Tomo XII 15 de Setiembre Núm. 80

ANALES DEL INSTITUTO DE INGENIEROS

SUMARIO: Los esfuerzos de traccion de las líneas férreas segun su equipo, por Domingo V. Santa Maria.—Condiciones jenerales que debe satisfacer un proyecto de muelle para gabarras, por Domingo Casanova O.—Bibliografía.

LOS ESFUERZOS DE TRACCION

De las lineas férreas segun su equipo

Siendo los gastos de traccion los que jeneralmente representan hasta un 30% del total de los ocasionados por la esplotacion en las líneas férreas, he creido con verdadera importancia o de actualidad, ya que el servicio de las líneas del estado pasa por un período crítico, en el cual sus entradas no son bastante es para atender sus gastos, hacer un resúmen de las últimas esperiencias practicadas para determinar los esfuerzos de traccion que se necesitan para arrastrar una tonelada i el consumo de carbon que este arrastre exije, haciendo notar las consecuencias, algunas de las cuales son verdaderas reglas a que deben someterse las administraciones cuando se quieren hacer economias en el ramo de traccion. Por lo demas, he completado este resúmen con algunas aplicaciones a nuestras líneas i lo he comparado con los datos de las estadisticas del último año, completando asi el resúmen técnico con datos prácticos.

De las esperiencias hechas últimamente para determinar los esfuerzos de traccion, por M. de Laborriette en 1882, en el ferro-

carril del Norte de Francia, con trenes de ensayos de 400 a 600 toneladas i con velocidades de 25 a 55 kilómetros por hora, se obtuvo que esta resistencia podia ser representada por una curva parabólica cuya ecuacion es:

$$R = 1.45 + 0.0000\ r \qquad (1)$$

o bien aproximativamente:

$$R = 0.07\ r \qquad (2)$$

Como actualmente los trenes de pasajeros caminan con velodad mui superior a 55 K. por hora, se trató de verificar si aumentando la velocidad, aun era aplicable la fórmula anterior; por otra parte, las esperiencias de M. Laborriette fueron hechas, la mayor parte con trenes de carga i aunque sus fórmulas se aplicaron despues para determinar la resistencia a la traccion de toda clase de trenes, lo que no es mui lójico, i por consiguiente, ya que se trataba de verificar por nuevas esperiencias dinamométricas, la resistencia a la traccion de trenes marchando con una velocidad mayor que 55 K por hora i que estas velocidades son adquiridas por trenes de pasajeros esclusivamente, era natural que los convoyes sobre los cuales se hicieran fueran constituidos con equipo de pasajeros i con una composicion semejante a la de los espresos.

Estas esperiencias hechas durante un período de cuatro años, desde el año 1891 hasta fines de 1895, por Mr. M. Barbier sobre un gran número de trenes regulares remolcados por locomotoras Conpound, han dado los siguientes resultados:

Resistencia de los wagones de dos ejes (coches de los que nosotros llamamos tipo ingles).—Las esperiencias se han hecho con trenes cuya composicion ha variado de 120 á 210 toneladas, no contando el peso de las locomotoras i ténder, es decir, como peso del convoi de wagones del tren de prueba, o

sea un término medio de 160 toneladas, lo que representa un convoi de 15 coches de dos ejes.

Los ensayos han sido hechos en todas las estaciones para poder tomar en cuenta la influencia de las variaciones atmoféricas, etc. i deducir de ellas un término medio que corresponda a la práctica ordinaria, considerando las velocidades entre 60 i 115 K., por cuanto no se tomaron en cuenta al formar los cuadros las observaciones que se hicieron con velocidades inferiores a 60 K. ni las que se hicieron con 115 i 120 K. por ser mui poco numerosas. Ellas han dado por resultado, representando las velocidades por absisas i las resistencias por toneladas de tren remolcado en coordenadas, curvas cuya ecuacion se aproxima a la de una parábola i que tienen la forma siguiente:

$$R = 1.6 + 0.023r + 0.00046r^2 \qquad (3)$$

La constante de 1.6 K. representa las diversas resistencias fijas, propias de los coches de las cuales el frotamiento de los ejes es la mas importante; despues la influencia de la velocidad interviene en los dos últimos términos, por cuanto se ha demostrado que la resistencia crece con la velocidad, primero; por la accion del aire sobre los vehículos, que es el factor preponderante de laresistencia con grandes velocidades i el que provoca la introduccion del término de segundo grado en la fórmula anterior; i en segundo lugar, por los movimientos laterales que le imprime a los vehículos, el que se encuentra considerado particularmente en el término de primer grado de la fórmula.

El señor Barbier no ha querido hacer figurar en la fórmula un término especial para tomar en consideracion la composicion del convoi, por cuanto en este caso, tratándose esclusivamente de trenes de pasajeros, las dimenciones de las cajas de los coches o sus galibos trasversales, cambian mui poco. Esta circunstancia tiene una influencia marcada en los trenes de

carga, donde la forma de los wagones i sus galibos son sumamente variados, de modo que muchas veces, despues de un cierto número de wagones en cajas cerradas, de los que nosotros llamamos bodegas, viene otra série de wagones planos, con una seccion trasversal casi nula, para continuar con otra série de wagones cerrados, volviendo a presentarse en estos puntos como superficie espuesta directamente al choque del viento, toda la caja de los wagones.

Estos hechos no pasan en los convoyes de pasajeros, donde su composicion es mas o ménos uniforme i por consiguiente, no se producen en su intermedio nuevas superficies de choques directos al viento. Por otra parte, las esperiencias hechas en 1880, en los trenes de pasajeros del Este de Francia, demostraron prácticamente que la composicion del tren no influia de una manera apreciable en la resistencia por tonelada remolcada.

Para los usos prácticos la ecuacion (3) se ha reemplazado por una mas sencilla i que da resultados casi equivalentes:

$$R = 1.6 + 040\ r \left(\frac{r + 50}{1000}\right) \qquad (4)$$

El señor Barbier ha hecho despues una comparacion curiosa por sus resultados, entre la fórmula (1) obtenida en 1882, basándose en las esperiencias hechas con renes de carga i con velocidades comprendidas entre 25 i 55 K. por hora i la obtenida por sus esperiencias sobre trenes de pasajeros, comparando las dos entre límites que no se alejen mucho de la práctica, i por consiguiente' entre los cuales las fórmulas pueden considerarse como aplicables.

