

Estudio sobre la electrificación de los ferrocarriles

(Red Central)

POR

RAFAEL EDWARDS S. Y RICARDO SOLAR P.

(Comisión designada por la Dirección de los Ferrocarriles)

(Continuación)

Trabajo efectuado y carbón consumido por las locomotoras de patio.—A las locomotoras de maniobras no pueden aplicarse los resultados del estudio realizado para las locomotoras de pasajeros y de carga, por tratarse de un servicio de naturaleza enteramente diversa.

La importancia del gasto de carbón requerido por las locomotoras de maniobra, que es igual a las dos terceras partes del correspondiente a trenes de pasajeros, justifica un examen especial de esta cuestión para determinar a qué valor pueden llegar las economías realizables, tanto con el sistema actual de vapor, como con la tracción eléctrica.

Con este fin procedimos a estudiar el servicio de patio en la estación Alameda y pudimos obtener con cierta aproximación los datos siguientes:

- a) Recorrido medio diario de una locomotora de maniobras con indicación del tiempo empleado en movimientos y en detenciones;
- b) Consumo medio diario de carbón de una locomotora de patio;
- c) Consumo de combustible por unidad de energía desarrollada por una locomotora de patio;
- d) Pérdidas de calor por irradiación en las locomotoras destinadas a este servicio.

Los resultados obtenidos para la estación Alameda son aplicables sólo con el carácter de aproximados a las demás estaciones, porque ellos son influenciados evidentemente por la disposición de sus vías y bodegas; las dificultades que presentan las determinaciones experimentales exigidas por estos estudios, nos han impedido efectuarlas en otras estaciones de la red.

En el Anexo N.º 6 se encuentran expuestas en detalle las operaciones realizadas para fijar las condiciones en que se efectúa el servicio de maniobras.

Del estudio contenido en este Anexo se desprende que de las 55026 T. de carbón consumidas en el servicio de patio durante el año 1917, 42656 T. fueron utilizadas en la producción de la energía exigida por las maniobras, y 12370 T. correspondieron a las pérdidas de calor por irradiación y a la puesta en presión de las locomotoras.

El consumo de combustible por HP hora indicado, determinado por experiencia directa, es de 5 kilogramos en las locomotoras de tipo especial de maniobras; esta cifra es algo elevada en comparación con la obtenida en otros ferrocarriles; así por ejemplo, una serie de medidas efectuadas en 1907 en las locomotoras de patio del New York, New Haven and Hartford, fijaron como consumo medio de combustible en este servicio, 2,9 kilogramos de carbón por HP hora indicado.

Para los efectos del estudio comparativo de la tracción a vapor con la tracción eléctrica, hemos adoptado la cifra de 4 kilogramos de carbon por HP hora indicado, valor que podrá seguramente alcanzarse con locomotoras de mayor peso adherente y con presiones más elevadas en la caldera.

Aceptando esta cifra y conservando los valores actuales del gasto en puesta en presión y detenciones, el consumo de carbón en el servicio de patio durante el año 1917, habría llegado a las cifras que se indican en seguida, y que son las que hemos tomado en cuenta para los efectos de nuestro estudio comparativo.

	Consumo real en Toneladas	Consumo calculado a 4 Kgs. HP
1.ª Zona	14613 T.	12344 T.
2.ª Zona	23708 »	19850 »
3.ª Zona	9794 »	8373 »
4.ª Zona	7104 »	5927 »
Red.....	55026 T.	46494 T.

Las cifras anotadas se refieren a toda la red central.

*
* *

Resumen.—El consumo total de combustible de las locomotoras de pasajeros, carga y patio, durante el año 1917 alcanzó a las cifras siguientes:

Zona	Pasajeros	Carga (1)	Patios	Total (2)
1. ^a	22885 T.	65156 T.	14613 T.	102654 T.
2. ^a	28027 »	72381 »	23708 »	124116 »
3. ^a	24527 »	87882 »	9794 »	122203 »
4. ^a	12607 »	43233 »	6911 »	62751 »
Red	88046 »	268652 »	55026 »	411724 »

El consumo de la línea central y los ramales a Los Andes en la 1.^a zona y a Talcahuano en la 3.^a y a Valdivia en la 4.^a fué de:

ZONA	Pasajeros y remolque	Carga y remolques	Patios	Total
1. ^a	27107 T.	59990 T.	14613 T.	101710 T.
2. ^a	16682 »	63910 »	23708 »	104300 »
3. ^a	19400 »	52640 »	9794 »	81834 »
4. ^a	10200 »	23840 »	6911 »	40951 »
Red	73389 »	200380 »	55020 »	328795 »

Del estudio realizado sobre la base de la energía desarrollada por las locomotoras en las líneas consideradas durante el año 1917, se desprende que con perfeccionamientos de la tracción a vapor, este consumo de carbón puede reducirse a los valores que se indican en seguida.

(1) Esta cifra incluye el combustible gastado en el servicio de remolque y además en los trenes lasteros.

(2) Esta cifra incluye el combustible gastado en las líneas de trocha angosta.

ZONA	Pasajeros y carga	Patios	Total toneladas
1. ^a	72500 T.	12300 T.	84800 T.
2. ^a	72200 »	19900 »	92100 »
3. ^a	59700 »	8400 »	68100 »
4. ^a	28800 »	5900 »	34700 »
Red	233200 »	46500 »	279700 »

El precio de costo del combustible en Concepción, Valparaíso y San Antonio, durante el año 1917 ha sido excepcionalmente elevado, y no puede servir para el estudio comparativo de los sistemas de tracción (1).

