ESTUDIO SOBRE LOS FERROCARRILES VECINALES

O SECUNDARIOS

ÍNDICE

§ VI.

MANERA DE CONSTRUIRLOS.—VÍA Y ACCESORIOS.

1.—Consideraciones generales.

2.—Prescripciones de las autoridades francesas cuando la línea secundaria usa la calzada de los caminos.

3.—Consideraciones para las curvas.

4.—Peso de los rieles usados y repartición de los durmientes.

5.—Cuadro del peso de los rieles según la trocha de la vía y repartición de los durmientes, dado por Mr. Serafan; costo de estas vías.

6.—Detalles de algunas líneas de la primera categoría construídas en Noruega, Herault, Valkany, Pesjanos, Brüming, Ultié.

7.—Consideraciones sobre las soluciones anteriores, aplicaciones a nuestras líneas de Palmilla y de Parral a Cauquenes.

8.—Detalles de algunas líneas de la segunda categoría.—Líneas de Minas de Cerrous et Trebian; Mokta-el-Hadid (Algeria); línea de Sonedda; línea de Noruega; línea de Reshit a Morovieza; líneas del gobierno húngaro; línea de San Leone (Cerdeña); del Estado suizo; del Estado en la India inglesa, en Australia.

9.—Consideraciones generales sobre las líneas anteriores.

10.—Locomotoras de vía angosta de la Sociedad Saint Leonard (Lieja); locomotoras contratadas para las vías chilenas de 1 metro de trocha.

11.—Locomotoras y rieles de vía angosta de la Sociedad Cockerill de Senaing.

12.—Locomotoras y rieles para vía angosta del Creusot. Locomotoras contratadas para las líneas chilenas.
13.—Elementos de construcción de algunas líneas secundarias de la tercera categoría. Líneas de Lagney aux canieres de Neufmautines. Línea de Lausare á Echallens. Línea de Bröeelthal (Prusia del Rhin.)
14.—Consideraciones generales sobre estas líneas.

Ferrocarriles secundarios chilenos.

15.—Desarrollo de las líneas secundarias en Chile.
16.—Clasificación de los ferrocarriles secundarios chilenos y largo de las líneas.
17.—Ferrocarril de Iquique.
18.—Ferrocarril de Antofagasta.
19.—Ferrocarril de Paposo.
20.—Ferrocarril de Taltal.
21.—Ferrocarril de Chañaral.
22.—Ferrocarril de Copiapó.
23.—Ferrocarril de Carrizal.
24.—Ferrocarril de Coquimbo.
25.—Ferrocarril de Guayacán.
26.—Ferrocarril de Tongoy.
27.—Ferrocarril de Lota.
28.—Ferrocarril de Coronel.
29.—Varias líneas enteramente locales.
30.—Líneas secundarias estudiadas por el Estado.

§ VI.

MANERA DE CONSTRUIRLOS, VÍA Y ACCESORIOS.

1.—Como lo hemos manifestado desde el principio, para que los ferrocarriles vecinales ó secundarios *sean realmente económicos, ellos tienen que ser construídos con elementos adecuados á las localidades y servicios que deben prestar y no ser una copia en miniatura de las grandes líneas.* Estas líneas pueden construirse sobre una zona de terreno exclusiva para su traza, ó bien aprovechando una zona de las calzadas de los caminos públicos,

solución que, como lo hemos visto, tiene más de un inconveniente para la conservación y explotación de la vía, y que en realidad sólo es admisible con ciertas ventajas cuando los ferrocarriles secundarios hacen el servicio de *tranvías á vapor*. En la generalidad de los casos, será preferible el establecimiento de la línea en una zona de terrenos independiente de los caminos; pero que puede serle paralela para evitar gastos de indemnizaciones, etc. Toca, pues, á los ingenieros encargados de estudiar los proyectos pesar estas circunstancias y escojer el mejor trayecto posible para la vía, teniendo en vista su explotación futura, cuidando que sea económica, evitando en cuanto sea posible la construcción de obras de arte de gran costo.

Cuando la línea es colocada sobre la calzada de los caminos públicos, la vía puede ser formada con rieles salientes como el viñola ú otros, en las partes en que no sea accesible para los vehículos ordinarios: en las cruces de los caminos, travesías de las aldeas, ó lugares frecuentados, donde la vía se encuentre al mismo nivel de la calzada, generalmente se exige que la superstructura de la línea sea compuesta con rieles de garganta ú otros que no sobresalgan del nivel de la calzada. En estos casos la solución es sumamente desventajosa bajo el punto de vista de la tracción y de la conservación de la vía. Ya hemos visto lo que se pierde por esta causa en fuerza de tracción y por otra parte, lo que esclavizan los movimientos de la explotación por las subjeciones que impone la circulación de los vehículos ordinarios en la calzada.

Cuando se hace uso de la calzada de un camino para establecer un ferrocarril secundario, la trocha de la vía es impuesta por las municipalidades ó autoridades administrativas, de tal modo que la zona ocupada sea la menor posible y que en todo caso quede un ancho suficiente en la calzada para que la circulación ordinaria no sea onerosa. De ahí resulta que las trochas más recomendadas en estos casos son las de 1 metro para líneas

de cierto tráfico ó mejor las de 0.^{m}75. Excepcionalmente se encuentran en Europa, en esta clase de ferrocarriles la trocha de 1.^{m}44 ó de 1.^{m}50, y en muchas de ellas la explotación se hace como líneas de *tranvías á vapor*, como es el caso de las líneas que sirven los alrededores de París ó los alrededores de Bruselas, que son verdaderos tranvías que no hacen sino el servicio de pasageros.

2.—Las autoridades francesas prescriben en estos casos las subjeciones siguientes para cuando las líneas hacen uso de las calzadas de los caminos. La vía en estos casos debe reposar sobre la derecha del camino (acetements) en la parte por la cual no circulan los vehículos ordinarios; y sobre una capa de lastre compuesta *exclusivamente de piedras quebradas ó de ripio*, que tenga un ancho igual á la vía aumentado por lo menos de 0.^{m}80 y con 0.^{m}35 como mínimum de espesor: esta capa debe ser arrojada al nivel de las superficies de las veredas. La parte de la calzada que queda para la circulación de los vehículos ordinarios no puede en ningún caso ser inferior á 6 metros, ancho que será medido sin tomar en cuenta las plazuelas que se reservan para los depósitos de los materiales necesarios para la conservación del camino.

La vereda ocupada por la línea férrea será cortada al lado de la calzada por una cuneta de 0.12 por lo menos de saliente y con una solidez suficiente. En las partes en que la vía tenga inclinaciones superiores á 0.^{m}03 por metro, este reborde será acompañado y sostenido por una media cuneta pavimentada de 0.m30 de ancho por lo menos. Un intervalo libre de 0.30 por lo menos quedará entre la vertical de la arista de este reborde y la parte más saliente del material de la línea férrea; otro intervalo libre de 1^{m}.10 subsistirá entre la parte más saliente del material rodante y la vertical de la arista interior de la vereda que da al camino.

Los rieles al exterior deben encontrarse al nivel de las vere-

das y en el interior de la vía, es decir, en el espacio comprendido entre los dos rieles no deben tener más que la saliente necesaria para el pasaje de los rebordes de las ruedas del material rodante.

Las curvas no pueden tener menos de 40 metros de radio para las líneas que se explotan con locomotoras y el máximum de la inclinación es en general de 40 milímetros por metro, aunque se tolera en ciertas localidades hasta 50 y aun 70 milímetros por metro. Estas pendientes son aceptables para líneas de poco tráfico y á la fecha, con los recursos de la industria, pueden ser servidas por locomotoras de simple adherencia; así, por ejemplo, el ferrocarril tranvía de Villiers-le-Bel tiene inclinación de 53 milímetros por metro y curvas de 30 metros de radio y una locomotora de 12 toneladas sube la pendiente con tres coches llenos de pasajeros y un carro de equipajes.

Tales son las principales condiciones que impone la administración francesa á los ferrocarriles que usan los caminos públicos; como entre nosotros estas soluciones no se han generalizado, he creído del todo útil darlas á conocer, puesto que ellas pueden servir de base para la reglamentación de las nuestras.

3.—En las curvas es necesario aumentar un poco el ancho de la trocha normal y el señor Leprons, en su tratado «Algunos ferrocarriles de vía angosta», estima que para que las curvas con un radio superior á 100 metros, basta aumentar la trocha con 15 milímetros por lo menos: esta regla fué adoptada en la línea de *Villiers-le-Bel*. Sin embargo, la mayor parte de los ingenieros se sirven de fórmulas adecuadas y más ó menos sancionadas por la experiencia. Citaremos entre ellas, la de la compañía Paris, Lyon, Mediterranée, que es la siguiente:

$$d = \frac{V}{R}$$

V. = Velocidad de los trenes.

R. = Radio de la curva.

Como esta fórmula ha sido estudiada para vía normal, para aplicarla á las vías angostas de un metro de trocha, se reducen los valores que ella da de $\frac{2}{3}$.

