonelada puesta en el tónder de la locomotora, o sea, al rededor de los $\frac{3}{4}$ del precio actual.

Respecto al costo de la energía eléctrica en el «Ch. M. S. P. Ry» es de 0,0055 dollars kwh. o sea 0,032 \$ m. c. kwh. es decir 1,7 centavos oro 18 d. por kwh.

Para determinar el precio aquí en Chile hemos supuesto una central hidroeléctrica de 10 000 kw. útiles y otra térmica de seguridad de capacidad igual, obteniendo para el precio a que podría adquirir la empresa de los ferrocarriles o en último caso producirlo, un valor inferior al de 4 centavos oro 18 d. por kwh. que adoptaremos para la comparación.

Recapitulando, para el tráfico de 1917 (4% superior al de 1919) el consumo de combustible fué 102 000 toneladas (106 000 tons. en 1919) que al precio de \$ 65 oro 18d. la tonelada son \$ 6 630 000 oro 18 d.

El consumo de energía eléctrica para igual tráfico es de 21 870 000 kwh. que al precio de 4 centavos oro el kwh. son \$ 875 000 oro 18 d.

Por consiguiente, la economía obtenible con la electrificación de la 1.ª Zona es de \$ 5 755 000 oro de 18d. o sea 10 millones de pesos moneda corriente anuales reduciendo el ítem más importante de los gastos totales, el de combustible, al 13% del con tracción a vapor.

Para terminar conviene hacer notar que este trabajo no sólo tiene un interés ferrocarrilero sino de importancia más general, pues con la base del consumo de 22 millones de kwh. para el servicio de transporte y alrededor de 24 millones de kwh. considerando talleres y alumbrado de estaciones, se iniciará el aprovechamiento

to de nuestras fuerzas hidráulicas, instalándose centrales que al mismo tiempo que suministran la energía eléctrica para nuestros ferrocarriles lo hagan para los particulares, mejorando así el factor de carga y reduciendo los costos de producción.

De esta manera se habrá dado un gran paso hacia el desenvolvimiento de nuestras industrias y mejor utilización de nuestro suelo con el riego mecánico aumentando no sólo las facilidades de transporte sino también intensificando la producción, o sea, contribuyendo en forma efectiva al mejoramiento de nuestra patria.

Agosto 21 de 1920.