Dentro de la incertidumbre que existe en la previsión del precio futuro del carbón, hemos estimado, como una cifra prudente para los efectos de nuestras comparaciones, un valor de \$ 20,—de 18 d.—por tonelada puesto en carro en Concepción, o \$ 22,—de la misma moneda—por el carbón a bordo en Valparaíso o San Antonio.

Tomando en cuenta el recorrido medio del carbon en cada zona y el gasto directo originado por su descarga, transporte y demás operaciones necesarias para dejarlo en el ténlder de la locomotora, se tienen los siguientes precios unitarios para el combustible consumido en cada zona: (2)

1. ^a Zona	\$ 27 de 18 d./T.
2. ^a Zona	» 29 » » «
3. ^a Zona	» 22 » » »
4. ^a Zona	» 23 » » »

(1) El precio del carbón adquirido por la Empresa en Agosto de 1918, fué de \$ 75,—de 18 d.—por tonelada en Valparaíso y 67 a \$ 50, en Concepción.

(2) El gasto en sueldos y jornales del servicio del carbón, ascendió el año 1917, en la 1.^a zona, de \$ 306.000,—moneda corriente.

El costo de combustible para el tráfico de 1917, con los precios medios indicados y después de introducidas las mejoras en la tracción de vapor, sería el siguiente:

VALOR EN 1917		SECCIÓN	Pasajeros y carga	Patios	Total
Combustible	Movilización hasta el tender de la locomotora(1)				
\$ de 18 d.	\$ m. c.		\$ de 18 d.	\$ de 18 d.	\$ de 18 d.
2 472 000	306 000	1. ^a zona.— Línea cen- tral y Ramal a Los An- des	1 958 000	332 000	2 290 000
2 534 000	213 000	2. ^a zona.— Línea cen- tral	2 093 800	577 100	2 670 900
1 989 000	210 000	3. ^a zona.— Línea cen- tral y Ramal a Talca- huano	1 312 000	185 000	1 497 000
995 000	192 000	4. ^a zona.— Línea cen- tral y Ramal a Val- divia	691 000	142 000	833 000
7 990 000	921 000	Red	6 054 800	1 236 100	7 290 900

III. *Energía eléctrica para el servicio de tracción.*—De los cálculos indicados en el párrafo II se desprende que la energía desarrollada en el cilindro de las locomotoras para el tráfico del año 1917, llegó a las cifras que se indican en seguida:

(1) Esta columna comprende los sueldos del servicio del carbón y los gastos de encarbonadora de locomotoras, pero no incluye el costo del transporte del carbón en las líneas de la Empresa.

ZONAS	SECCIONES	TRENES DE CARGA Y PASAJEROS		LOCOMOTORAS DE PATIOS	
		HP horas	Kwhoras	HP horas	Kwhoras
	Valparaíso Santiago...	23 960 000	17 600 000		
1. ^a	Ramal Los Andes	<i>1 549 000</i>	<i>1 140 000</i>		
		25 509 000	18 740 000	2 269 000	1 670 000
2. ^a	Santiago-Talca	25 645 000	18 350 000	3 858 000	2 840 000
	Talca San Rosendo	11 842 000	8 720 000		
3. ^a	San Rosendo-Victoria..	6 555 000	4 820 000		
	San Rosendo-Talcahua- no	<i>2616 000</i>	<i>1 920 000</i>		
		21 013 000	15 460 000	1 421 000	1 046 000
4. ^a	Victoria a Puerto Montt y Valdivia	10 139 000	7 460 000	984 000	724 000

Para determinar la energía que es necesario producir en las centrales para efectuar con tracción eléctrica la movilización de pasajeros, de carga y el servicio de maniobras del año 1917, es preciso tomar en cuenta que las cifras indicadas anteriormente disminuyen en forma apreciable por el menor peso de la locomotora eléctrica con respecto a la locomotora de vapor, por la reducción del número de trenes de carga exigidos para movilizar el mismo tonelaje y por el efecto de la recuperación de energía en las bajadas.

Como se ha hecho presente en otra parte de este informe, las líneas de la 1.^a zona son las que permiten obtener mayores ventajas económicas de la electrificación y a ellas se refiere el examen detallado de los gastos de explotación con tracción eléctrica que hemos estimado necesario realizar para los efectos de nuestro estudio comparativo.

El Anexo N.º 7 contiene el itinerario confeccionado con el fin de hacer frente por medio del servicio eléctrico al tráfico de pasajeros y carga correspondiente al año 1917.

El sistema de tracción eléctrica elegido con el carácter de provisorio, y sólo para tener una base en la comparación con el servicio de vapor es, como ya se ha dicho, el sistema trifase a 3000 volts en la línea de contacto y 15 periodos por segundo de frecuencia. El estudio del tráfico de pasajeros y de carga nos ha inducido a adoptar el programa de tracción, cuyo resumen indicamos en seguida.

Para el servicio de pasajeros se ha conservado el mismo número de trenes expresos, ómnibus y locales que funcionan actualmente. Los dos primeros tipos de trenes serán arrastrados por locomotoras de 5 ejes, de 66 toneladas de peso total adherente y de 2000 HP de potencia al régimen de una hora, con velocidades normales de 72, 54 y 27 kilómetros por hora. El peso del tren arrastrado por estas locomotoras con simple tracción en todo el trayecto puede llegar hasta 270 toneladas. El tiempo empleado en el recorrido entre Santiago y Valparaíso por los trenes expresos y ómnibus se reduce en la proporción que se indica en seguida, como consecuencia de la mayor velocidad media de los trenes, y de la disminución de las detenciones originadas en la tracción a vapor por la necesidad de tomar agua y carbón en el trayecto.