Con la comparacion de dichas fórmulas form ó el cuadro siguiente:

Velocidades en K. por hora	RESISTENCIA POR TONELADA	
	Trenes de pasajeros	Trenes de carga
	K	K
	1.45	1.60
45	3.07	3.57
50	3.45	3.85
55	3.87	4.25
60	4.33	4.63

Aparece a primera vista una anomalia, que los trenes de pasajeros ofrecen mayores resistencias que los de mercaderia o carga. Este hecho ya lo habian notado varios injenieros alemanes que habian practicado estudios dinamométricos sobre los trenes de pasajeros, aunque no habian llegado a traducirlos en una fórmula aplicable a la práctica. No obstante, este aumento deresistencia a la traccion de los coches tiene una esplicacion mui natural, que tambien ha sido puesta de manifiesto por las observaciones hechas durante cuatro años en los trenes del norte frances i recopiladas i traducidas por Mr. Barbier, i es la siguiente:

En primer lugar el diámetro en la parte que se encaja en las cajas de grasa, es menor en los wagones que el de los coches i vehículos de pasajeros. Así, en el Norte Frances, es en término medio de $85^m/_m$ para los vagones i de 100 a $110^m/_m$ para los coches, de modo que, con el mismo diámetro de ruedas, $950^m/_m$ término medio, la relacion $\frac{r}{R}$ del radio del eje al de la ruedas es de 0.08 a 0.105 a 0.115, lo que naturalmente au-

menta en la misma proporcion el esfuerzo necesario para vencer el frotamiento de los ejes en los trenes de pasajeros.

Por otra parte, en las esperiencias hechas el año 1882 por Mr. Laborriette, los trenes de mercaderias sobre las cuales operaba tenian un largo casi doble del de los convoyes de pasajero sobre las cuales se ha esperimentado ultimamente. Esos convoyes de carga fueron compuestos por wagones de cajon de tamaño mas o ménos semejante sobre los cuales la accion de la resistencia del aire tenia un brazo de palanca menor que sobre los coches de pasajeros con cajas mas altas. *Por estas razones la resistencia a latraccion por tonelada en igualdad de velocidad debe ser un poco mas débil en los trenes de mercaderias.*

Para completar la fórmula anterior i hacerla estensiva a las aplicaciones prácticas, hai que hagregar los términos correspondientes a las resistencias de las pendientes i a los rosamientos por cuanto las fórmulas anteriores solo dan la resistencia a la traccionpor tonelada de tren i *horizontal*, i en esa condicion se han hecho todas las esperiencias, términos que son ya mui conocidos. Sinembargo, voi a llamar la atencion a una observacion que se deduce tambien de las esperiencias anteriores i que a mi juicio tiene bastante importancia para la consideracion de las pendientes, ya que nosotros por la configuracion de nuestro territorio nosvemos obligados a adoptar en nuestros trazados pendientes de alguna consideracion.

El término que representa el mayor aumento de resistencia por tonelada remolcada de tren i por milímetro de pendiente es mui conocido, es sensiblemente igual a un kilógramo por milímetro de pendiente siendo esta representada por metro de ahí la fórmula $R'=R\pm i$ siendo i positivo para las gradiente i negativo para la pendiente.

Sin embargo, las esperiencias demostraron que la resistencia total R' calculada en gradientes era siempre inferior ala que se obtenia aplicando la fórmula anterior, miéntras que en pendientes era siempre inferior a la verdadera resistencia. Este

hecho había sido ya señalado por Mr. Couche i no obtuvo esplicacion. Ahora se ha visto que este hecho de diminucion de resistencia, descontando la parte correspondiente a la accion de la gravedad enuna gradiente i que se constata *a igualdad de velocidad* cuando se pasa de una gradiente a una horizontal o a una pendiente, *proviene de las diferentes condiciones que se ejercen en la traccion segun la naturaleza del perfil.*

En las pendientes hai diminucion del esfuerzo de traccion, los enganches de los wagones estan ménos tirantes, casi sueltos, provocan choques, movimientos laterales, etc. a veces mui bruscos i aislados en cada wagon; por consiguiente, el esfuerzo de traccion no puede disminuir en la misma proporcion que los milímetros de la pendiente. En las gradientes, por el contrario, la tension del tren es mas pareja i sus enganches no provocan choques, etc.—Las observaciones hechas han demostrado que es necesario afectar al término *i* de un coeficiente inferior a la unidad para tomar en consideracion las influencia de los movimientos laterales o de los choques, etc.

Este coeficiente es de 0.9, cuando las inclinaciones de las gradientes o pendientes varian entre—5 i+5 $^{m}/_{m}$ por metro; i por consiguiente la fórmula que dá la resistencia a la traccion por tonelada de tren, tomando en cuenta las inclinaciones del perfil de la vía entre—5 a + 5 $^{m}/_{m}$ por metro será:

$$R=R=0.9\ i,$$

Como el uso de los coches de sistema americano se jeneraliza cada dia, mas i mas, en los trenes de pasajeros de grandes velocidades, el ferrocarril del Norte frances hizo hacer tambien una série de esperiencias dinamométricas sobre trenes con coches convoyes, las que fueron encomendadas a Mr. de Bousquet, injeniero en jefe del material de traccion, las que se hicieron en Setiembre de 1895 con el material de la Compañia internacional de los wagones-camas. Los trenes se compo-

nian de *(Seepling-carts)* carros dormitorios de 30 toneladas de peso cada uno i el tren tenia 206 toneladas, no contando el peso de la locomotora ni del ténder. Solo un viaje se hizo con el tren de 175 toneladas como peso del convoi.

Las esperiencias se hicieron en línea recta i sobre horizontal i con velocidad constante. Los resultados de ellas representados gráficamente dan una curva cuya ecuacion es la siguiente:

$$R = 1.6 + 0.456\ r \left(\frac{r + 10}{1000}\right) \ldots (5)$$

Comparando los resultados de esta fórmula, con la dada anteriormente para coches de dos ejes con cuatro ruedas, (sistema ingles) se obtiene el cuadro siguiente:

Velocidades en K por hora	Resistencia por tonelada		Diferencia a favor del material con voguie
	Material de dos ejes	Material con voguie	
	K	K	K
Mui débil	1.60	1.60	0.00
60 K	4.60	3.52	1.11
70	5 46	4.15	1.29
80	6.38	4.88	1.48
90	7.40	5.70	1.68
100	8.50	6.62	1.86
110	9.70	7.62	2.05
115	10.33	8.16	2.14

Se ven en el cuadro anterior las ventajas del material con voguies, despreciable cuando la velocidad es débil, por cuanto la resistencia propia de los vehículos debida particularmente al rozamiento de los ejes, es senciblemente la misma en ambos casos a consecuencia de la igualdad de las relaciones de los diámetros de los ejes al de las ruedas, pero que aumenta progresivamente con las velocidades. La causa principal de esta superioridad es la disminucion del número de intervalos que existe entre los coches,en la composicion de un tren con material con voguies al de un tren con material de dos ejes, de tal manera que, la influencia del choque del aire sobre las superficies planas de las sec-

ciones trasversales de las cajas es mucho ménos en los trenes de material con voguies que en el tren con material de dos ejes: por otra parte la base de suspension de los coches con voguies es mucho mayor i los movimientos laterales tienen amplitudes menores, i por consiguiente su rodar es mas suave que el de los coches de dos ejes.

La relacion entre R_2 i R^1 de las resistencia a la traccion por tonelada de tren en la horizontal i con velocidades variando entre 60 a 115 K., por hora, varía de 0.76 a 0.79, es decir, la disminucion del esfuerzo en los trenes con material tipo americano, en mas o ménos 20%.