4.—El peso de los rieles varía naturalmente con el peso del equipo que exija la explotación, según la importancia del tráfico de las líneas, sus pendientes, número de durmientes sobre los cuales reposan los rieles, etc., etc. Para determinar estos elementos se hace uso de las reglas de la resistencia de materiales; teniendo el peso del equipo y la distancia á que se encuentran colocados los durmientes, las fórmulas de la flexión aplicadas al caso determinan, por decirlo así, la sección mínima del riel. Queda después al ingeniero estudiar la mejor forma de la sección del riel y de cuanto aumentará la sección mínima dada por el cálculo para atender al desgaste ocasionado por el rodado del material.

Para ello conviene tener presente los tipos de rieles usados en otras líneas, las condiciones de ellas, etc., en una palabra, saber los resultados que han sido sancionados por la práctica, puesto que ellos serán los mejores modelos que se puedan seguir, y sin embargo, con los progresos que día á día hace la metalurgia y la industria, se hará siempre difícil y será siempre peligroso seguir á la letra los ejemplos de líneas que ya tengan algunos años de existencia, puesto que se correría el riesgo de no tener lo mejor ni lo más económico. Una línea ya construída no cambia ni el tipo de sus rieles, ni su equipo, porque se hayan introducido mejoras posteriormente en estos ramos, sino que, espera que esos elementos de que ello dispone sean destruídos por el uso y exijan una renovación seria para pensar en ello. Y á veces, á causa de la rutina ó de otros inconvenientes, vienen las renovaciones á conservar lo mismo antiguo y no toman lo más nuevo y por consiguiente lo mejor.

Por eso el ingeniero debe buscar sus ejemplos entre las construcciones más modernas de estas clases de líneas, y sólo volver sus miradas hacia atrás con el espíritu, no de copiar lo antiguo, sino de compararlos con sus propios estudios y hacer así un verdadero control de las mejoras que se puedan introducir. Guiado por este propósito, apuntaré algunos datos sobre la construcción de los principales ferrocarriles vecinales construídos el año 1864 á 1876, cuando no se usaban más que rieles de hierro y las locomotoras no tenían absolutamente las condiciones de construcción tan favorables como actualmente.

5.—El señor Lerafon, en una memoria presentada á la Sociedad de Ingenieros Civiles de Francia, da el cuadro siguiente sobre el peso de los rieles, etc., para las líneas de un metro de trocha.

NOMBRE DE LA LÍNEA.	PRECIO DEL RIEL POR METRO CORRIDO.	DISTANCIA DE ESPACIAMIENTO DE LOS DURMIENTES.	DIMENSIONES DE LOS DURMIENTES.	PESO DE LAS LOCOMOTORAS.
	K.			Toneladas.
Lagny á Nafmoutiers.....	16	0.m75	.....	13 á 14
Lausanne á Echalens.....	29	1.16	1.m80 × 0.m12 × 0.m20	11
Mokta-el-Hadid...	20	0.75	1.80 × 0.12 × 0.18	16 á 5
Ergastina.....	20	0.74	1.60 × 0.12 × 0.25	21
Villiers le Bel....	acero 16	0.90	1.80 × 0.12 × 0.18	10 á 12

Agrega el señor Lerafon que «El riel de 29 kilógramos por metro corrido, ha sido reconocido como muy fuerte para la lí-

nea de *Lausanne á Echalens*, fué puesto hoy por ser el antiguo riel de la vía Tell puesto en la línea del *Mont-Cénis*. Un riel Viñola, de acero de 20 kilógramos por metro conviene perfectamente para una línea colocada sobre las calzadas y cuyo tráfico pase de 6,000 francos por kilómetro.»

«He aquí la composición del precio del costo para un sección de 6 metros, de una vía con rieles de acero de 20 kilógramos, colocada hace tres años en el ferrocarril de cintura de una gran ciudad extranjera y cuyo movimiento de pasajeros es considerable.»

12 metros de riel de acero, pesando 20 k. el m. c. ó sean 240 k. á fr. 300 la tonelada.....	fr.	72.00
8 durmientes de encina de 1.^{m}50 × 0.10 × 0.20 á 4 fr. c/u.....	"	32.00
4 eclisas de acero, pesando 2.^{k}400 c/u ó sea 9.^{k}60 á fr. 0.4 el kilógramo.....	"	3.85
8 pernos de eclisas, pesando 0.^{k}350 c/u ó sea 2.^{k}8 á fr. 0.4 el kilógramo.....	"	1.10
32 tornillos de 0.^{k}300 c/u ó sea 9.^{k}600 á fr. 0.40 el kilógramo.....	"	3.85
Suma por 6 metros de vía.....	fr.	112.80
Sea por los materiales de un metro de vía.....	"	18.80
Por los materiales puestos al pie de obra, rameadura.....	"	1.50
Lastre (ripio ó piedra quebrada) 0.^{m}645 × 6 fr.....	"	3.85
Precio del metro corrido puesto.....	fr.	24.15
Trabajos preparatorios por metro corrido.....	"	3.50
Precio total del metro corrido de línea....	fr.	27.65

El riel que el señor A. Tabies escogió para la vía de 0.^{m}75 es el riel tipo Creusot, que pesa 12 kilógramos por metro corrido y que es bastante resistente para soportar locomotoras de 9 toneladas de peso, montadas sobre tres ejes, lo que representa un peso de tres toneladas por eje. El ferrocarril de *Cessous á Trebian*, tiene vías de 0.^{m}80 y 0.^{m}766 y adoptó igualmente el riel de acero de 12 kilógramos por metro de perfil del Creusot.

El riel de 12 kilógramos por metro es el que más se usa en Estados Unidos en las grandes vías económicas de trocha angosta; y el señor Vignes dice á propósito de ellas: «Es de notar que el ancho de la cabeza del riel es de 5 centímetros poco más ó menos, lo que nosotros no podemos menos que recomendar con empeño que se imite en nuestras líneas (refiriéndose á la Europa) de vía angosta. Ciertos ferrocarriles de 0.^{m}60 á 0.^{m}75 de trocha ancha han sido construídos en Francia con rieles Viñolos, cuyas cabezas tienen á veces menos de 30 y aún menos de 25 milímetros de ancho. Estas cabezas son demasiado estrechas; fatigan la vía, forman rápidamente gargantas en las llantas de las ruedas».

Los señores Pasten, Bell y C.^{a}, grandes constructores de locomotoras en Pittsbourg (Estados Unidos), hacen las mismas recomendaciones á sus clientes: es decir, aconsejan que los rieles ligeros deben tener cabezas lo más anchas posibles, teniendo presente que si la superficie de rodado de la cabeza del riel es muy estrecha, gasta los bandajes ó llantas de las ruedas, de manera que muy ligero se forman gargantas en las llantas de las ruedas motrices de las locomotoras.

6.—Daremos algunos detalles de las líneas ya construídas, principiando por los *Ferrocarriles secundarios de la primera categoría* que, como hemos visto, son los que admiten los vehículos de las vías normales; pero que son servidas por locomotoras especiales de poco peso. La economía de estas líneas se encuentra en la superstructura de la vía y en las obras de arte, puesto

que el peso de prueba de los puentes, etc., es menor que el exigido para la vía ordinaria; pero la trocha es la misma que la de la línea principal con que se empalma. En Europa, en general, todas estas líneas tienen por consiguiente 1.^{m}50 de trocha; pero son servidas por locomotoras cuyo peso por eje no sea superior al de los wagones ordinarios, es decir, de 7 á 9 toneladas. Esta solución, como hemos dicho, permite evitar los trasbordos y es aplicable sólo en ciertos casos determinados, por cuanto no se realiza con ellos el verdadero tipo del ferrocarril económico; pero no por eso dejaremos de citar algunos ejemplos de estas líneas.

Las primeras líneas férreas construídas en Noruega por Stephenson en 1854, con la trocha ordinaria, costaron 175,000 francos el kilómetro; para la construcción de las otras líneas que debían completar la red, se trató de reducir los gastos, y para ello se redujo el peso de los rieles de la vía, y el ingeniero Charl Pihl hizo descender el costo del kilómetro á 100,000 francos, usando riel de 31 kilógramos de peso por metro corrido, en lugar del de 36 kilógramos empleado al principio; pero la carga por eje del equipo rodante, lo hizo descender de 10^{t}.300 que era á 8 toneladas 300 kilógramos.

En Suecia, en las prolongaciones posteriores de las líneas se ha usado el riel de 33 kilógramos en lugar de el de 37, y la carga por eje se ha bajado á 8^{t}.6 en lugar de 11^{t}.3 (Von Weber).