Tracción a vapor	Trenes	Tracción eléctrica
3 Horas 55 minutos	Expresos Valparaíso-Santiago.	3 H. 07 m.
3 » 47 »	Santiago-Valparaíso	3 » 07 »
	Omnibus	
5 » 41 »	Valparaíso-Santiago	3 » 32 »
5 » 25 »	Santiago-Valparaíso	3 » 32 »

Los trenes locales serán remolcados por locomotoras del mismo tipo que las destinadas a expresos y ómnibus, pero con ruedas motrices de menor diámetro. Las velocidades de régimen serán 60-45 y 22,5 kilómetros por hora y por las mismas razones expuestas, el tiempo empleado en los trayectos será menor que el consultado en los itinerarios vigentes.

El tráfico de carga en la 1.ª zona es en su mayor parte un tráfico directo.

En los años normales, el movimiento de carga útil en el sentido Valparaíso-Santiago, era el 60% del total; en el año 1917, que es el que sirve de base en el presente estudio, la suma de la carga útil y del peso muerto del equipo ha sido casi igual en ambos sentidos, lo que se explica por la disminución de las importaciones por Valparaíso.

Con los documentos originales del Servicio de Transportes, se ha construido un gráfico (Anexo N.º 8) que representa la carga útil movilizada durante el año 1917, en el sentido Norte-Sur, entre las diversas estaciones de la primera zona y que nos ha servido para determinar el número de trenes de carga necesario para hacer frente al tráfico.

En atención a que la mayor economía en el transporte de la carga se obtiene, dentro de ciertos límites, mediante el empleo de trenes del mayor peso compatible

con las condiciones de la vía y del equipo, hemos elegido como tipo, trenes de carga de 700 toneladas de peso total, que pueden ser arrastrados en toda la 1.ª zona, con excepción de los 19.4 kilómetros comprendidos entre Llay-Llay y la Cumbre, por una sola locomotora a la velocidad de 45 kilómetros por hora; en la cuesta del Tabón el tren será remolcado por una segunda locomotora.

La movilización de carga de 1917, entre Valparaíso-Santiago y Santiago-Valparaíso, puede ser realizada con tres trenes directos diarios de 700 toneladas, en cada sentido, con un tren colector y un tren sobornalero, diarios en cada sentido; estos últimos para satisfacer las exigencias del servicio no necesitan tener un peso superior a 600 toneladas.

La movilización de carga total se puede efectuar por medio de dos pares de trenes de Valparaíso a Los Andes, cuyo peso puede ser muy inferior al del tren de carga tipo.

En el cuadro adjunto se indica la forma en que los trenes previstos pueden satisfacer las necesidades del tráfico en el día medio del mes de mayor movilización.

Trozo	Toneladas útiles que recorren este trozo en un día del mes de mayor tráfico	Toneladas totales que recorren este trozo en un día del mes de mayor tráfico	Toneladas totales que pueden movilizar los trenes previstos que pasan por el trozo considerado.	Observaciones
Valparaíso-Calera	1630	3300	4100	3 trenes de 700=2100 2 " " 600=1200 2 " " 400= 800
Calera-Las Vegas	1760	3550	4100	id. 3 trenes de 700=2100
Las Vegas Llay Llay	1630	3280	3300	2 " " 600=1200
Llay-Llay-Montenegro	1560	3160	3300	id.
Montenegro-Batuco	1610	3260	3300	id. 3 trenes de 700=2100
Batuco-Yungay	1660	3360	3400	2 " " 650=1300

La locomotora de carga adoptada para este servicio es la misma citada al

tratar de los trenes locales. En el Capítulo II se indican con algún detalle las características principales de su funcionamiento.

En las condiciones expuestas, el número de trenes kilómetros de carga de la primera zona se reduce a un 45% del valor correspondiente con tracción a vapor. El número total de trenes que pasan diariamente por el Tabón se reduce a 9 en cada sentido y el tiempo durante el cual está ocupada la vía en el trozo Llay-Llay-La Cumbre es de 6 horas y 12 minutos por día; para llegar a este resultado no ha sido preciso utilizar ninguno de los paraderos que existen en el trozo de línea considerado. De lo expuesto se desprende que el Tabón, que aún con el servicio de vapor puede soportar un tráfico superior al doble del actual, con la tracción eléctrica permitirá realizar una movilización tan considerable, que seguramente no será exigida por las necesidades del servicio antes de unos 30 años, si los incrementos futuros del movimiento de carga en la 1.ª zona siguen la ley que se deduce del estudio del desarrollo del tráfico en el último periodo de explotación normal.

En el servicio de patio se emplearán locomotoras idénticas a las consultadas para el servicio de carga; aunque por su gran potencia y su rendimiento relativamente bajo en los demarrajés, estas locomotoras no son muy adecuadas para el servicio de maniobras, hemos previsto su empleo en atención a que no existen tipos especiales de locomotoras de patio en el sistema trifase. Las líneas electrificadas con este sistema utilizan en este servicio las mismas locomotoras de carga, estimando que los inconvenientes anotados quedan compensados por la disminución del número de tipos de locomotoras usados, y por la rapidez que se obtiene en las maniobras mediante el empleo de máquinas de gran potencia y de un suficiente peso adherente.