Este mismo resultado se encuentra comprobado con las esperiencias dinamométricas hechas en el ferrocarril del Este francés por Mr. Desdonit, el cual estima que la ganancial que procura en la disminucion del esfuerzo de traccion el material con voguie sobre el de dos ejes, varía entre un 25 a un 30%. La diferienciaentre las cifras obtenidas en las esperiencias hechas en el ferrocarril del Norte i las del Este francés resulta de las diferentes con diciones de esperimentaciones i sobre todo respecto al tipo decoches, puesto que, la compañia del Norte esperimentó con el equipo de la Compañia internacional de los *coches-camas* que son de gran peso.

La influencia de la clase de material se hace aun mas notable si tomamos en cuenta las pendientes, lo que nosotros no podemos ménos de tomar en cuenta dados los perfiles de nuestras líneas: i estas esperiencias vienen a demostrar claramente i a resolver una vez por todas la famosa cuestion de la clase de equipo mas conveniente para nuestros trenes, cuestion fué esta que se combatió de una manera acalorada hace ya años por las superintendencias de las líneas de Santiago a Valparaiso i de Santiago al Sur. Despues fué motivo de varios estudios e informes sobre el particular, en los cuales se dejaba constancia siempre de la conveniencia del material tipo americano; pero la rutina, la tendencia egoista de estar en comparti-

mentos aislados, etc., hizoque, apesar de todo, los coches tipo inglés se mantuviesen en servicio contra todas las ventajas que se presentaban en fa-vor del uso de un equipo mas adecuado. Ahora, con los resultados de las esperiencias de traccion i teniendo en vista la gran disminucion del esfuerzo de traccion que ocasiona el material con voguies, es de esperar que la Direccion de los Ferrocarriles del Estado no siga cometiendo el error de continuar reconstruyendo carros niwagones de dos ejes sino para casos mui determinados. Haciendo un cálculo cualquieravemos que la relacion entre el esfuerzo detraccion que exije la tonelada de tren remolcado, con convoyes compuestos de dos ejes, comparada con otro con coches con voguies es bastante superior a medida que la pendiente aumenta. Así, por ejemplo, para una velocidad de 60 K por hora i con línea con pendiente de $5^m/_m$ tendremos:

$R_1 = 4.^k636 + 0,9 \times 5 = 9.136$ para tren con coche de dos ejes.

$R_2 = 3.315 + 09 \times 5 = \underline{7.815}$ para trenes con coches con voguies.

Diferencia: 1.321

miéntras que en horizontal la diferencia a favor de los coches con gvouies es solo de $1.^k11$ con la velocidad de 60 K por hora.

Si consideramos una pendiente de $28^m/_m$ como es la del Tabon i una velocidad solo de 40 K por hora, puesto que en la práctica en esta seccion de línea no se admiten velocidades superiores a los trenes de pasajeros, tendremos.

$R_1 = 3.256 + 0,9 \times 28 = \overset{K}{28}.456$ equipo de 4 ruedas

$R_2 = 2.512 + 0,9 \times 28 = \underline{\overset{K}{27}.712}$ voguies

Diferencia 0.714

Se ve que en este caso la diferencia es menor, puesto que el factor velocidad que es el mas influyente en la diferencia ha disminuido. Pero si bien en las fuertes gradientes que tienen que ser recorridas con poca velocidad, la diferencia se hace poco notable, en el resto de la línea que tiene inclinaciones que oscilan entre 5 a 10 $^{m}/_{m}$ i que son recorridas con fuertes velocidades, la diferencia como hemos visto es notable. Estas mismas observaciones se hacen aplicables a los trenes de carga cuando se les acelera su marcha, como suele pasar en épocas de fuertes acarreos.

Así como las esperiencias anteriores demostraron la enorme economia que se consigue en los esfuerzos necesarios para la traccion de una tonelada de tren, segun que los convoyes estén formados con coches de cuatro ruedas o con voguies, demostrando con ello la superioridad del equipo llamado tipo americano sobre el llamado tipo ingles; por el contrario, las esperiencias hechas con relacion al carbon consumido por las locomotoras por caballo o por hora, han demostrado la superioridad de las locomotoras europeas sobre las americanas. Así es que, de las esperiencias se deduce que el equipo americano economiza traccion disminuyendo el esfuerzo que hai que desarrollar para el arrastre de tonelada de tren; pero la locomotora americana consume mas carbon por hora para desarrollar i mantener el esfuerzo necesario. De ahí que las repetidas esperiencias que se hicieron entre nosotros, tomando los convoyes en conjunto, uno con equipo i locomotoras tipo ingles i los otros con equipo i locomotoras tipo americano, daban resultados tan aproximados i que dieron lugar a tanta controversia. Lo que el equipo de 4 ruedas exijia de mayor traccion se compensaba con el menor gasto de la locomotora; i lo que el equipo americano economizaba en esfuerzo de traccion lo perdia en el mayor gasto de combustible que exijia su máquina para remolcarlo i los consumos de carbon, etc., despues de los viajes de pruebas, i por consiguiente, los cos-

tos quedaban casi compensados. Hoi ya no pasaria eso, ya se sabe que la dis posicion i superficie del hogar de las locomotoras americanas son las que motivan su mayor consumo, con respecto a las locomotoras europeas, donde se han preocupado desde hace mucho tiempo de hacer que las locomotoras produzcan su mayor esfuerzo con el menor consumo posible.

Los injenieros americanos se preocupan actualmente de estas cuestiones, por cuanto ellos estiman que el consumo de combustible de sus locomotoras es el que ocasiona el 30.7% de sus gastos de traccion.

Como es natural, este hecho ha llamado mucho la atencion en Estados Unidos i el profesor Goss de la Universidad de Purdue ha hecho una série de esperiencias para determinar las causas de este mayor consumo de carbon de las locomotoras americanas, i se ha visto que a consecuencia del desarrollo del tráfico, el peso i velocidad de los trenes ha aumentado notablemente, sin que el aparato motor haya recibido las mejoras correspondientes; i esta es una de las principales causas del consumo de las locomotoras americanas. El peso de los trenes de pasajeros llega actualmente a 500 toneladas en algunos casos, i los trenes de mercaderias a 1,000 t. i a veces mas; i hai que hacer marchar estos trenes con velocidades superiores a las que se exijian ahora 15 años atras. A pesar de esto, la locomotora americana conserva jeneralmente su antiguo tipo de ruedas, de 1.20^{m} de diámetro para los de carga i 1.50 a 1.730^{m} para los de pasajeros. Hace 30 años la locomotora normal en los Estados Unidos pesaba término medio 27 toneladas con calderos de 1.40^{m2} de superficie de parrilla i 75^{m3} de superficie caliente: hoi el peso i la superficie de parrilla i de caldero han duplicado, i se exije que estas últimas locomotoras produzcan cuatro veces mas vapor que las primitivas, porque los trenes tienen una velocidad mayor i por lo ménos un 50% mas de peso que remolcar que ahora 30 años.