En el ferrocarril de interés local de Herault (Annales industrielles 1874), que tiene pendientes máximas de 0.03 por metro y un radio mínimum para sus curvas de 200 metros, se han usado rieles de 25 kilógramos por metro corrido, colocados sobre durmientes que disten de un metro de centro á centro. Los coches para el servicio de pasajeros son de dos clases y tipos americanos, con pasadizo central. Esta línea ha sido construída en las condiciones siguientes: su precio de costo kilométrico fué de 125,000 francos, comprendiendo el material rodante, estima-

do en 15 á 20 mil francos por kilómetro; el departamento de Herault pagaba los terrenos y daba á la compañía una subvención de 75,000 francos; quedaban, por consiguiente, menos de 50,000 francos á cargo de los concesionarios; y en este caso, un producido neto de 3,000 francos por kilómetro bastaba para remunerar los intereses de los capitales comprometidos en la construcción. Como era de suponer que, en vista de la riqueza del valle que se iba á servir, el producido neto de la línea fuera bien superior á esta cifra, se estipuló entre otras condiciones que, cuando el producido *bruto* fuera superior á 11,000 francos, el excedente se repartiría por mitad entre el departamento y el concesionario.

En estas líneas como la economía se obtuvo, como lo hemos dicho, reduciendo el peso de los rieles y sus accesorios y el de las obras de arte, se obligó al concesionario á usar locomotoras que tuvieran por condición que el peso que gravitase sobre sus ejes, no fuera superior á 7 ó 9 toneladas, peso correspondiente al eje de un wagón ordinario de la vía normal. Para satisfacer estas condiciones, el servicio de la línea de Palovas de 12 kilómetros, que tiene un fuerte tráfico de pasajeros, es hecho con locomotoras de 6 ruedas, siendo cuatro de ellas solamente acopladas y con $1.^{m}21$ de diámetro; los cilindros tienen 0.30×0.46; el timbre de la caldera es de $8^{k}.5$; la superficie de la panilla es de $0.^{m2}90$; la superficie de caldeo de los tubos es de $44.^{m2}5$ y la del hogar de $3.^{m2}9$. El peso de la locomotora vacía es de 17 toneladas 500 kilógramos, y en estado de servicio llega á 22 toneladas 400 kilógramos con sus provisiones de agua, carbón, etc., lista para marchar; este peso se encuentra repartido de la manera siguiente: $6^{t}4$ en el eje delantero, 8^{t} en el eje del medio y en el eje posterior, ó sea 16 toneladas utilizadas por las ruedas motrices para la adherencia. Los estanques de agua tienen $2^{t}5$ de capacidad y en los de combustibles admiten una tonelada de carbón. En la línea de Béze circulan trene mixtos y se usan

máquinas ténder de cuatro ejes acoplados que pesan 36 toneladas en estado de marcha, y junto con ellas se ensayaron las locomotoras sistema *Meyer* de 6 ejes acoplados por grupos de 3 que pesaban 54 toneladas.

En Hungría (Annales des Ponts et Chaussées 1876).

En la línea de *Valkany-Perjanos*, de 43 kilómetros de largo que fué entregada al tráfico en 1870, se construyó como una línea secundaria; por consiguiente aunque se conservó la trocha normal, se redujo la superstructura de la vía en lo posible. El camino es más ó ménos plano y su inclinación máxima es de 2½ milímetros por metro y el radio mínimo de sus curvas es de 400 metros. El ancho de la plataforma de la vía en la corona es de cuatro metros; los rieles tenían siete metros de largo y pesaban 25.30 kilógramos por metro corrido y estaban eclisados en banda y sostenidos por ocho durmientes. Las locomotoras pesan 25.7 toneladas en estado de servicio. El costo de esta línea fué de 70,000 francos por kilómetro, comprendiendo el precio de tres locomotoras.

En la línea de *Brünig* (Suiza) los rieles pesan 20 á 25 kilógramos por metro, y están eclisados en banda. Los coches que se usan para el servicio de pasajeros son con imperial cubierta y con marcos de hierro, por consiguiente bastante pesados. El servicio se hacía hasta fines del año 1876 con locomotoras Kraus de ocho ejes que no debían pesar más de 15 á 18 toneladas.

La línea de *Ultlé*, cerca de Zurich, (Suiza) que sube una montaña con pendientes de 4 á 7 centímetros por metro, con curbas de 135 metros de radio mínimo, fué construída con rieles de 30 kilógramos por metro, á pesar que los trenes debían hacer un uso continuo de frenos poderosos. Los wagones son del tipo americano sobre ocho ruedas, y los de pasajeros son de cuarenta asientos, pesando vacíos 5.750 kilógramos: las locomotoras son del tipo Kraus de 6 ruedas acopladas y pesan 25 toneladas.

7.—Esta solución de disminuir el peso de la superstructura de la vía ha sido adoptada no sólo para la construcción de líneas secundarias, sino también para las líneas principales, para disminuír los gastos de primera instalación; pero construyendo en ese caso, todas las obras de arte, puentes, etc., con una resistencia suficiente y en condiciones tales, que puedan soportar más tarde el peso del equipo ordinario de las vías normales.

Estas soluciones pueden tomarse como simples recursos de construcción, para habilitar una línea con los menos gastos posibles; pero de ninguna manera como una solución definitiva. Como ejemplo de un caso semejante, podremos citar la construcción de algunas línas de los ferrocarriles del Estado en la India: se había resuelto que estas líneas fueran construídas con trochas de un metro; pero más tarde, el Gobierno, atendiendo á intereses estratégicos de las localidades y para ponerse en inmediata correspondencia con las otras líneas estratégicas, resolvió tomar la trocha normal y se adoptó una disposición transitoria que fué la siguiente: la vía tendría la trocha normal de las antiguas líneas (1.68) y sería construída con materiales ligeros y usando rieles de 25 kilógramos por metro; el material rodante sería remolcado por locomotoras ligeras; pero la infraextructura de la vía (terraplenes, puentes, obras de artes, etc.) sería establecida como para la vía normal, de modo que el día que se quisiera se colocarían rieles pesados y circularían las locomotoras pesadas. Como se ve, semejante procedimiento no es una solución sino un artificio para disminuir un tanto el gasto de primera instalación.

Entre nosotros se procede de la misma manera, con la construcción de la línea de la frontera. Mientras el Estado ha adoptado como tipo de riel normal para sus líneas en plena explotación, un riel Viñola de acero de 35.5 kilógramos por metro, las líneas de la frontera de *Renaico á Victoria* y su prolongación á Valdivia y el ramal de *Angol á Traiguén* se han ejecutado

construyendo la infraestructura como para la vía normal, y su superstructura con rieles livianos de 30 kilógramos por metro. Esta misma solución se ha adoptado para la construcción de las líneas secundarias de *Coigüe á Mulchén*, *Parral á Cauquenes*, *Pelequén á Peumo* y la línea que está llamada á tener un desarrollo considerable de *Santiago á Melipilla*. Los puentes y obras de arte de todas estas líneas soportarán el día que se quiera el equipo más pesado que circula en las líneas normales.

La línea de *Palmilla* no la he citado entre las anteriores por encontrarse en condiciones distintas. El único caso que podemos citar entre nosotros, de una línea secundaria construída con trocha igual á la normal; pero cuya superstructura fuera enteramente ligera y económica, fué el ramal que, empalmando en *Centinela llegaba hasta Palmilla*. Desde el *Centinela*, á un kilómetro al sur del estribo sur del puente del Tinguiririca, cuya altitud es de 355.^{m}94 sobre el nivel del mar, se desprende el ramal que, orillando más ó menos de cerca la margen sur del río hasta poco antes de Manantiales, sigue con un rumbo general de E. á O. atravesando el valle del Tinguiririca hasta llegar á Palmilla, distante de 177 kilómetros de Santiago y 42 del punto del empalme, y con una altitud de 164.^{m}14 sobre el nivel del mar. La inclinación general de la línea es de bajada de 1% de Centinela á Palmilla, salvo en el empalme con la línea principal y cerca de Manantiales, donde hay trozos con 2% de inclinación. El ramal es poco sinuoso, pero desde Cunaco sigue por la calzada del camino público, lo que es sumamente desventajoso para el tráfico y conservación de la vía.

Esta misma circunstancia obliga á la línea á tener en este trayecto dos curvas bastante cerradas para poder seguir de cerca las ondulaciones del camino. La infraextructura de la vía fué construída económicamente, pero siendo susceptible de mejorarse y de ser colocada más tarde en las condiciones de la vía nor-

mal cuando los recursos lo permitieran ó cuando su tráfico lo exigiere.

La superstructura se construyó con un riel liviano de hierro que pesaba 25 kilógramos por metro, tipo Viñola, con 102 milímetros de alto por 98.2 milímetros de base de apoyo sobre el durmiente 47.$^{m}/^{m}$6 de ancho en el centro de la cabeza y 12.$^{m}/^{m}$7 de espesor en el alma. La línea principal se encontraba en esa época enrielada con riel de hierro de 36.82 kilómetro por metro pero principiaba de Santiago al sur la renovación con riel de acero de 29 kilógramos por metro.