En el Anexo N.º 9 se encuentra el detalle del cálculo de la energía necesaria en el hilo de contacto para el movimiento de carga, de pasajeros y para el servicio de patios en la 1.ª zona, en el año 1917, incluyendo el ramal de los Andes. Los valores correspondientes son los que se anotan a continuación; ellos comprenden el trabajo necesario para la movilización del tren y de la locomotora, el aumento de energía exigida por los demarrajés y la disminución debida a la recuperación durante las bajadas.

	Pasajeros kwh.	Carga kwh.	Maniobras kwh.	TOTAL kwh.
Valparaiso Santiago.....	7 040 000	8 440 000		
Ramal de Los Andes.....	622 000	701 000	2 269 000	19 072 000

Como dato ilustrativo indicamos el valor de la energía eléctrica necesaria

para la tracción en las otras zonas con un tráfico igual al de 1917; estos valores no han sido calculados directamente, sino deducidos de las cifras obtenidas para la primera zona.

	Pasajeros y carga. KWH.	Maniobras kwh.	TOTAL kwh.
2. ^a zona. Santiago Talca.....	17 000 000	3 850 000	20 850 000
3. ^a zona. Talca San Rosendo.....	7 840 000		
San Rosendo-Victoria	4 340 000		
Victoria-Talcahuano... ..	1 720 000		
	13 900 000	1 420 000	15 320 000
4. ^a zona. Victoria a Puerto Montt y Valdivia	6 700 000	980 000	7 680 000

Para pasar de los valores de la energía mecánica en el eje de los motores de la locomotora, al valor de la energía eléctrica necesaria en las sub estaciones o en las centrales, hemos tomado los rendimientos medios que se indican enseguida para las líneas de transporte y de contacto, para los electromotores de las locomotoras, para los transformadores de las sub-estaciones y para los generadores y transformadores de la Central.

	RENDIMIENTO	
	a plena carga	a media carga
Generadores eléctricos.....	0.95	0.93
Transformadores elevadores.....	0.97	0.96
Líneas primarias	0.94	0.98
Transformadores de las sub estaciones.....	0.97	0.96
Líneas de contacto.....	0.92	0.98
Electromotores	0.93	0.94

Como todos los elementos no funcionan a la vez al mismo régimen de carga, es natural tomar para el conjunto rendimientos medios. Hemos adoptado los valores siguientes: (1)

Entre el eje de los generadores y el hilo de contacto.....	0.80
Entre el tablero de las centrales y el hilo de contacto.....	0.85
Entre el primario de las sub-estaciones y el hilo de contacto	0.91

En estas condiciones, la energía requerida para el servicio de tracción en las diversas zonas es la siguiente:

	En el tablero de las centrales	En el primario de las sub-estaciones
1. ^a zona.....	23 800 000	20 900 000
2. ^a zona.....	26 100 000	23 000 000
3. ^a zona.....	19 100 000	16 800 000
4. ^a zona.....	9 600 000	8 460 000
Red.....	78 600 000	69 160 000

Para fijar el precio de esta energía, tiene una importancia primordial conocer la relación entre la potencia media y la potencia máxima exigida por el servicio. Con este fin hemos determinado los consumos de energía eléctrica originados por otros servicios distintos de la tracción y hemos trazado el diagrama de la potencia en el hilo de contacto, en el primario de las sub-estaciones y en la central, durante las horas de mayor consumo. Los valores obtenidos para la primera zona son los siguientes: (2)

(1) Los rendimientos deducidos de las experiencias efectuadas en la línea Pontedecimo-Bussalla son superiores a estas cifras.

(2) El consumo de alumbrado previsto es de 100 kw en oficinas y 350 kw en patios; los primeros con un servicio de 730 horas anuales y el segundo con 3 650 horas anuales. El consumo de talleres se ha estimado en 100 kw con 3 650 horas de servicio por año. El consumo total de estos servicios es de 1 700 000 kilowatt hora en los receptores, de 1 870 000 kwh en el primario de las sub-estaciones, y 2 120 000 kwh en el tablero de las centrales.

Energía eléctrica consumida durante un día en la línea de contacto	66 300 Kwh.
Energía eléctrica recuperada durante el día en la línea de contacto	9 500 »
<hr/>	
Diferencia: energía necesaria en el hilo de contacto.....	56 800 »
Potencia media diaria absorbida.....	2 760 KW
Potencia media diaria recuperada.....	400 »
<hr/>	
Potencia media diaria, tomando en cuenta la recuperación.....	2 360 KW
Potencia máxima absorbida en el hilo de contacto sin tomar en cuenta la recuperación.....	6 770 KW
Potencia máxima absorbida tomando en cuenta la recuperación...	6 770 »
Factor de carga sin tomar en cuenta la recuperación...	0,40
Factor de carga tomando en cuenta la recuperación.....	0,35

Se ha indicado separadamente el valor de la energía consumida y del factor de carga, tomando en cuenta la recuperación y sin considerar su influencia. Cuando la energía es suministrada a la tracción por plantas hidro-eléctricas, destinadas exclusivamente a este servicio, si el efecto de la recuperación es solamente disminuir la cantidad de energía eléctrica consumida sin mejorar el factor de carga, su influencia sobre el precio de costo del kilowatthora es casi nulo, ya que éste es formado en su mayor parte por el interés y la amortización de las instalaciones y por otros gastos que dependen más bien de la potencia instalada en la planta que de la energía producida por ella.