Para obtener estos resultados, en los servicios difíciles, el

consumo de carbon llega i pasa de 900 kilógramos por metro cuadrado de parrilla, gracias a un tiraje de 300 i aun de $400^m/_m$ de agua. Ahora se ha reconocido prácticamente que con el tiraje forzado el consumo de carbon aumenta mas rápidamente que la enerjia absorvida por el remolque del tren i que, por la tanto, hai una pérdida considerable de carbon cuando la superficie de la parrilla i del caldero son insuficientes.

Para patentizar estos hechos i poner de manifiesto la influencia del pequeño diámetro de las ruedas, el profesor Goss hizo sus ensayos con los magníficos aparatos que puso a su disposicion la Universidad de Purdue, cuyos resultados, habiéndose empleado en los ensayos hulla en pedazos grandes, pero gaseosa i de llama larga, ciertamente mui inferior bajo el punto de vista de evaporacion a las hullas semi-grasas de Charleroi i aun a las del tipo de Seens i Courrères, pueden resumirse como sigue:

El forzamiento del tiraje en las locomotoras americanas, para poder remolcar trenes mui pesados, ocasiona una disminucion en la evaporacion por kilógramo de carbon quemado. A medida que aumenta la cantidad de carbon quemado por metro cuadrado de superficie de parrilla, hai un gasto mucho mayor de carbon' porque una gran parte del carbon arrojado a la parrilla no se quema, pasa i atraviesa los tubos en forma de humo i de chispas (escarbilles) i el consumo varía desde 293 kilógramos hasta 976 por metro cuadrado de superficie de parrilla i por hora, habiendo quedado demostrado que la evaporacion disminuye notablemente cuando el consumo por unidad de superficie de parrilla aumenta; de donde se llega a la conclusion de que conviene emplear grandes superficies de parrilla a medida que se exije a las locomotoras grandes evaporaciones para atender a fuertes resistencias de traccion i no forzar tirajes.

Los ensayos hechos demostraron que la cantidad de carbon consumido por unidad de superficie varía casi en razon inversa

de las superficies de las parrillas i que el agua evaporada por kilógramo de carbon quemado disminuia con el aumento de consumo de carbon.

Corolario de lo anterior es la conclusion siguiente: miéntras mayor sea la superficie de parrilla que se le puede dar a una locomotora, mayor será la evaporacion por kilógramo de carbonquemado o consumido, con tal que la superficie de la parrilla, no esceda de las dimensiones que permitan al fogonero atender bien su fuego, dándose como regla jeneral que un buen fogonero puede atender convenientemente una parrilla de $^{m}3.20$ de largo i que en la práctica se puede llegar a esa dimension.

Dada la clase de carbon empleado en Estados Unidos, jeneralmente un poco inferior al europeo, i el tiraje forzado de sus locomotoras de velocidad i fuerza, se consume habitualmente 342 K. de carbon por hora i por metro cuadrado de parrilla; i que la evaporacion media por kilógramo de carbon consumido, tomando el conjunto de la redes de líneas de Estados Unidos no pasa de 5½ kilóg. de agua, a 100°; miéntras que en otros paises la evaporacion es cerca de 10 kilóg.

Los resultados de los ensayos de la locomotora montada en el laboratorio de la Universidad, con relacion a la potencia, con todo el regulador abierto i para una presion del caldero de 9 K. 14 por $^{m}/_{m}{}^{2}$, fueron los siguientes:

Velocidad en K. por hora	Núm de vueltas por minuto	Caballos indicados para una admision		
		25 %	33 %	42 %
24.135	81	193	274	—
40.225	135	226	373	461
56.315	188	302	437	508
72.405	242	306	443	—
82.495	296	290	444	—

La potencia de toda locomotora está limitada, cuando trabaja con velocidades pequeñas, por su adherencia; i cuando trabaja con grandes velocidades, por la capacidad de evaporacion de su caldero. Así, a una velocidad de 24 K. se puede marchar con todo el regulador abierto i con una admision de 33 % hasta 42 centécimos; pero con esta admision se han constatado frecuentes patinajes de las ruedas motrices i con velocidades de 40 K. por hora, la presion efectiva media del piston ha disminuido de tal manera que se podia conservar la admision de 42 %, pero si se aumentaba mas allá, la locomotora patinaba, i se suprimian todas las patinaduras con velocidades de 56 K. i superiores, i se hacia ademas imposible aumentar la admision mas allá de 33 % a causa de la insuficiencia de la evaporacion. A 56 K. por hora la admision de 42 % no dió buenos resultados sino cuando se redujo el diámetro del doble tubo de escape de 76 a 70$^{m}/_{m}$, por consiguiente, los resultados apuntados en el cuadro anterior comprenden toda la esfera de accion de una locomotora marchando con todo su regulador abierto.

Como era natural, habia verdadero interes en determinar con las esperiencias los datos necesarios al límite máximo de potencia que una locomotora pueda desarrollar i se comprobó que con la locomotora de prueba que tenia su peso total de 38.5 t., sobre cuatro ruedas con 25.4 t. de peso adherente, con cilindros de 0.432 por 0.610 con ruedas de 1.60 m. de diámetro, caldero de 1.32 de diámetro con 112.88 m.^{2} de superficie de caldero i 1.025m.^{2} de superficie de parrilla, cuya potencia se avaluaba jeneralmente en 800 caballos, no dió en los ensayos sino 508 caballos. Si se hubiese aumentado la presion del caldero i modificado las distribuciones, se cree que hubiese podido dar una fuerza real de 600 caballos. Pero como por regla jeneral la potencia de una máquina a vapor en condiciones semejantes varía con la velocidad, se ha visto que esta misma lei es aplicable a las locomotoras, solamente que en esta clase de motores es imposible modificar la velocidad i conservar invariables las demas condiciones, se hace mui dificil el estudio analítico del trabajo real de las locomotoras.

Los ensayos se continuaron para determinar estos factores i así se determinó la presion efectiva media, teniendo en cuenta la velocidad i admision del vapor en la caja distribuidora i se llegó a los resultados apuntados en el cuadro siguiente, marchando siempre la locomotora de ensayo con todo el regulador abierto i manteniéndose la presion del caldero en 9 K. 14 por $^m/_m{}^2$.