La línea construída de esta manera económica tuvo un costo medio de construcción de 9,820 pesos por kilómetro corrido; mientras que el costo medio de construcción de la línea normal en la sección de San Fernando á Curicó fué de 27,028 pesos por kilómetro. Esta línea económica ha prestado verdaderos servicios al valle del Tinguiririca, y lo sensible ha sido que no habiendo tenido la prudencia de explotarla usando locomotoras ligeras para arrastrar en ella el equipo de la línea normal, fué destruída, por decirlo asi, por el tráfico de locomotoras no proporcionadas para sus rieles, y ha exigido naturalmente una renovación anticipada de toda su infraextructura. A la fecha la línea se encuentra con riel normal hasta Palmilla, y la prolongación hasta Alcones se hace con riel de acero de 30 kilógramos por metro, como las de la frontera: esta prolongación es el primer paso para que esta línea llegue hasta la costa, prolongación que, no dudo, se hará sentir dentro de muy poco tiempo más.

8.—Las líneas *secundarias* de la *segunda categoría*, es decir, las de trocha angosta, construídas, no como copias en miniatura de las vías normales, y por consiguiente que pueden realizar grandes economías en sus gastos de construcción y el equipo, y son por ese hecho, como lo hemos dicho, el verdadero tipo de la línea secundaria, y la que mejor puede convenir á nuestros valles laterales en muchas ocasiones. Daremos, pues, algunos

detalles de los elementos de estas vías tomados de las líneas ya construídas y cuyos resultados han sido favorables. Estas líneas tienen su zona especial para su trazo y no hacen uso de las calzadas de los caminos publicos: tratando solamente de tener un trazado que pueda servir de la mejor manera posible las localidades y de marchar paralelamente á los caminos cuando esa solución ha sido la más conveniente, tanto para disminuir los gastos como para servir mejor las diferentes localidades.

La línea *Mines de Cessous et Trebian* (Annaies des mines de 1874) tiene una traza más ó menos sinuosa y ha sido preciso labrar varios túneles y construir un viaducto de 171 metros de largo, el cual tiene una de sus capas metálicas de 51 metros de alto; pero para hacer toda clase de economías, las locomotoras no pasan por el viaducto, de modo que este ha sido calculado para el servicio de los wagones cargados. Esta circunstancia no es perjudicial al servicio, por cuanto la línea se ha construído simplemente para unir las minas con la vía férrea principal y por consiguiente, el objetivo de la línea secundaria es el transporte de carbón. Las pendientes de esta línea no pasan de 5 milímetros por metro y tiene curvas hasta de 25 metros de radio, siendo su trocha de 0.^{m}80 entre los ejes de los rieles y 0.^{m}766 entre sus cabezas interiores.

Se usan en ella rieles de acero de 6 metros de largo que pesan 12 kilógramos por metro, reposando cada riel sobre 9 á 10 durmientes de encina de 1.^{m}50 de largo por 0.10 × 0.12 de escuadra. La vía reposa sobre una capa de lastre de 0.40 de altura. Los wagones que circulan en la línea son los mismos que salen de la mina y pesan vacíos 450 kilos y cargan 925 kilógramos de carbón. Las locomotoras pesan 8,000 kilógramos en estado de servicio y pueden arrastrar 65 wagones con una velocidad de 15 kilómetros por hora. Estas locomotoras, á causa del servicio especial que tienen que hacer, teniendo que funcio-

nar durante mucho tiempo en un snbterráneo, tienen disposiciones especiales para hacer pasar el vapor de escape debajo de la caja de agua, donde se condensa en parte. Esta disposición es copia de lo que usan las locomotoras del metropolitano de Londres.

El ferrocarril de *Mokta-el-Hadid* (Aljeria), (Annales des mines de 1874) con vía de un metro de trocha y curvas con 250 m. de radio mínimo y cuya traza tiene 0.0085 como inclinaciones máximas, ha sido construído con rieles de hierro de 20 kilógramos por metro corrido y 6 m. de largo; en la enrieladura las eclisas han sido puestas en banda, y los rieles reposan sobre durmientes espaciados de $0.^{m}75$ en $0.^{m}75$ de encina y con $1.^{m}8$ de largo por 0.12 á 0.18 por 0.20 de escuadra. Esta vía ha sido explotada con locomotoras de 6 ruedas acopladas, pesando sobre vacío 16,400 kilógramos y 21 kilógramos lista para marchar. Los wagones para el trasporte de mercaderías son de madera con un peso de 1,900 kilógramos, ó con marco de hierro pesando 2,100 kilógramos, pudiendo todos ellos cargar 5 toneladas de minerales. Los trenes que arrastran las locomotoras son compuestos de 40 wagones pesando 310 toneladas, comprendiendo el peso de la locomotora, y marchan con 17 kilómetros por hora.

La línea de *Gorsedda* (Engineering 1875) en el país de Gales, construída con $0.^{m}60$ de trocha, tiene rieles de doble borlón que pesan 10 kilógramos por metro corrido, reposando sobre durmientes espaciados de $0.^{m}58$ en $0.^{m}58$ y con $1.^{m}22$ de largo por $0.^{m}125$ de escuadra. El peso máximum que se admite por eje es de $2.^{t}5$. Las pendientes de las líneas son hasta de $0.^{m}04$ por metro y el radio mínimo de sus curvas es de 40 metros. La línea se explota con locomotoras ténder de 4 ruedas acopladas, con caldera vertical, que pesan $4.^{t}5$ en servicio y que remolcan cuatro veces su peso en las pendientes de 0.04.

Las líneas de *Noruega* de un metro de trocha (según los da-

tos dados por el señor Sottschaek. Annales des Ponts et Causées), han sido construídas con rieles de 17.^{k}5 á 20 k. por metro, reposando sobre durmientes espaciados de 0.^{m}76 en 0.^{m}76, salvo en las junturas, donde esta distancia se reduce á 0.^{m}45. Los durmientes tienen 1.^{m}80 de largo, son de pino semi-redondos de 0.^{m}22 de diámetro. El ancho de la corona de la cama de la vía es de 3.^{m}80 y el lastre tiene un espesor de 0.^{m}50 sobre un ancho de 2.^{m}44. Las pendientes máximas de estas líneas es de 0.^{m}022, y el radio mínimum de sus curvas de 180 metros. La velocidad de los trenes es de 20 á 25 kilómetros por hora.

Las líneas del dominio de los ferrocarriles del Estado de *Beschitra á Marovieca* (Austria-Hungría) construídas uniformemente con trocha de 0 ^{m}948 entre las cabezas de los rieles, la plataforma de la vía en su corona mide 3.^{m}15 en los cortes, comprendiendo los fosos, y el lastre ocupa una zona de 2.^{m}05 de ancho por 0.250 de alto. Los rieles tienen 0.079 de alto por 6 metros de largo, y pesan k. 17.4 por metro: en la enrieladura están estirados en banda, y reposando sobre nueve durmientes de los cuales, los de las junturas, se encuentran espaciados de 0.^{m}45 y los otros de 0.^{m}694. Los durmientes tienen 1.^{m}65 de largo. Estas líneas son explotadas por locomotoras ténder, de cuatro ruedas acopladas que pesan 11.^{t} en estado de servicio.

La líneas del *Gobierno en Hungría* (Banrere-Nadard) de un metro de trocha, son construídas con rieles de 15 kilógramos por metro y los durmientes tienen 1.^{m}70 de largo por 0.12 de espesor: la capa de lastre que queda debajo de los rieles es de 0.^{m}13 y el ancho de la plataforma de la vía de 3.^{m}20. La traza tiene curvas de 80 metros de radio mínimo é inclinaciones máximas de 0.20 por metro. La explotación se hace por medio de locomotoras de cuatro ruedas acopladas que pesan 14 toneladas en estado de servicio y con ténder de 8 ruedas.

La línea de *San Leone* (Serdeña) cuya traza es bastante accidentada y de 0.^{m}76 de trocha, tiene inclinaciones máximas de

0.^{m}040 por metro y curvas de 45 metros de radio mínimo, ha sido construída con rieles viñolos de hierro que pesan 13 kilógramos. Los durmientes están espaciados de 0.^{m}75 en 0.75 y de 0.67 en las junturas y tienen 1.^{m}40 por 0.15 de escuadra. La línea es explotada con locomotoras que pesan 6.^{t}6 y que marchan con 8 á 10 kilómetros por hora. Los wagones pesaban k. 1310 á k. 1450 y cargan 3100 á 3500 kilógramos. Estas líneas se han mejorado mucho con el tiempo.

La Sociedad de Ferrocarriles secundarios de Suiza que ha construído sus líneas con la trocha de un metro ha establecido la una sobre una capa de lastre, variable según los terrenos, de 0.25 á 0.50 de espesor y de 2.^{m}40 de ancho al nivel superior de los durmientes que miden m. 1.80 de largo. Los rieles de hierros que se han usado han sido de 24 k. por metro y de m.7.90 de largo reposando sobre 9 á 10 durmientes. La explotación se hace en coches americanos de m.2.40 de ancho y wagones que pesan 4 toneladas y que reciben 7 toneladas de carga.

Las líneas del *Estado de la India inglesa* de un metro de trocha tienen rieles de acero de 20 k. por metro reposando sobre durmientes espaciados de 0.^{m}75 en 0.75, término medio. Los coches para el servicio de pasajeros son relativamente pesados por su construcción especial para resistir al clima; pesan de 3.^{t}75 á 4.^{t}36. Los wagones pesan 2.^{t}50 á 3 toneladas y cargan 7 toneladas. La explotación se hace con locomotoras de 6 ruedas acopladas que pesan de 20 á 22 toneladas, de las cuales 16 a 18 son de peso adherente (Engineering.)