Para apreciar el factor de carga en las centrales hidráulicas destinadas al suministro de energía para la tracción eléctrica, debe tomarse en cuenta que los valores máximos de la potencia exigida por el servicio, tienen una duración muy reducida, en general sólo de algunos minutos, y que por lo tanto, pueden ser abastecidos por reservas de agua relativamente pequeñas dispuestas a proximidad de la cámara de arranque de las cañerías surtidoras de las turbinas. Las obras hidráulicas, entre la bocatoma y la cámara de arranque no necesitan por consiguiente ser construídas para el caudal correspondiente al valor máximo de la potencia absorbida por el servicio de tracción, sino para un caudal que podrá acercarse tanto más al valor medio de la potencia consumida, cuanto mayores son las reservas de agua que puedan establecerse en condiciones económicas.

Al proyectar las plantas hidráulicas, es necesario tomar en cuenta los incrementos del consumo debido al aumento del tráfico. Por esta razón las obras se construyen para producir una potencia bastante superior a la exigida en la época en que se inicia el servicio eléctrico y la influencia favorable de la corta duración de los consumos máximos de potencia, solo se hará sentir después de algunos años de explotación, cuando para satisfacer a los aumentos de los pedidos

máximos de potencia, sea suficiente la ejecución de estanques de reserva sin que haya necesidad de recurrir a la construcción de nuevas plantas o a ensanches costosos de las existentes.

Como se ha hecho presente en el Capítulo I, la solución más ventajosa para la Empresa, en cuanto a la provisión de energía eléctrica para la tracción, consiste en comprar la energía a plantas pertenecientes a compañías particulares, que pueden establecerlas para hacer el servicio de distribución eléctrica al público en general, con la base del importante consumo que la Empresa de Ferrocarriles estará en situación de garantizar una vez implantada la tracción eléctrica en una parte de su red; en estas condiciones la Empresa puede obtener la energía a un precio inferior al precio de costo en una planta destinada exclusivamente al servicio de tracción gracias al mejoramiento del factor de carga obtenido por la diversidad de los consumos. Sin embargo, hemos estimado más prudente, para los efectos del estudio comparativo de la tracción a vapor y la tracción eléctrica, considerar como valor de la energía el precio a que podría suministrarla una compañía particular que no tuviera más consumo que el de la tracción eléctrica en la 1.^a zona y a la cual, por razones de seguridad se la obligara a establecer una planta hidráulica y una planta de vapor, cada una de ellas de potencia suficiente para abastecer un consumo superior en un 50 % al correspondiente al servicio de tracción de la 1.^a zona durante el año 1917.

Del estudio de la explotación de estas plantas, se deduce que el precio de venta de la energía eléctrica medida en el primario de las sub-estaciones, debe ser unos \$ 0,04 de 18 d. por kilowatthora.

Como las condiciones de la 1.^a zona no difieren sensiblemente de las del resto de la red en lo que se refiere a facilidades para el establecimiento de plantas hidráulicas, hemos adoptado este precio como uniforme para el cálculo del costo de la energía eléctrica necesaria para el servicio de tracción, que llega a las cifras que se indican enseguida, para un tráfico igual al de 1917.

1. ^a zona	836 000.—	\$ de 18 d.
2. ^a »	920 000.—	»
3. ^a »	672 000.—	»
4. ^a »	338 000.—	»

* *

IV. Personal de locomotoras.— Los libros del Departamento de Tracción y Maestranza, dan como gasto en jornales de los maquinistas y fogoneros ocupados en el año 1917, las siguientes cifras:

Zona	Pasajeros	Carga	Patio	Total
1. ^a zona	276 512	514 658	192 929	984 099
2. ^a zona	263 698	612 183	206 924	1 082 805
3. ^a zona	199 923	534 648	134 321	868 892
4. ^a zona	103 498	267 718	67 870	439 086
Red	843 631	1 929 207	602 044	3 374 882

El recorrido de las locomotoras este mismo año ha sido

Pasajeros	Carga (1)	Patio	Total
4 861 000	11 452 000	4 636 000	20 949 000

El kilometraje de las locomotoras de patio que ha sido calculado sobre la base de una velocidad de 10 kilómetros por hora durante el tiempo de servicio, es exagerado. De las observaciones efectuadas sobre las locomotoras de maniobra y contenidas en el Anexo N.º 6, se deduce que el recorrido real no debe haber excedido de 1 533 000 kilómetros.

El gasto en jornales de maquinistas y fogoneros de locomotoras de tren y de locomotoras de maniobra, deberá ser aumentado en la suma de \$ 340 000-para un tráfico igual al de 1917, de acuerdo con el programa propuesto por el Departamento de Tracción y Maestranzas, con el fin de dar cumplimiento al Decreto Supremo sobre reducción del número de horas de trabajo de este personal. La suma indicada se descompone como sigue:

Maquinistas y fogoneros de trenes de pasajeros.....	0
» » » de trenes de carga.....	220 000.—
» » » de locomotoras de remolque.....	49 000.—
» » » de locomotoras de patio.....	71 000.—
	\$ 340 000.—

(1) Incluyendo 694 000 locomotoras kilómetros de trenes mixtos y 1 618 000 locomotoras kilómetros de remolque y 936 000 locomotoras kilómetros de trenes lastrosos.

La suma correspondiente al tráfico de 1917, después de introducidas estas reformas serán las siguientes:

Pasajeros	\$	843 631.—
Carga, incluyendo remolques		2 198 297. —
Patio		673 044. —
		<hr/>
	Total \$	3 714 882.—

La comparación del gasto en maquinistas y fogoneros en nuestra red central con el correspondiente a otros ferrocarriles, nos hace ver que en esta partida puede introducirse algunas economías conservando la tracción a vapor.