Velocidad en K por hora	N.° de vueltas por minutos	Presion efectiva media para una admsiion		
		25%	33%	42%
24.135	81	30.45	4.333	—
40.225	135	2.135	3.534	4.431
56.315	188	2.072	2.968	3.360
72.405	242	1.624	2.324	—
88.495	296	1.281	1.918	—

Es evidente que un aumento de velocidad trae consigo un aumento de potencia, miéntras que las condiciones del caldero etc., no sean tales que la caida de la presion efectiva media sobre el piston, llegue a ser igual o superior, a lo que se gana en velocidad. Es decir, que la pérdida de trabajo por vuelta de la rueda, no sea igual o superior, al número de vueltas con respecto al consumo de vapor por caballo indicado i por hora, los resultados de los ensayos se resumen tambien en el cuadro siguiente:

Velocidad en K por hora	N.º de vueltas por minuto	Consumo de vapor por caballo indicado i por hora para las admiciones de		
		25%	33%	42%
		K		
24.135	81	13.388	12.372	—
40.225	135	12.551	11.878	12.693
56.315	188	12.046	11.755	13.598
72.405	242	12.793	12.726	—
88.595	296	13.705	14.313	—

El cuadro anterior pone de manifiesto las consecuencias siguientes:

I.—Estando el regulador totalmente abierto, el consumo de vapor por caballo i por hora, cualquiera que sean las condiciones de velocidad o admision no es superior a 14.313 si se trabaja en condiciones favorables i baja hasta 12 kilógramos i aumentando la presion del vapor esta misma locomotora ha desarrollado en caballo mas potencia i su consumo fué 12.2 de vapor por hora i por caballo.

II.—El consumo de vapor, por caballo i por hora, varía con la velocidad i es mínimo para velocidades de 56 K., por hora i con admiciones de 25 a 33%.

III.—El cónsumo de vapor varía con la admicion i es mínimo para la mayor espansion cuando la velocidad es de 88 K. por hora.

Estas conclusiones confirman una hipótesis que fué formula-

da hace algunos años para esplicar los hechos prácticos, a saber: que las admisiones iguales al tercio del curso del piston mas o ménos son las que dan mayores resultados i que si la carga que hai que remolcar es débil i no exije el desarrollo de toda la potencia de la locomotora, es mas económico emplear una admision de 33 centésimos con el regulador cerrado convenientemente, en lugar de marchar con una espansion prolongada i el regulador totalmente abierto.

IV.—Que la pérdida de rendimiento que resulta de una espansion prolongada es mui pequeña, miéntras que esta pérdida aumenta rápidamente si se hace marchar la locomotora con una admision mayor que la que exije el rendimiento máximo: por consiguiente, cuando hai duda es preferible aumentarla espansion.

Los ensayos con relacion al consumo de carbon por caballo nominal i por hora, dieron los resultados siguientes:

Velocidad en K por hora	N.° de vueltas por minuto	Consumo de combustible por caballo indicado i por hora para admisiones de:		
		25%	33%	42%
24.135	81	k 1.890 (236)	k 1.874 (316)	—
40.225	135	1.874 (261)	1.990 (457)	k 2.272 (635)
56.315	188	k 1.870 (347)	2.031 (546)	2.827 (883)
72.405	242	1.937 (365)	2.505 (683)	—
88.495	296	2.270 (417)	2.697 (737)	—

Las cifras entre paréntesis indican el consumo correspondiente por metro cuadrado de superficie de parrilla i por hora.

(2).—La cifra 1.870 es considerada como dudosa i aun hai motivo para creer que es mui débil, en todo caso no figura como exacta en los resultados de los ensayos.

De lo anterior se deduce que el rendimiento es máximopara una caldera de locomotora, cuando ella trabaja con sup otencia mínima; considerándola como motor a vapor cuando ella trabaja con su *potencia máxima*. Hai, por consiguiente, un máximun para el conjunto combinado de caldera i de motor reunidos, el que se encuentra comprendido entre la potencia desarrollada i las velocidades de 56 i 24 km. por hora o bien el máximun debe coincidir con cualesquiera de estos límites.

Segun el cuadro anterior el consumo de combustible por caballo indicado i por hora, es casi constante para las velocidades inferiores a 56 k. m. por hora, pero aumenta rápidamente a partir de esta velocidad; con la admision de 25% llega a un mínimun con 40 km. por hora i con admision de 33% su mínimun es con la velocidad de 34 km. por hora.

Hai, pues, una velocidad que los injenieros norte-americanos han llamado *velocidad crítica*, puesto que, como hemos visto con el regulador totalmente abierto i una admision invariable, la potencia de la locomotora aumenta con la velocidad hasta cierto punto mas allá del cual queda estacionaria. Esta velocidad es la llamada *crítica* mas allá de la cual la potencia de la locomotora cesa de aumentar i es interesante notar que el consumo de vapor por caballo indicado i por hora es un mínimun cuando la máquina adquiere la velocidad crítica.—Estas relaciones estan tan definidas que no se duda que sean estensivas a todas las locomotoras i por consiguiente, si ensayos posteriores con otras locomotoras las confirman, las velocidades críticas pasarian a ser un factor importante que hai que determinar para cada una de ellas.—La locomotora que sirvió de ensayo, como se ve por los cuadros, tiene su velocidad

crítica cerca de los 56 km. por hora, correspondiente a 200 vueltas de sus ruedas por minuto.

Los mismos ensayos considerados bajo otro punto de vista ponen de manifiesto las ventajas de las ruedas de grandes diámetros, cuando se quiere obtener grandes velocidades, hecho que ya los injenieros eurepeos habian puesto en práctica desde hace tiempo, en sus trenes espresos o rápidos internacionales.—Porque, es evidente que para obtener el rendimiento máximo la velocidad de rotacion del motor debe corresponder a su velocidad crítica:para la locomotora que se ensayaba correspondia con 200 vueltas por minuto; por consiguiente, si se quieren grandes velocidades, las condiciones anteriores exijen que el diámetro de las ruedas sea tal, que ellas puedan ser adquiridas sin que el motor tenga que dar mas vueltas por minuto que las correspondientes a su velocidad crítica.

Por otra parte, considerando que entre ciertos límites, que se determinan con bastante exactitud, los esfuerzos sobre las barras de traccion no se reducen por el aumento de diámetro de las ruedas motrices, pueden buscarse las ventajas accesorias del empleo de las grandes ruedas motrices para grandes velocidades de 88 k. por hora. Así, si con ruedas de 1.^{m}60 de diámetro, se piden velocidades de 88 k. por hora, es preciso que el motor dé 200 vueltas por minuto, i con esta velocidad i con todo el regulador abierto i con admision de 25%, la máquina gasta 13.7 klg^{1}. por hora i por caballo; cambiando ruedas i poniendo de 2.^{m}515 solo se necesitan 188 vueltas por minuto i el consumo de vapor desciende a 12.05 klg., habiendo, por consiguiente, una economía de 12% en el consumo de vapor; el mismo cálculo para admision de 33% da una economía de 18%. Habiendo economia en el consumo de vapor, el funcionamiento del motor es mas económico, la caldera es ménos forzada i por consiguiente se gasta ménos combustible.

La economía de combustible que se obtiene usando locomotoras de grandes ruedas para las grandes velocidades es

aun mas sensible. Los cuadros, resultado de las esperiencias muestran: que con todo el regulador abierto i admision de 25 % el motor consume 2.290 kgr. de carbon por caballo i por hora. Si se cambia el diámetro de las ruedas a 2,^{m}515 de manera que se reduce el número de vueltas por minuto a 188, el gasto de combustibleserá de 7.870 klgr., es decir, una economía de 23°/₀. Tambien se ha constatado que las ruedas altas ofrecen como ventaja, menor gasto de aceite i dan al mecanismo una marcha mas adecuada a su buen servicio.