En *Australia*, el gobierno provincial adoptó la vía de 1.^{m}07; las trazas de estas líneas tienen pendientes de 0.022 como máximum y curvas de 100 metros de radio mínimum. La vía fué establecida con rieles de 20 k. por metro reposando sobre durmientes espaciados de 0.75 en 0.75. La explotación se hace por medio de locomotoras de varios tipos: el 1.º tiene 6 ruedas aco-

pladas y un eje soporte posterior, con cajas radiales sistema Adan y de un peso de 15 toneladas; el 2.º tipo tiene 8 ruedas 6 acopladas y pesan 20 toneladas; el 3.º tiene 12 ruedas sistema Fairlie de 30 toneladas. Los coches son de 30 á 48 asientos sobre 6 ú ocho ruedas, y los wagones son de 8 ruedas.

9.—Inútil sería llevar más lejos esta serie de ejemplos, puesto que actualmente los progresos de la metalurgia y de la industria, hacen cambiar de año en año el peso total de las locomotoras y su potencia, forma y disposiciones de los carros y wagones, *sin que por esto aumente el peso por eje*; de modo que á la fecha, sin aumentar el peso de los rieles, ni las resistencias de las vías, se pueden hacer circular por ellas trenes más pesados, sin que la carga por eje sea superior á 3 ó 4 toneladas. Las construcciones del tipo Decauville y sus similares, ponen de manifiesto estos hechos, así es que el ingeniero encargado de estudiar una de estas líneas, tendrá siempre que guiarse, para escoger los elementos de la vía y del equipo, por los resultados de los últimos ensayos y de las últimas construcciones de esta naturaleza; sobre todo, debe tener muy presente la clase de servicios que debe prestar la línea que se estudia.

De los ejemplos anteriores parece resultar que en todas las líneas angostas, la velocidad de los trenes es muy reducida; pero fijándonos un poco en que las cifras de velocidades son siempre las de los trenes de mercaderías, y que todos esos datos son relativos á la fecha de construcción de esas líneas, es decir, de los años de 1865 á 1876, se verá que estas velocidades no provienen de otra causa que de las locomotoras entonces en uso; pero, como lo hemos dicho antes, actualmente este inconveniente no existe. Como datos ilustrativos que pongan completamente de manifiesto los adelantos adquiridos por la industria en materia de construcciones de locomotoras adecuadas á esta clase de líneas, vamos á citar algunos de los principales establecimientos de construcción, no pretendiendo tampoco decir la úl-

tima palabra en esta materia puesto que las continuas experiencias y la práctica los va modificando ó corrigiendo. Ahora hay que advertir y no olvidar que cada país ó cada línea tiene sus exigencias especiales relativas al combustible que se emplea, á la distancia que separan las estaciones, y por consiguiente á los puntos donde las locomotoras pueden renovar sus provisiones de carbón y agua, lo que exige estanques ó tendér más ó menos grandes, etc. Así es que estos mismos tipos tendrían que ser estudiados en sus detalles para aplicarlos á una línea dada.

10.—La Sociedad de *Saint-Leonard*, establecida en Lieja, uno de los primeros establecimientos que se ha dedicado en Bélgica exclusivamente á la construcción de locomotoras, ha entregado en estos últimos años los tipos siguientes para la explotación de diversas líneas secundarias:

NOMBRES DE LOS ÓRGANOS PRINCIPALES DE LAS LOCOMOTORAS CONSTRUÍDAS POR LA SOCIEDAD SAINT-LEONARD.	Nombre de las líneas férreas secundarias donde se usan las locomotoras y dimensiones, etc., de sus órganos.						
	Locomotoras-ténder del ferrocarril de Turín á Rivoli (Italia).	Locomotora-ténder de la línea de Juiz de Fora á Piau (Brasil).	Locomotoras-ténder de la línea de Sorocabana á Sorocaba (Brasil).	Locomotora-ténder de la Compañía minera de Sotiel-Coronada de Portugal	Lae. Ste. de Civaquée del servicio de las vías industriales de la Sociedad de Hauts Fourcaux, etc.	Locomotoras-ténder de las líneas secundarias de Nola-Bianno (Italia).	Locomotoras para los trenes expresos de pasajeros de la línea de Amiens á Gantes.
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Diámetro de los cilindros	0.230	0.350	0.305	0.180	0.180	0.320	0.280
Carrera del pistón	0.400	0.450	0.425	0.400	0.300	0.500	0.500
Número de ruedas motrices	4.	6.	4.	4.	4.	6.	2.
Diámetro de las ruedas motrices	0.80	0.90	1.20	0.60	0.60	1.10	1.50
Número de ruedas soportes	—	—	4.	—	—	2.	4.
Diámetro de las ruedas soportes	—	—	0.60	—	—	0.80	1.00
Distancia entre los ejes acoplados	1.50	2.40	1.58	1.10	1.10	2.50	—
Distancia entre los ejes extremos	1.50	2.40	4.25	1.10	1.10	4.30	4,00
	m 2	m 2	m 2	m 2	m 2	m 2	m 2
Superficie de la parrilla	0.4661	0.770	1.290	0.350	0.350	0.920	0.847
	m 2	m 2					
Superficie de caldeo del hogar	2.700	4.500	4.350	1.800	1.800	3.900	3.583
		m 2					
Superficie de caldeo de los tubos	25.600	50.000	38.950	10.000	10.000	44.00	38.705
Presión efectiva en los cilindros	9. atm.	9. atm.	9. atm.	9. atm.	9. atm.	10 atm	9. atm.
Capacidad de los estanques de agua	1200k.	3000k.	2850k.	700k.	700k.	3000k.	2600k.
Capacidad de las cajas de combustible	300k.	1000k.	540k.	110k.	110k.	600k.	600k.
Tracción teórica	2460k.	5694k.	3063k.	1505k.	1505k.	4327k.	1890k.
Tracción efectiva	1700k.	3985k.	2114k.	1053k.	1053k.	2812k.	1420k.
Peso de la locomotora vacía	9000k.	18000k	15500k	5000k.	5000k.	19000k	17500k
Peso de la locomt^ora con sus provisiones	11200k	23000k	19650k	6300k.	6300k.	24500k	22500k
	m.	m.	m.	m.	m.	m.	m.
Trocha de la vía	0.90	1.00	1.00	0.762	0.70	0.95	1.105

Simplemente me he limitado á estos dos tipos más recomendados; pero como se comprenderá fácilmente, hay una variedad enorme de estos tipos, y sus disposiciones de detalle enteramente distintas, según el servicio que tengan que prestar. Hay muchas de estas líneas que son explotadas como simples *tranvías*, en tales casos las disposiciones de las locomotoras son enteramente distintas á las anteriores. Otro tanto sucede, si la línea es exclusivamente minera ó industrial, como sucede entre nosotros, por ejemplo, con las líneas que se desarrollan para hacer el servicio de las diversas secciones de los establecimientos de Lota ó Coronel, etc. En estos casos, á veces las locomotoras con calderos verticales dan excelentes resultados. La Sociedad de Saint-Leonard trabaja actualmente para nuestras líneas del Estado en construcción y de un metro de trocha, locomotoras-ténder, destinadas á su servicio de construcción y que más tarde naturalmente prestarán servicios no despreciables á la explotación; estas locomotoras tienen las condiciones genereles siguientes:

Deben poder remolcar los pesos siguientes:

En vía á nivel ó rampa de i = 0 milímetros...	297.8	toneladas.
en rampa de i = 5 milímetros...	168.6	"
" " " i = 10 " ...	119.0	"
" " " i = 15 " ...	86.0	"
" " " i = 20 " ...	65.6	"
" " " i = 25 " ...	50.2	"
" " " i = 30 " ...	43.0	"

Las locomotoras pesarán 12 toneladas vacías y 15.5 listas para marchar; serán de tres ejes acoplados, con mecanismos exteriores y con las siguientes dimensiones generales para sus órganos:

Diámetro de los cilindros	270	milímetros.
Carrera del pistón	350	"
Diámetro de las ruedas acopladas	800	"
Distancia entre los ejes extremos	2,400	"
Largo del hogar	950	"
Ancho del hogar	750	"
Alto del hogar	900	"
Diámetro medio del cuerpo cilíndrico	920	"
Largo total de la caldera	3,900	"
Largo de los tubos entre las placas tubulares	2,200	"
Diámetro exterior de los tubos	41	"
Números de tubos	109	"
Superficie de la planilla en metros cuadrados	0.69^{m2}	
Superficie del hogar	3.30	"
Superficie de los tubos	30.90	"
Superficie total de caldeo	34.20	"
Capacidad de los estanques de agua	1,600	litros.
Capacidad de las cajas de combustible	500	kilógramos.
Peso de la locomotora vacía	12,000	"
Peso de la locomotora con provisiones	15,500	"
Timbre de la caldera	10	atmósferas.
Tracción teórica	3,300	kilógramos.
Tracción efectiva	2,145	"
Largo de la locomotora entre sus travesaños extremos	5,050	milímetros.
Ancho total de la locomotora	2,000	"
Altura total	3,150	"
Trocha entre las cabezas de los rieles	1,000	"

Las calderas, serán de hierro de calidad extra, timbradas á 10 atmósferas, con remachaduras horizontales de doble fila de re-

maches en zig-zag. El haz de tubos, de latón de cobre, fijado por medio de roscas de acero en la placa del hogar. El hogar, sus travesaños serán de cobre rojo de primera calidad. Las calderas se encontrarán provistas de una válvula de seguridad, de un manómetro metálico, de un indicador de nivel, de llaves de purgas, pito de alarma, etc., y cada locomotora llevará un inyertor y una bomba de alimentación. Los mecanismos serán hechos con hierros granudos de primera calidad y las partes que se frotan serán cementadas y templadas. Los resortes, llantas de las ruedas y ejes serán de acero fundido de primera calidad. Las pruebas, condiciones de detalles, etc., serán las impuestas por los cuadernos de condiciones de la Compañía del Norte Francés.