Los salarios del personal de locomotoras ocupado en la empresa son sensiblemente proporcionales al tiempo empleado en el servicio: los sobre tiempos y las primas por economía de combustible no tienen una influencia apreciable en el total.

El empleo de locomotoras de vapor de mayor potencia que las actuales permitirá o bien reducir el número de trenes de carga necesarios para una movilización determinada, y por lo tanto disminuir el personal de locomotoras destinado a este servicio, o bien, conservando el peso de los actuales trenes, permitirá aumentar su velocidad media reduciendo el tiempo de servicio del mismo personal.

La influencia de este aumento de potencia en las locomotoras será mucho menos sensible en los salarios de los maquinistas y fogoneros del servicio de pasajeros y de patio.

Por otra parte, examinando los recorridos medios diarios de un equipo formado por un maquinista y un fogonero de los servicios de pasajeros y de carga, se observa que éstos son muy reducidos en comparación con los que indican las estadísticas de otros ferrocarriles. Así, por ejemplo, según las hojas del kilometraje del Departamento de Transportes y las planillas de pago del Departamento de Tracción, los equipos formados por un maquinista y un fogonero han hecho durante el año 1917 en la 1ª zona un recorrido medio diario de 90 kilómetros.

En los Ferrocarriles de los Estados Unidos, durante los años 1913 y 1914, las cifras medias correspondientes al conjunto de las empresas del Este, del Sur y del Norte, para los servicios de carga y pasajeros, son las que se indican en el cuadro siguiente:

Recorrido medio diario del personal de locomotoras de pasajeros y carga en los años	F. C. del Este	F. C. del Sur	F. C. del Oeste
1913	134 Km.	149 Km.	137 Km.
1914	134 »	156 »	147 »

Los reducidos kilometrajes recorridos por el personal de locomotoras en nuestra red provienen en gran parte de que en las planillas de pago de tracción figuran como maquinistas y fogoneros, operarios que se ocupan de otros trabajos o que están fuera de servicio. Un examen detenido de las planillas (1) de la 1.^a zona nos ha demostrado que el exceso de gasto que aparece cargado al ítem de maquinistas y fogoneros, puede estimarse en un 25 % del total.

Las cifras de gastos deberán reducirse en esta proporción para la 1.^a zona; para las demás puede admitirse aproximadamente la misma corrección. A la disminución de los gastos del personal de locomotoras provenientes de esta causa, que puede evidentemente hacerse desaparecer conservando la tracción a vapor, hay que agregar, como ya se ha dicho, la que puede obtenerse mediante la disminución del número de trenes de carga necesarios para realizar la misma movilización empleando locomotoras de mayor potencia. La influencia que puede tener en la 1.^a zona el uso de las locomotoras Mikado queda representado aproximadamente por una economía de 10 % sobre el total de los jornales del personal.

Aplicando a las demás zonas sobre las cuales no se ha hecho un estudio especial, los resultados obtenidos para la 1.^a, se tendrá, que con la tracción a vapor, los gastos del personal de locomotoras podrán reducirse a las cifras siguientes:

(1) Anexo N° 10.

ZONA	Gasto en personal de locomotoras en 1917	Aumento exigido por el Dto. sobre duración del trabajo	Disminución debida a la de las planillas	Disminución que es posible obtener empleando loc. de mayor potencia	Gasto que se ha tomado en cuenta en el presente estudio
1 ^a	984 000	100 000	246 000	84 000	754 000
2 ^a	1 083 000	113 000	270 000	93 000	833 000
3 ^a	869 000	76 000	217 000	73 000	655 000
4 ^a	439 000	51 000	110 100	38 000	342 000
Red	3 375 000	340 000	843 000	288 000	2 584 000

La tracción eléctrica permite reducir considerablemente los gastos del personal de locomotoras.

Gracias al gran aumento de potencia que se obtiene con el nuevo sistema de tracción, puede a la vez disminuirse el número de los trenes de carga y aumentar su velocidad media en tal forma con respecto a la situación presente, que el personal necesario puede reducirse al 30 % del que se emplea realmente en la actualidad para realizar la misma movilización.

En el servicio de pasajeros, la economía no es tan considerable, por la necesidad de conservar el mismo número de trenes. Sin embargo, el aumento de la velocidad media permite obtener reducciones apreciables.

En el servicio de maniobras, se realiza una economía de importancia mediante la disminución del número de locomotoras, que se consigue por el empleo de máquinas de mayor potencia, y por la supresión de uno de los dos operadores de la locomotora, lo que, aunque en rigor podría hacerse también en las de pasajeros y de carga, por razones de seguridad sólo se admite en las locomotoras destinadas al servicio de patio.

El estudio del turno de locomotoras y del personal de la 1.^a zona, para el servicio eléctrico, permite fijar el monto de la partida «Personal de Locomotoras», para un tráfico igual al de 1917 y con los mismos jornales y suplementos debidos a licencias y a otras causas, en la zona de \$ 382.000—m. c.