Para atender a las grandes velocidades que se estan exijiendo en los servicios de explotacion ademas del aumento de diámetro de las ruedas motrices de las locomotoras, que la práctica ha venido introduciendo desde años atras i cuya adopcion se encuentra confirmada con los resultados de las esperiencias, se han examinado esperimentalmente los efectos de las combustiones forzadas con relacion al rendimiento de las calderas de las locomotoras, i se obtiene que el rendimiento de una caldera es máximo cuando su produccion es lo mas débil posible, es decir cuando la velocidad de combustion del hogar es un mínimun. Así es que, si se trata de aumentar la potencia del motor, aumentando la velocidad de combustion en el hogar, el rendimiento de la caldera disminuirá tanto mas, cuanto mas se aumente la velocidad de combustion.—Así las esperiencias demostraron que con una combustion de 300 kgr. por m^2 de parrilla i por hora, la evaporacion era de 8 K. de agua a 100° por kilógramo de combustible; miéntras que, con tirajes forzados, cuando la velocidad de combustion llegaba a consumir 879 K. de carbon por metro cuadrado de parilla, la evaporacion descendia a 5 K. de agua por K. de combustible: es decir, una disminucion de 40 % mas o ménos en la evaporacion. Esta diferencia es debida a la incapacidad que tienen en estos casos las superficies de caldeo para observar convenientemente la cantidad creciente de calórico que se desarrolla en la unidad

de tiempo o sea, a la combustion imperfecta del carbon en la parrilla; o a las dos causas simultaneamente.

Para precisar mas la cuestion se hicieron ensayos en los cuales se mantenian exactamente las mismas condiciones de marcha, etc., de la misma locomotora, por consiguiente la superficie de caldeo se mantenia tambien constante, i solo se hizo variarla superficie de la parrilla del hogar i los ensayos dieron los siguien-tes resultados jenerales: para una marcha de 40 km. por hora la combustion normal de la locomotora fué con hulla gruesa del Brasil, de 300 klg_1 por m^2 de parrilla i por hora.

Tapándose un cuarto de la parrilla la velocidad de combustion para mantener la misma velocidad en la locomotora fué de 408 kg_1. por m^2 de parrilla i por hora.

Tapándose la mitad de la parrilla la velocidad de combustion aumentó a 606 klgr. por m^2 i por hora. Reduciendo la parrilla a ¼ de su superficie primitiva la velocidad de combustion fué de 1176 kg. por m^2 i por hora. Ahora esta pérdida se hace mas palpable si se consideran las cifras de evaporacion por kg. de combustible.

N.° de orden de la série de ensayos...	1	2	3	4
Velocidad de combustion en kg. por m^2 de parrilla i por hora.....	K 300	K 408	606	1176
Vaporizacion correspondiente a la temperatura inicial constante de 100° cent. kg. de agua por kg. de carbon	8.26	7.87	7.52	6.67
Pérdida de evaporacion en p. 100 de la evaporacion obtenida durante el ensayo primero.....	—	4.7	9.00	19.2

Dadas las condiciones en que se hicieron los ensayos, se admite que la disminucion de 19 % de la última série, es una pérdida que se produce en la parrilla del hogar.

El cuadro anterior permite apreciar la pérdida de evaporacion que tiene la caldera cuando la velocidad de combustion pasa de 300 kg. por hora.

Ahora si se examina en detalle esta pérdida, puede determinarse el peso de los carboncillos sin quemar que se escapan por la chimenea; el profesor Gass dió como resultado de estas investigaciones, el cuadro siguiente:

N.° de orden de la série de ensayos...	1	2	3	4
Velocidad de combustible por m² de parrilla i por hora.....	Kg. 300	408	606	1176
Consumo total de carbon por hora.....	4.87	4.93	4.92	4.71
Peso total de los carboncillos arrastrados por hora.....	29.8	43.2	58.3	80
Peso del carbon equivalente a los carboncillos arrastrados por hora.....	21	35	50	73
Valor de los carboncillos arrastrados en p. 100 del carbon consumido...	4.3	7.2	10.2	15.5

Luego las pérdidas por arrastre de carboncillo, con tirajes forzados pueden llegar hasta mas de un 10% del carbon consumido. Es evidente, por otra parte, que la calidad del carbon usado influye mucho en esta pérdida, i hai que notar que la hulla gruesa "Brasil" que se empleó en los ensayos es mui frájil.

Otro punto importante sobre el cual los ensayos llaman la atencion, es la cantidad considerable de oxíjeno que se encuentra en los gases de combustion que indica que hai un exeso considerable de aire que atraviesa el hogar con la cantidad necesaria para la combustion i la ausencia completa del óxido de carbon, salvo en el último ensayo.—Este exeso de aire que es necesario hacer pasar por la parrilla cuando se forza el tiraje i se acelera la velocidad de combustion, es indudable que contribuye a la disminucion del efecto útil de la caldera.

El hecho de no haber constatado la presencia de óxido de carbono, en la caja de humo, sino en el cuarto ensayo, ha venido ha confirmar en parte la teoria emitida por Mr. Ernst, que dice que la cantidad de óxido de carbono (CO.) formado durante la combustion del carbon, depende de la temperatura del fuego: miéntras mas elevada sea la temperatura, mayor será la proporcion de carbon trasformado en óxido de carbono; i esto se ha comprobado hasta con velocidades de combustion mui fuertes. Cuando la velocidad de combustion pasa de 100° cent. la primera faz de la combustion es la conversion íntegra del carbon en óxido de carbono (CO.) i este gas no se quema ni aun en presencia del aire si la temperatura se mantiene a 1000° o mas i por consiguiente en estas circunstancias es necesario enfriar el hogar para poder quemar el óxido de carbono: por eso Mr. Ernst aconseja que cuando se empleen grandes velocidades de combustion, es conveniente que el calor sea rapidamente absorbido o trasportado fuera del hogar, para que el óxido de carbono que se forme esté bastante frio para que pueda ser quemado.

Esta teoria, segun el profesor Gass, hace prever posibles pérdidas en los consumos de las locomotoras con tirajes forzados en los cuales el hogar adquiere altas temperaturas, por la formacion i no combustion del óxido de carbono; pero a pesar de estos temores las esperiencias no las confirmaron, a pesar que en los tres últimos ensayos la relacion de la superficie de la parrilla i del volúmen de combustible constituian un conjunto de condiciones favorables para la formacion de óxido de carbono.

Como conclusiones de estos ensayos, los injenieros de ferrocarriles han visto, en jeneral, que las velocidades de combustion mui elevadas no son recomendables i que, por consiguiente, conviene poner a las locomotoras parrillas bastante grandes i que las pérdidas por carboncillos, usando carbones inferiores, tienen un valor igual al total de las otras pérdidas que ocasionan las parrillas i el hogar.