11.—La sociedad *John Cockerriel de Seraing* en Bélgica, no sólo trabaja locomotoras, sino que su campo de acción abarca toda la esfera de construcciones metálicas, etc., puede, por consiguiente, ofrecer á los ingenieros una variadísima colección de tipos de rieles, locomotoras, cambios, desvíos, tornamesas, etc. y entre ellos nos limitaremos á citar algunos de los más usados y que se relacionan con los ferrocarriles secundarios, dejando á un lado todo lo que se refiera á tranvías ó líneas exclusivamente para el servicio de talleres. Como tipo de rieles de hierro para vías angostas, encontramos desde 4.k75 por metro corrido, que tiene 40 milímetros de alto por 35 de base y 22 milímetros de ancho al centro de la cabeza, aplicable para las pequeñas líneas mineras, y sigue el de 6 kilógramos por metro corrido de 47 milímetros de alto y que puede ser eclisado; su base es 47 milímetros de espesor de la cabeza al centro y 5 milímetros de espesor mínimo del alma. Siguen después los tipos de 8 kilógramos; 8.k700; 9.k400; 10k; 10.k800; 13.k400, 13.k500; 17k y 18k.

Entre los tipos de rieles de acero, que son naturalmente los más empleados actualmente encontramos los de 7 kilógramos

por metro corrido de 50 milímetros de alto, 56 milímetros de base, 25 milímetros de ancho de cabeza y 7 milímetros de espesor del alma: riel viñola y que permite ser eclisado en las junturas. El riel de 9 kilógramos por metro; de 58 milímetros de alto, 53 de base, 31 de ancho en la cabeza y 9 de espesor del alma. El de 10 kilógramos por metro corrido, de 62 milímetros de alto, 57 de base, 31 de ancho en la cabeza y 8 de espesor del alma. El de 11 kilógramos por metro, de 65 milímetros de alto por 65 de base, 32 de espesor en la cabeza y 8 de espesor del alma. El de 12 kilógramos por metro, de 70 milímetros de alto por 70 de base, 33 de espesor en la cabeza y 8 de espesor del alma. El de 18 kilógramos por metro, de 86 milímetros de alto, por 76 de base, 44½ de espesor de la cabeza y 9 de espesor del alma. El de 18 kilógramos el metro de 90 milímetros de alto por 74 de base, 42 de espesor de cabeza y 10 de espesor del alma. El de 20 kilógramos el metro, de 101 milímetro de alto, por 88 de base, 47 de espesor en la cabeza y 9 de espesor del alma, y finalmente el de 25 kilógramos por metro, de $104^{m}7$ de alto por 90.5 milímetros de base, 54 milímetros de espesor de la cabeza y 11 de espesor del alma.

Entre los tipos de locomotoras sólo citaremos las siguientes: la locomotora-ténder para el servicio de líneas secundarias de vía angosta ó normal de 24 toneladas de peso en estado de marcha, 3 ejes acoplados, con una superficie de caldeo de 55 metros cuadrados, caldera con ténder de 10 atmósferas, ruedas motrices de 1 metro y cilindros de $0.^{m}37$ por 0.50, con estanques de agua de 3,000 litros de capacidad.

La locomotora para trenes de mercaderías en líneas de vía angosta, cuyo peso total en estado de servicio es de 28 toneladas con una superficie total de caldeo de 82 metros cuadrados, con calderas timbradas á 9 atmósferas, cuatro ejes acoplados, con ruedas de un metro de diámetro y cilindros de 0.40 de diámetro, por 0.50 de carrera del pistón: estas locomotoras tienen

tender separado sobre tres ejes ó bien sobre dos boguies de 4 ruedas cada uno, según el peso y dimensiones que se le quiera dar al ténder para acumular agua y combustible suficiente para que la locomotora asegure regularmente su servicio entre los puntos de la vía donde encuentre los depósitos necesarios.

Como se ve, su peso de 28 toneladas, repartido sobre cuatro ejes da una carga por eje de 7 toneladas, es decir el peso de los ejes de los wagones ordinarios de las vías de trocha normal. Encontramos también el tipo de locomotora-ténder para ferrocarriles secundarios de vía normal ó de vía estrecha, cuyo peso en estado de servicio es de 19 toneladas, repartido sobre 3 ejes acoplados. El hogar y tubos ofrecen una superficie de caldeo de 45 m/c, el timbre de la caldera es de 10 atmósferas, los cilindros son de $0.^{m}30$ de diámetro, por $0.^{m}45$ de carrera para el pistón. El diámetro de las ruedas motrices puede ser de $0.^{m}90$ á un metro. Los estanques de agua tienen 2,500 litros de capacidad. La locomotora-ténder para ferrocarriles vecinales de vía normal ó vías angostas de 12 toneladas de peso en estado de servicio repartido sobre tres ejes acoplados de modo que no carga más de 4 tonelada por eje, tiene una superficie total de caldeo de 28 metros cuadrados, timbre de la caldera de 11 atmósferas, cilindros de $0.^{m}26 \times 0.^{m}32$ y ruedas motrices con un diámetro de $0.^{m}75$, con estanques de agua de 1,800 litros de capacidad. Y muchos otros tipos perfectamentamente estudiados en relación con los servicios que tienen que prestar, según las líneas, etc.

12.—En el *Creusot*. Los señores Sneider y C.ª se ofrecen tambien una colección de tipos de locomotoras destinados á satisfacer las diversas exigencias de detalle de las líneas, cuyas dimensiones generales y pesos varían como lo hemos visto por los ejemplos citados de las fábricas anteriores y con materiales de primera calidad.

Sólo citaremos los siguientes: una escogida colección de tipos de rieles de acero con los pesos y dimensiones del cuadro siguiente:

PESO POR METRO CORRIDO EN KILÓGRAMOS	ALTURA DEL RIEL EN MILÍMETROS	BASE DEL RIEL EN MILÍMETROS	ESPESOR DEL ALMA EN MILÍMETROS	ESPESOR DE LA CABEZA EN MILÍMETOOS
4 k. el m. c.	41	35	5	20
4.k5 » »	41	40	6	20
7.0 » »	50	50	7	25
9.0 » »	60	55	7	30
9.0 » »	60	50	8	30
9.5 » »	60	60	8	30
12.0 » »	70	60	8	35
16.0 » »	85	70	9	40
16.0 » »	76	63	10	39

Entre los tipos de locomotoras sólo citaremos las condiciones generales de las que se trabajan actualmente en esta fábrica para nuestros ferrocarriles del Estado de un metro de trocha, como tipos de locomotoras de pasajeros y de mercaderías.

LOCOMOTORAS QUE CONSTRUYE EL CREUSOT PARA LAS LÍNEAS DE UN METRO DE TROCHA	LOCOMOTORAS DE PASAJEROS	LOCOMOTORA DE MERCADERÍAS
Cilindros	9.330 × 400	0380 × 0457
Superficie de caldeo de la caja de fuego	3.^{mc}962	6.^{mc}131
Id id de los tubos	48$^{m^2}$122	61$^{m^2}$264
Diámetro de las ruedas motrices	1.140	0.^{m}914
Base de las ruedas motrices extremas	Calculada para pasar por 80 metros de radio.	Calculada para pasar por curvas de 80 metros de radio
Número de ejes acoplados		
Número de ruedas del bogie delantero	2.	4.
	4.	2.
Peso de la locomotora en orden de marcha	19½ ton.	27¾ ton.
Capacidad de agua del ténder	5550 litros	7260 litros
Diámetro de las ruedas del bogie	0.^{m}66	0,^{m}66
Peso sobre las ruedas motrices	13½ ton.	24 ton.
Peso sobre el bogie delantero	6 ton.	3¾ ton.