Admitiendo para las otras tres zonas la relación obtenida para la 1.^a se obtienen los valores que se indican en seguida:

1. ^a Zona.....	\$ 382 000	m/c.
2. ^a »	» 424 000	»
3. ^a »	» 288 000	»
4. ^a »	» 190 000	»
Red.....	1 284 000	»

*
* *

V. *Gastos de casas de máquinas*.—Esta partida comprende los jornales del personal ocupado en recibir, inspeccionar, limpiar y caldear las locomotoras, en la maniobra de tornamesas y en los trabajos diversos de las casas de máquinas, como extracción de cenizas, por ejemplo. Comprende además los gastos en materiales requeridos por estos servicios, con excepción de lubricantes y del carbón, cuyo costo, como así mismo el de la encarbonadura del tender se carga a partidas especiales.

Las reparaciones ligeras que se efectúan en las casas de máquinas no corresponden a este ítem sino al de «Reparación y conservación de locomotoras». Los sueldos de los jefes de las casas de máquinas y de sus ayudantes, no están comprendidos en esta partida.

Según los libros del Departamento de Tracción y Maestranza, los gastos de casas de máquinas ascendieron en el año 1917 a las sumas que se indican a continuación:

ZONA	Gasto total en \$ m. c.	N.º de locomot.	Gasto por locomotora
1. ^a	260 891	126	2 060
2. ^a	357 540	147	2 430
3. ^a	181 280	155	1 170
4. ^a	162 830	73	2 200
Red	962 541	501	1 920

La unidad que debe servir para establecer comparaciones en gastos de esta naturaleza, es el número de locomotoras atendidas en las casas de máquinas; como lo demuestra la 3.^a columna del cuadro anterior, el gasto por locomotora es

sensiblemente el mismo en la 1.^a, 2.^a y 4.^a zonas; el valor indicado para la 3.^a zona está seguramente afectado de un error proveniente de la defectuosa reglamentación actual sobre clasificación de gastos.

El gasto medio de las casas de máquinas de la red central por locomotora servida, es comparable con el que se deduce del estudio de esta partida en otros ferrocarriles.

En efecto, la suma gastada diariamente por locomotora atendida en las casas de máquinas de los ferrocarriles norteamericanos ha sido en los años 1913 y 1914, el que se indica a continuación:

	1913 (dollars)	1914 (dollars)
FF. CC. del Este	2 02	2 10
» » Sur	1 86	1 90
» » Oeste	2 31	2 20

En nuestra red central, descontando la 3.^a zona, el gasto diario ha sido de \$ 5,30 moneda corriente.

Aunque las estadísticas americanas no indican de una manera precisa el jornal medio del personal de casa de máquinas, de los datos contenidos en un prolijo estudio del señor G. Henderson sobre esta cuestión se desprende que este jornal medio es de 1.80 a 2 dollars. Las listas de pago del personal de tracción de la Empresa, dan como jornal medio de los operarios de nuestras casas de máquinas \$ 5.10 m. c. Como la mayor parte de los gastos de esta partida es formada por jornales, introduciendo este elemento en la comparación, podemos llegar a establecer que el costo de nuestro servicio de casas de máquinas, por locomotora atendida, es sensiblemente igual al de los ferrocarriles Norté-Americanos.

Los gastos de que nos ocupamos deben ser aumentados en la suma de \$ 161 000.— para un tráfico igual al de 1917, en conformidad con el programa propuesto por el Departamento de Tracción y Maestranza para dar cumplimiento al decreto supremo sobre reducción de horas de trabajo. Para los efectos de nuestro estudio comparativo, no hemos tomado en cuenta este mayor gasto, por estimar que debe quedar compensado en gran parte por la disminución que, en el monto de la partida de que se trata, puede obtenerse por la reducción del número de locomotoras de vapor necesarias para realizar el mismo servicio, reducción a que se puede llegar mediante la adopción de locomotoras de mayor potencia que las actuales.

Con la tracción eléctrica, la partida de «Gastos de Casas de Máquinas» puede reducirse en una fuerte proporción.

El número de locomotoras para igual tráfico es mucho menor que en el servicio de vapor, por su mayor potencia y por el mayor kilometraje diario que pueden recorrer.

Analizando las operaciones realizadas en la casa de máquinas, el Sr. G. Henderson ha llegado a establecer que el gasto total efectuado en ellos se descompone como sigue:

Recibidores y despachadores de locomotoras	25. %
Tornamesas	2,5%
Limpiadores de perillas y evacuación de cenizas	7,5%
Limpiadores de locomotoras	25. %
Inspectores de locomotoras	7,5%
Caldeadores	5. %
Despertadores	2,5%
Lavadores de calderos	25. %

	100. %

Del examen de los ítems parciales, se desprende que algunos de ellos desaparecen y otros disminuyen de importancia. Así, por ejemplo, la recepción y el despacho de las locomotoras eléctricas y la lijera inspección que se realiza después de cada viaje, requiere con la tracción a vapor un personal especial, que puede economizarse y que en el hecho se ha suprimido en algunas líneas electrificadas.

La maniobra de las tornamesas se reduce algo con las locomotoras eléctricas y se suprimen completamente la limpia de parrillas, el lavado de calderos, la extracción de las cenizas y el trabajo de los caldeadores.

Del estudio practicado sobre esta materia por el Señor Kabler (1) se deduce que con tracción eléctrica el gasto de casas de máquinas por locomotora, no puede exceder de 33% del valor correspondiente a la tracción a vapor.

Los datos del ferrocarril eléctrico New York Central, indican una reducción del costo de este mismo servicio, a un 16% de su valor con servicio de vapor.

El estudio publicado por el Señor Murray (2) sobre los resultados de la explotación eléctrica del New York, New Haven and Hartford, Railroad indica un gasto en casas de máquinas, por día y por locomotoras eléctrica, de 0,55 dollars. Según las estadísticas de la Interstate Commerce Commission, esta misma empresa

(1) Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.—1913.