Si con los datos de las esperiencias anteriores, hacemos algunas aplicaciones que se relacionan con el servicio de los coches salones que arrastran los trenes de los Ferrocarriles del Estado, obtendremos el cálculo siguiente:

Los coches normales de primera clase pesan 18 toneladas i tienen cuarenta asientos; los carros salones que llevan los expresos pesan 25 toneladas i no tienen mas que 30 asientos. Tenemos, por consiguiente, en cada tren un *exedente* de peso que remolcar de 7 *toneladas*. Como son coches con vogues i que estan destinados al servicio de los expresos cuya marcha media es de 60 K. por hora, la resistencia que hai que vencer por tonedada de tren en horizontal es de 3.52 kilógramos: las 7 toneladas de exedente ocasionan, por lo tanto, un exeso de resistencia de:

$$3.52 \times 7 = 26.64 \text{ kgls.}$$

o sea 24640 kilográmetros por kilómetro corrido i por consiguiente $246400 \times 6 = 1478400$ klgm. por hora en línea horizontal, o sea un exeso de esfuerzo de 5.47.55 *caballos horas* por hora de marcha.

En las mejores condiciones una locomotora americana consume 1 k. 874 klgs. por caballo hora; luego el exedente de peso de los coches salones exije un consumo de $5.475 \times 1.8.74 = 10$ k. 26 por hora de marcha en horizontal

El espreso que sale del Puerto a las 7.35 A. M., llega a Santiago a las 12.35 P. M., o sean 5 horas, dando un exceso de consumo de $10.26 \times 5 = 51.30$ K. por viaje si la línea fuera horizontal en todo su trayecto. Como la Empresa compra su carbon a $ 14 la tonelada, el excedente en costo es de $ 0.718.

Otro cálculo.=Esfuerzo de remolque del excedente $3.52 \times 7 = 24.64$ kilogrs. o sean 24640 kilogos. por K. corrido, en los 187 K. de Santiago al Puerto tenemos:

24640×187=4607680 kilográmetros o sean 17.0655 *caballos horas.*

17.0655×1.874=31.98 kilog. de carbon que a $14 tonelada=$ 0.447 por viaje.

La diferencia entre este cálculo i el anterior, proviene que en este último no están consultados los gastos de salida (demanaje) del tren, ni las estadías en las estaciones, sino como movimiento corrido sin interrupcion; por eso el otro cálculo es mas práctico i mas conforme en la realidad, porque toma en cuenta las estadías i gastos de salida de tren.

Si consideramos ahora las pendientes tenemos:

Viaje de ida de Santiago a Valparaiso, ocasiona:

5888906.4 kilográmetros de excedente de traccion, o sean:

21.81 *caballos horas.* Los que multiplicados por 1874 dan 40.8719 kilog. de carbon, los que a $ 14 la tonelada representan un valor de $ 0.572 por viaje de ida.

Viaje de vuelta de Valparaiso a Santiago, ocasiona:

8914175.30 kilográmetros de excedente de traccion o sean *33.015 caballos horas.* Los que multiplicados por 1.374 dan 61.87 kilog. de carbon por viaje que a $ 14 tonelada da *$ 0.866 por viaje.*

$$\text{Pro-medio:} \quad \frac{0.572 \times 0.866}{2} = 0.719$$

Como el cálculo anterior suponiendo la línea horizontal.

Como los gastos de carbon representan jeneralmente el 30 % de los gastos jenerales de esportacion, tenemos que el costo medio de los viajes de ida i vuelta del carro-salon entre Santiago i Valparaiso es de $\frac{0.719 \times 100}{30}$ = $ 2.396. Como el coche tiene treinta asientos a 2 $ da 60 $.

Si comparamos los esfuerzos de traccion que exijen los viajes de ida de Santiago a Valparaiso con los de vuelta, tenemos un recargo para el viaje de vuelta de 51.37%, como se ve por el cálculo siguiente:

En el viaje de Valparaiso a Santiago las 7 toneladas de excedente ocasionarian un gasto de esfuerzo de traccion en *caballos horas*..... 33.015

En el viaje de Santiago a Valparaiso estas mismas 7 toneladas ocasionan un gasto de esfuerzo de traccion en *caballos horas*..... 21.810

Diferencia..... 11.205

$$\frac{11.205 \times 100}{21.810} = 51.37\,\%$$

Como el consumo de carbon en una locomotora es proporcional al número de *caballos horas* que desarrolla, resulta del cálculo anterior que, el consumo de carbon en los espresos de Valparaiso a Santiago debe ser de 51.37% mayor que el correspondiente a los viajes de Santiago a Valparaiso.

Veamos si en la práctica se verifica este hecho. Segun los datos que he obtenido, la Empresa de los Ferrocarriles del Estado gasta en sus viajes de espreso de 3 a 3.25 toneladas de carbon en la ida, i 5 toneladas mas o ménos en la vuelta; por consiguiente, tenemos: considerando las cifras estremas 5 i 3.25 que dan una diferencia de 1.75, o sea:

$$\frac{1.75 \times 100}{325} = 53.84\%$$

i con las cifras mínimas de 4.25 i 3 toneladas por viaje, o sea una diferencia de 1.5 de recargo para el viaje de vuelta:

$$\frac{1.50 \times 100}{3} = 50\%$$

o sea un promedio de

$$\frac{50 \times 53.84}{2} = 51.92$$

lo que está mui conforme con los cálculos de resistencia de traccion en ámbos sentidos del viaje.

Si calculamos ahora el gasto de carbon por kilómetro corrido, en conformidad con los datos anteriores, tenemos:

Los espresos de ida gastan en los 187 K. de Santiago al Puerto, tomando las cifras máximas 3250 kg. de carbon. o sean 26.7319 kg. por K. corrido. En la vuelta gastan 5 toneladas en los 187 k., o sean 26.737 klg. por K. corrido, lo que ad un promedio de:

$$\frac{17.379 \times 26.737}{2} = 22.058 \text{ kilg.}$$

Si consideramos las cifras mínimas tenemos en el viaje de ida un gasto de 3000 kg. en los 187 k., o sean 16.042 klgr· por K. corrido; i en el viaje de vuelta 4.500 kilg. en los 187 K., o sea un gasto de 24.066 kilg. por k. corrido dando un término medio de:

$$\frac{16.042 \times 24.066}{2} = 21.055 \text{ kilg.}$$

Lo que nos dice que el consumo medio de los espresos de Valparaiso a Santiago i de Santiago a Valparaiso es de 21.055 kilg. de carbon por K. corrido. La estadística da como gasto medio *para toda clase de trenes* 19.590 kilógramos. Se ve por lo anterior que la cifra de 21.055 kilg. de consumo de carbon por K. corrido, está perfectamente de acuerdo con las esperiencias citadas, por cuanto el consumo de los espresos tiene que ser

mayor que el que ocasionan los trenes de carga, por cuanto ocasionan mayores esfuerzos de traccion i tienen velocidades mui superiores i aun los espresos gastarán más que los trenes ordinarios de pasajeros, porque aunque con la misma clase de coches caminan con mayores velocidades, i las esperiencias demuestran que aumentan losesfuerzos de traccion con las velocidades.