Habiéndose pedido posteriormente que estas locomotoras pudieran circular por curvas de *60 metros* de radio, fué necesario cambiar el modo de soporte sobre el bogie delantero para ponerlo sobre planos inclinados, y para reducir un tanto las dimensiones de las piezas, se hizo que el timbre de los calderos fuera de 10 atmósferas y por consiguiente se pudo reducir un tanto el diámetro de los cilindros, etc. No seguiremos citando estos ejemplos porque, como se comprende muy bien, su variedad es muy grande: toca, pues, al ingeniero estudiar y escoger su material de construcción y de explotación de la línea que construye teniendo presente sus circunstancias locales, pendientes, etc.

13.—Apuntaremos ahora, como complemento de lo anterior, los elementos constitutivos de las vías de algunas líneas vecina-

les de la *tercera categoría*, es decir, *que han sido construídas aprovechando para la traza una zona de la calzada de los caminos públicos.*

Así el ferrocarril de *Lagny aux carrières de Neufmautiers et à Martcerf*, de 23 kilómetros de largo y de un metro de trocha entre los rebordes interiores de los rieles. El material de la vía es bastante ligero: los rieles pesan 16 kilógramos por metro y tienen 0.^{m}80 de alto por 0.^{m}65 de base y 0.04 de ancho en la cabeza superior; éstos colocados sobre durmientes espaciados de 0.^{m}75 en 0.^{m}75 término medio. La corona de la plataforma de la vía es de 3 metros y el ancho de la zona del lastre es de 2.^{m}60. La línea se explota por medio de locomotoras de seis ruedas acopladas del tipo de Fives-Lille, que pesan 13 á 14 toneladas en estado de servicio; los wagones para el carbón y las piedras pesan 2.^{t}4 y cargan 5 toneladas. Los coches para pasajeros son de tres clases: el tipo mixto de 3 compartimentos, de 2.^{m}16 de ancho interior, el compartimento de primera clase está al centro y tiene 6 asientos, y á los costados hay uno de segunda y otro de tercera con 8 asientos cada uno, ó sean 22 asientos en conjunto; el tipo de tercera clase con tres compartimentos y 24 asientos; y el de primera clase con 18 asientos; estos coches pesan más ó menos 3.5 toneladas, vacíos.

La línea de *Turín* á *Rivolí*, de 12 kilómetros de largo, tiene una plataforma de 3.^{m}20, sobre la cual se coloca la capa de lastre de 2.^{m}00 de ancho por 0.^{m}40 de espesor, para una trocha de 0.^{m}90 entre los rieles. Los rieles pesan 21.^{K}5 por metro corrido y reposan sobre durmientes de 1.^{m}80 × 0.^{m}12 × 0.^{m}20, espaciados de 0.^{m}80 en 0.^{m}80 siendo la pendiente máxima de la línea de 17 milímetros. La explotación se hace con locomotoras ténder de 4 ruedas acopladas y de 11 toneladas de peso en estado de servicio. Los coches de pasajeros son de dos clases y pesan 2,600 kilógramos más ó menos, provistos de bancos donde ca-

ben 3 personas por fila. La velocidad media de los trenes es de 20 kilómetros por hora.

La línea de *Lausanne à Echallens*, de 15 kilómetros de largo. Desde la salida casi de la estación de la compañía de la *Lusse-Occidentalle*, la línea entra en una calle estrecha, y por consiguiente, ha debido ser colocada como *tranvía*, es decir, sin rieles salientes y sin cierros; por este motivo y más de los primeros 100 metros el tren marcha al paso y precedido por un hombre que despeja el camino. En muchas partes, para aprovechar las calzadas del camino público, éste ha debido ensancharse de 1.^{m}80 término medio, para dejar á la calzada del camino un ancho de 5.^{m}40 para la circulación de los vehículos ordinarios. La línea presenta curvas de 60 metros de radio y 9 de 100 metros, siendo el máximum de sus inclinaciones de 0.04 sobre 600 metros, 0.036 sobre 500 metros y 0.03 sobre 795 metros. La cama de la vía tiene un ancho en su corona de 3 metros con una banqueta de 0.^{m}20 á cada lado. La capa de lastre es de 2.^{m}00 de ancho en la corona y con 0.^{m}30 de espesor, formando saliente sobre el nivel de la calzada del camino. La vía tiene un metro de trocha, y está compuesta de rieles de 6.^{m}40 de largo que pesan 29 kilógramos por metro corrido (riel de hierro) colocados sobre 6 durmientes espaciados de 1.^{m}16, salvo los de las junturas; los durmientes tienen 1.^{m}50 de largo por 0.16 × 0.12 de escuadra. La explotación se hace por medio de locomotoras del tipo del Creusot que pesan 3 toneladas con toda provisión y una del tipo Krauss de 14 toneladas. La velocidad media de los trenes es de 20 kilómetros por hora.

La línea de *Broëlthal* (Prusia del Rhin), al principio establecida sobre la calzada del camino y cuyo riel interior está al nivel del suelo: últimamente la línea se prolongó de 10 kilómetros más, saliendo del camino y marchando por el campo, mediante una subvención de 225,000 francos, el precio del kilómetro descendió de 27,000 á 25,000 francos; pero desde esta prolongación y des-

de la admisión de pasajeros en su servicio, la línea ha tenido menos beneficio que antes cuando era explotada como simple línea industrial. El juego para el pasaje del reborde de las ruedas se obtiene simplemente con una depresión del nivel del macadán de la calzada, sin ningún contra-riel, como en un simple tranvía. Esta disposición no parece haber ofrecido inconvenientes y ha sido adoptada más tarde para las vías de los tranvías de Stutgart en sus ramales cerca de Strasbourg. No hay más que un solo tren por día en cada sentido, y un solo coche de pasajeros basta para el servicio.

14.—A esta tercera categoría pertenecen sin disputa todos los tranvías, sea que su tracción se efectúe por medios mecánicos por la electricidad, por medio de calderos con vapor sobre calentado, etc., y aún los de tracción animal, de los cuales, como lo he hecho presente al principio, no entraré á ocuparme en el presente estudio, aunque sea realmente muy difícil deslindar cual es el tranvía y cual es la línea realmente vecinal, puesto que un tranvía bien establecido puede, en circunstancias locales adecuadas y en regiones relativamente pobres, hacer los mismos servicios que una línea de interés secundario.

FERROCARRILES SECUNDARIOS CHILENOS

15.—Entre nosotros, los ferrocarriles secundarios se han desarrollado lentamente, y hasta la fecha se puede decir que han nacido, gracias á nuestra industria minera en las diversas zonas del norte. Todas esas líneas han vivido prósperamente mientras los centros mineros que favorecían con sus trasportes, han tenido una explotación y producción suficiente para alimentarlos; pero, con los dineros alternativos de nuestra industria del cobre, ha habido algunos de ellos que desgraciadamente se han encontrado en situaciones de explotación onerosa y, por consiguiente, han debido subir sus tarifas, y aún así no han conseguido buenos beneficios. Por este motivo el Estado ha pensado

en su adquisición, queriendo así venir en ayuda de los intereses comerciales de las provincias del norte. No tengo conocimiento sino de la adquisición de una de esas líneas, las circunstancias financieras del país han aplazado la adquisición de las otras. Ultimamente, mi amigo, el señor Enrique Vergara Montt, me ha comunicado que se ha hecho cargo de la construcción de una pequeña línea vecinal que unirá Santiago con el Puente Alto, unión de los caminos de Pirque y San Bernardo á San José de Maipo, con un largo de 21 kilómetros, sin que su trayecto tenga grandes dificultades de construcción.

Esta sería la primera línea de interés local agrícola, que se construye de Ovalle al sur, por cuenta de particulares y sin subvención del Estado; ojalá este ejemplo sea seguido por muchos otros grupos de hacendados, que sacarían verdada ganancial mejorando los sistemas de acarreos de sus productos hasta las estaciones de los ferrocarriles del Estado, ó bien á los centros de consumo, como Santiago, Talca, Chillán, Concepción, etc., etc.

16.—Los elementos de las principales líneas secundarias existentes hasta la fecha, son las siguientes:

Las líneas férreas existentes en Chile, se pueden clasificar en tres grupos perfectamente caracterizados:

1.º Ferrocarriles de *interés local* ó *industrial* que sirven ciertos establecimientos y al mismo tiempo las localidades por donde atraviesan.

2.º *Ferrocarriles mineros*, que sirven una zona dada ó un centro minero compuesto de tres ó cuatro pequeñas poblaciones ó un grupo de minas más ó menos considerable; y

3.º Las *líneas de interés general*, que sirven tanto para la producción industrial agrícola, como para el desarrollo general del país. Estos úitimos de los cuales no nos ocupamos en el presente trabajo, seencuentran siempre en poder del Estado y han sido construídos y son explotados por cuenta fiscal ó con subvencio nes fiscales.

El largo de las líneas *secundarias* é *industriales* es el siguiente:

Líneas mineras y de servicio local ó secundario.