(2) Transactions of the American Institute of Electrical Engineers.—1915.

ferroviaria tenía, con la tracción a vapor, un gasto diario por locomotora en este servicio de 2,74 dollars; el costo con tracción eléctrica se redujo por lo tanto a un 20% del valor correspondiente con tracción a vapor.

Para los efectos de nuestro estudio, hemos considerado que el gasto en casas de máquinas por locomotoras y por día, será reducido con tracción eléctrica a un 50% del valor computado para la tracción a vapor o sea \$ 2.65 moneda corriente.

El número de locomotoras eléctricas necesario para el servicio de la 1.^a zona, y para un tráfico igual al de 1917 es, según el estudio contenido en el Anexo N.º 10, de 45; el gasto anual en casas de máquinas con tracción eléctrica será, por consiguiente; de \$ 44000,—en la 1.^a zona (1) Haciendo extensiva la proporción a las demás zonas, tendremos que los gastos correspondientes a esta partida con tracción eléctrica y con tracción a vapor, serán los indicados en el cuadro siguiente:

ZONA	Tracción a vapor	Tracción eléctrica	Diferencia
	M. C.	M. C.	M. C.
1. ^a	261 000	44 000	217 000
2. ^a	358 000	63 000	295 000
3. ^a	181 000	37 000	144 000
4. ^a	163 000	24 000	139 000
Red	963 000	168 000	795 000

* *

VI. Agua para locomotoras.—Esta partida que se suprime totalmente con la tracción eléctrica, representa para la Empresa en el año 1917, las sumas que se indican a continuación:

(1) Esta cifra no comprende, como ya se ha dicho, los gastos originados por el personal a sueldo de las casas de máquinas.

	Jornales	Combustible	Agua comprada (1)	Total
1. ^a zona	31 300	55 800	48 200	135 300
2. ^a zona	34 200	53 100	78 000	165 300
3. ^a zona	44 100	135 200	35 000	214 300
4. ^a zona	43 000	32 600	18 000	93 600
Red.	152 600	276 700	179 200	608 500

*
* *

VII. Lubricantes para locomotoras. — Esta partida de gastos se reduce considerablemente con el establecimiento de la tracción eléctrica, en primer lugar por la disminución del número de locomotoras-kilómetros requeridas por el mismo tráfico; y en segundo lugar por el menor consumo por locomotora-kilómetro de las locomotoras eléctricas con respecto a las de vapor.

En el año 1917, el gasto de materiales correspondiente a esta partida fué el que se indica en seguida:

	Aceite máquinas		Aceite cilindros		Hilachas		Total \$ Oro
	kgs.	\$ Oro 18 d.	kgs.	\$ Oro 18 d.	kgs.	\$ Oro 18 d.	
1. ^a zona	85 472	32 900	41 389	17 600	12 513	12 000	62 500
2. ^a »	124 550	47 900	77 030	32 800	16 840	16 100	96 800
3. ^a »	79 200	30 500	47 150	20 000	23 700	22 700	73 200
4. ^a »	34 780	13 400	20 200	8 600	311 150	10 600	32 600
Red							265 100

(1) Este valor comprende el costo de la energía eléctrica gastada en las bombas de las aguadas.

(2) Monto del presupuesto para 1917; las cuentas no están completas.

Esta suma no se altera sensiblemente si se aplican a las cantidades de lubricantes consumidos, los precios unitarios de épocas normales.

El número de locomotora-kilómetros exigidos por el tráfico en tracción eléctrica en la 1.^a zona es de 2298600 y el valor correspondiente en tracción de vapor fué de 3633791, adoptando en ambos casos como recorrido de las locomotoras de patio el deducido de las experiencias a que se refiere el Anexo N.º 6, La relación entre ambos valores es 0,64.

El consumo de lubricantes por locomotora kilómetros se reduce en la tracción eléctrica a un 35% del consumo con tracción a vapor, según se desprende de los datos publicados por diversas empresas ferroviarias que han establecido el servicio eléctrico. (1)

Los datos sobre las locomotoras trifases del Estado italiano indican un consumo de \$ 0.014 de 18 d. por locomotora kilómetro. Adoptando esta última cifra, el gasto de lubricantes para locomotoras se reducirá con tracción eléctrica para un tráfico igual al de 1917, a las cifras siguientes:

	Tracción a vapor \$ de 18 d.	Tracción eléctrica \$ de 18 d.	Diferencia \$ de 18 d.
1. ^a zona	62 500.—	32 000.—	30 500.—
2. ^a zona... ..	96 800.—	50 000.—	46 800.—
3. ^a zona.	73 200.—	38 000.—	45 200.—
4. ^a zona.....	32 600.—	17 000.—	15 600.—
Red	265 100.—	137 000.—	138 100.—

(Continuad).

(1) La memoria del F. C. Butte, Anaconda Pacific, publicada en la General Electric Review, 1915 contiene los datos siguientes:

Tracción a vapor 1914, consumo por loc. k. en lubricantes \$ 0.0088 dollars

» eléctrica 1914	id.	id.	id.	id.	0.0027	»
» a vapor 1915	id.	id.	id.	id.	0.0087	»
» eléctrica 1915	id.	id.	id.	id.	0.0029	»
» a vapor 1916	id.	id.	id.	id.	0.0070	»
» eléctrica 1916	id.	id.	id.	id.	0.0020	»