Yo habria querido repetir los cálculos anteriores, no solo con las 7 t. de excedente que tienen los coches salones con respecto a los coches ordinarios de 1.ª calse; pero la falta de datos precisos con respecto a la composicion de los trenes espresos i peso de los coches que componen dichos trenes, me ha impedido hacerlo, a pesar de que esa habria sido la manera mas práctica de ver si los consumos dados por las estadísticas están de acuerdo con los *gastos reales* que exijen los trenes en vista de los esfuerzos de traccion que ellos ocasionan.

Sin embargo, tan pronto como pueda obtener esos datos trataré de continuar este estudio en ese sentido. Por ahora me limitaré a completar el estudio del excedente de traccion que ocasionan los carros salones en la línea de Santiago a Concepcion.

El espreso de Talcahuano sale de Santiago (Alameda) a las 7.30 A. M. para llegar a Talca a las doce 10 minutos P. M. o sean 4.668 horas de viaje. Como hemos visto que el exceso de 7 t. de los carros salones exije un mayor consumo de 10.ᵏ26 por hora de marcha horizontal, tendríamos que por viaje de Santiago a Talca, si la línea fuese horizontal, consumiria:

$$4.668 \times 10.26 = 47.8936 \text{ de carbon,}$$

el que a 14 $ la tonelada representa un recargo de $ 0.670.

Si consideramos ahora las pendientes, tenemos que en el viaje de ida de Santiago a Talca la traccion de las 7 t. de exceso del carro salon ocasiona un exceso de esfuerzo de 5075228 kilográmetros, o sean 18.79 *caballos horas*, los que multiplicados por 1.874, dan 35.212 kilog. de carbon, que a 14 $ la tonelada valen 0.493.

El viaje de vuelta de Talca a Santiago ocasiona 8873576 kilográmetros de excedente de traccion o sean 32.86 *caballos horas*, los que multiplicados por 1.874, dan 61.759 kilógramos de carbon, los que a 14 $ la tonelada, representan un valor de $ 0.862 por viaje. Tomando el término medio tenemos:

$$\frac{0.493 \times 0.862}{2} = \$\ 0.677,$$

como en el cálculo anterior suponiendo la línea horizontal.

Como los gastos de combustible representan jeneralmente el 30% de los gastos jenerales de esplotacion, el costo medio del excedente de peso de los coches salones en sus viajes de ida i vuelta a Talca será de

$$\frac{0.677 \times 100}{30} = \$\ 2.25$$

o sea dos pesos veinticinco centavos.

Si comparamos los esfuerzos de traccion que exijen los viajes de ida i vuelta de Santiago a Talca, encontramos que: tomando por unidad el viaje de Santiago a Talca, el recargo de viaje de vuelta es de 74.88%. Este hecho que puede aparecer como anormal a primera vista, es perfectamente exacto i está conforme con todas las indicaciones de la teoria i de la esperiencia que manifiestan que siempre es mas ventajoso para la esplotacion acumular las pendientes en una zona dada de la línea, como pasa en la línea de Santiago a Valparaiso, que no da mas que 51.37% de excedente entre el viaje de ida i el de vuelta, que no tener un perfil con inclinaciones mas suaves, como el de la segunda seccion, pero lleno de pendientes i contra-pendientes en todo su trayecto.

Otro hecho que se pone de manifiesto con este cálculo es que la esplotacion de la segunda seccion es la mas costosa para

la empresa de los ferrocarriles, por cuanto su viaje de Talca a Santiago exije un recargo de 74.88 % de esfuerzos de traccion, i por consiguiente, de consumo de combustible, que es proporcional a este esfuerzo, i justamente el mayor acarreo no está en el sentido de viaje mas económico de Santiago a Talca, sino en sentido contrario, de Talca a Santiago.

Miéntras que la línea de la 1.ª seccion, aunque el viaje de Valparaiso a Santiago exije mayor recargo, el acarreo en ámbos sentidos es mas compensado.

Estos cálculos manifiestan tambien de una manera palpable las ventajas que obtendria la Administracion de los Ferrocarriles del Estado i los productores e industriales con las líneas intermedias entre Santiago i Talca, que partiendo de los puntos bajos como Paine viajen a San Antonio i de Centinela a Pichilemu buscando salidas a la costa i no haciendo marchar los productos en contra de las pendientes jenerales de la línea tronco para tener que llegar forzosamente a los mercados de Valparaiso o Santiago.

Si entramos a la 3.ª seccion encontramos repetidos los mismos cálculos; el espreso de Talca a Talcahuano sale de Talca a las 12.10 P. M. para llegar a Talcahuano a las 6.20 P. M. o sean 5.834 horas de viaje: las 7 t. de exceso de los carros salones exijirán un recargo en el consumo de carbon de K. 10.26 por hora de marcha horizontal o sean K. 59.856 en todo el trayecto, supuesto herizontal, con un valor de $ 0.838.

Si tomamos en cuenta las pendientes, tenemos que en el viaje de ida de Talca a Talcahuano el acarreo de las 7 t. exije un esfuerzo de traccion de 7548932 kilográmetros o sean de 27.95 *caballos horas*, los que representan un consumo de carbon de

$$27.95 \times 1.874 = 53.378 \text{ K}$$

que valen a 14 $ la tonelada la suma de $ 0.773.

El viaje de vuelta de Talcahuano a Talca ocasiona 9166058 kilográmetros de excedente de traccion o sean 36.56 *caballos horas*, o sea un exceso de consumo de carbon de

$$36.56 \times 1.874 = 68.513 \text{ K.}$$

que valen $ 0.95.97. Tomando el término medio tenemos:

$$\frac{0.773 \times 0.959}{2} = \$\ 0.866$$

lo que, como en los casos anteriores, confirma los cálculos.

Si calculamos ahora los gastos medios jenerales de los viajes de ida i vuelta de Talca a Talcahuano, tenemos:

$$\frac{0.866 \times 100}{30} = \$\ 2.89$$

son dos pesos ochenta i nueve centavos.

Si tomando en cuenta las pendientes i contra-pendientes de lalínea i comparamos los esfuerzos de traccion que estas 7 t. de los carros salones exijen en los viajes de ida i vuelta tomando como unidad el viaje de Talca a Talcahuano, vemos que el de Talcahuano a Talca exije un recargo de 30.800%.

Ahora, como el mayor acarreo de la 3.ª seccion en la línea de Talca a Talcahuano está hácia el Puerto, es decir en el sentido de la esplotacion mas económica, es esa seccion la que deberia dejar mayores utilidades a la empresa si en ella rijiesen en todas sus partes las mismas tarifas que en la primera i segunda.

No apunto los demas datos que he obtenido hasta no poderlos comparar con los de la realidad, para lo cual espero tener el peso real de los trenes movilizados i con ellos completaré el presente estudio que creo tiene un verdadero interes ahora que las líneas dejan pérdidas para ver en qué consisten i cómo podrán remediarse.

DOMINGO V. SANTA MARIA