	Kilómetros.	Kilómetros.
Pisagua á Tres Marías 90 kilómetros y ramales á Agua Santa y Puntuchara y desvíos	106.000	
De Iquique á Tres Marías 109 kilómetros á Virginia 31; ramales á Bodegas y desvíos	194.000	
De Patillos á Salitreras del Sur	93.000	393.000
Desde Mejillones del Sur al Mineral de Cerro Gordo	29.000	
De Antofagasta, por Salinas, Calama, Ascotán, hasta los límites con Bolivia	440.000	
Taltal á Refresco (habiéndose prolongado hasta Cachiyuyal sin conocer la distancia de Refresco á este último punto)	82.000	551.000
Chañaral á Salado / Ramal á Ánimas	60.000	
Caldera á San Antonio	151.200	
Paipote á Puquios	50.300	
Pabellón á Chañarcillo	40.000	301.500
Carrizal Bajo á Carrizal Alto 36 kilómetros y 45 al mineral de Cerro Blanco al este		
A la vuelta	81.000	1,245.500

De la vuelta.....	81.000—	1245.500
De Coquimbo á la Serena y la Compañía.	15.000	
De Coquimbo á Ovalle y ramal á Palmilla.....	123.000	
De la Serena á Elqui ó hasta el pueblo de Rivadavia al este de Vicuña.....	78.000 —	297.000
Total.....	=	1542.500

Ferrocarriles de interés local ó industrial.

	Kilómetros.	
De Tongoy á Tamaya.....	55.00	
De Coronel al Muelle.....	3.00	
Lota al Muelle.....	2.95	
De Laraquete, Arauco y Moquegua.....	40.00	
Punta Arenas.....	2.00	
Estación de Batuco á la Mina Desengaño.....	5.00 —	107.950
Total.....	=	1650.450

ó sea un total de 1650 kilómetros 450 metros.

17.—Principiaremos la descripción sumaria de estas líneas, principiando por las del norte.

Ferrocarril de Iquique.—La línea férrea que pone en comunicación á *Iquique* con *Pisagua*, sale de Iquique hacia el E. y N. faldeando los cerros, después hace un ángulo y toma al S. pasa por la estación del *Alto del Molle* á 16.5 kilómetros de la ciudad y por la aldea de *Santa Rosa*; la vía se ramifica hacia las oficinas salitreras y termina en *La Peña*; otro ramal toca en *La Noria* y otras oficinas como *Argentina*, *Colina*, *La Solferino*, *Cantor de la Sociedad*, etc., hasta *Pisagua*. Un tercer ramal de la línea sirve las salitreras de *Rinconada*, *Concepción* y *Carmen*

Alto. La tarifa en 1888 era de un centavo por cada 1609.315 metros y por cada 46.009 kilógramos.

El principal objeto del ferrocarril es servir las oficinas salitreras; el ancho de la trocha de eje á eje de los rieles es de 1^{m}504 ó sea 1.^{m}434 *entre los rebordes interiores de los rieles.* Al principio se usaron en la línea rieles de hierro, los que han sido cambiados por rieles de acero del mismo alto para no introducir perturbaciones en las renovaciones, pero de perfil diferente: el riel de *acero actual,* tiene 0.^{m}107 de alto por 0.^{m}102 de base con un peso de 30.8 kilógramos por metro corrido: el largo de los rieles es de 7.^{m}315. Las eclisas y los clavos que quedan en la vía son de tipos muy variados, usándose al principio las zapatillas y ahora últimamente las eclisas ángulos de 0.^{m}457 de largo con peso de 1k928 cada una. Los clavos que se usan actualmente son de 0.^{m}14 de largo y de 0.^{m}0145 de sección Todo el material que se usa en la línea es del sistema inglés, y el servicio de las locomotoras es local ó seccional, contribuyendo así todas al tráfico general de la línea. Las locomotoras *Fairlies-Patent* números 9, 10 y 15 pesan 58.696 toneladas; las números 33, 34, 35 y 36 pesan 67.712 toneladas.

Las locomotoras del sistema *Fowler y Ca.* núm. 40 y 44 pesan 50.^{t}600, y las del tipo llamado *Sharp-Hendart* núm. 30 y 31 pesan 35.^{t}420, y las núms. 28 y 39 pesan 38.^{t}640.

Las locomotoras de mejor peso son dobles, con seis pares de ruedas acopladas y cuatro cilindros: las bielas están acopladas de tres en tres pares, cuyas posiciones corresponden á dos colocaciones extremas de los pistones en los cilindros. Cada tres pares de ruedas acopladas constituye un sistema de dos delanteros y dos traseros con pestañas y un par central sin pestañas. El diámetro de las ruedas es de 1.^{m}015: la locomotora tiene un solo caldero y un hogar al costado. De este mismo tipo hay otras con ruedas de 0.^{m}70 de diámetro.

Algunas de las locotoras sencillas tienen tres pares de ruedas

acopladas con un diámetro de 1.^{m}22 y otras con bogies con dos pares de ruedas acopladas. El trabajo de estas locomotoras, como lo hemos dicho, es local ó seccional, según las gradientes de trazado: las locomotoras sencillas hacen su servicio en el interior de las pampas, es decir, en las partes á nivel ó de pendientes más suaves; las locomotoras dobles estando destinadas para las subidas y bajas á las salidas de *Iquique* y de *Pisagua*, cuyas gradientes son muy fuertes.

Según los perfiles, al lado de Pisagua, la bajada tiene una inclinación de 4.75% y al lado de Iquique de 3.83%; pero las gradientes efectivas son de 5% para el lado de Iquique y de 6.15% al lado de Pisagua.

Mientras toda la red de líneas de *Tarapacá* tiene una trocha de 1.^{m}434 por excepción el ferrocarril de Patillos á la quebrada de Pica tiene una trocha de 0.^{m}762.

18.—*Ferrocarril de Antofagasta.*—La línea férrea de Antofagasta es de 0.^{m}762 de trocha: saliendo del pueblo se dirige al sur y toma la *quebrada de Mateo* hacia el oriente, dobla después al norte faldeando los cerros *del Ancla* por el este y toma al fin por el NE. hacia *Mantos blancos, Carmen Alto, Salinas, Punta Negra, Caracoles, Calama y Azul*, etc., etc., para llegar á *Ascotán* y llegar á la frontera de *Bolivia* y los centros del mineral de *Huanchaca.* El ferrocarril á más de ocuparse de los acarreos de caliche que son beneficiados en *Antofagasta* por la Compañía Salitrera y el acarreo de los minerales de plata de varios centros mineros, etc. favorece toda una comarca é interna en retorno la carga destinada á los minerales de *Caracoles* y demás puntos del desierto como *Calama, San Pedro de Atacama*, etc. La prolongación de la línea hasta la frontera *boliviana* y mineral de *Huanchaca* traerá naturalmente un aumento en los acarreos de minerales y en las mercaderías de retorno que se intenaran á Bolivia, por lo cual esta línea toma hasta cierto punto un carácter internacional.

El largo de esta línea hasta *Conchi* es de 300 kilómetros, y

este punto se encuentra á 3099 metros sobre el nivel del mar De *Conchi* á *Ascotán* hay 62 kilómetros y 844 metros de desnivel, puesto que *Ascotán* se encuentra á 3943 metros sobre el nivel del mar. La gradiente máxima de la línea es de 2.98% y la curva de radio mínimo tiene en la traza 165 metros. En esta línea se usa el riel de *acero* de 17k.399 por metro corrido, riel llamado *Rhimney* de 0.^{m}076 de alto y 0.^{m}076 de base, con 0.012 de espesor en el alma. Las eclisas tienen una sección en *S* con cuatro pernos cada par de eclisas y 0.40 × 0.08 × 0.012 de sección: la forma de la eclisa tiene por objeto hacer que tope en los durmientes é impida la rodadura de la línea en las gradientes y pendientes. La línea esta establecida sobre durmientes de madera de 1.^{m}65 de largo y de 0.18 × 0.10 de escuadria y asegurada con clavos de 0.09 × 0.012 × 0'012: los pernos de las eclisas son de 0.10 × 0.016.

Las máquinas que hacen el servicio de esta línea que pesan 23.900 kilógramos en servicio, son de tres ejes acoplados: el diámetro de los pistones de los cilindros es de 0.356 y la carrera del pistón es de 0.^{m}508: el diámetro de las ruedas es de 0.914. Hay también locomotoras que pesan 25,450 kilógramos en servicio con las dimensiones generales siguientes: diámetro del pistón 0.^{m}33, carrera del pistón 0.508, con dos ejes acoplados y con ruedas de 1.^{m}117 y 1,^{m}219 de diámetro. Por último las locomotoras de 37,620 kilógramos (sistema Compound Engines) tienen los cilindros de alta presión de 0.254 de diámetro interior y 0.508 de carrera del pistón, y los cilindros de baja presión de 0.508 de diámetro y 0.457 de carrera. Estas locomotoras son de tres ejes acoplados y con ruedas de 0.914 de diámetro. El costo medio del kilómetro de vía ha sido de 9.500 pesos oro. La tarifa del ferrocarril de Antofagasta tiene por base el cobro de un centavo de subida y medio centavo de bajada por cada kilómetro y por cada 100 kilógramos.

(Continuará).