

CONSIDERACIONES

SOBRE LA VÍA NORMAL Y LA VÍA ESTRECHA EN LOS FERROCARRILES SECUNDARIOS; TEMA DESARROLLADO SOBRE UNA CONFERENCIA DEL INGENIERO ITALIANO GUSTAVO PINCHERLE

(CONTINUACIÓN) (1)

En los ferrocarriles de vía estrecha las locomotoras son en su mayor parte de vapor, en menor escala se usan las eléctricas, y en muy pocos casos las de aire comprimido ó gas.

El ancho de la vía tiene una gran influencia sobre todas las partes de la locomotora, y una conveniente disposición es tanto más difícil cuanto menor sea la separación de los carriles y mayor la potencia de la locomotora. La adaptabilidad al terreno, como se ha dicho, es la principal ventaja de la vía estrecha, y ésta requiere, naturalmente, la correspondiente adaptabilidad de la locomotora.

La elección de una anchura menor se refiere también á la adopción de un material más ligero, lo que conduce á la necesidad de elegir locomotoras de poca carga sobre los ejes; teniendo presente que para la explotación económica de una línea de vía estrecha es de primera necesidad la adopción de máquinas de gran sencillez y duración.

La construcción de estas locomotoras no es una simple reducción de las construídas para la vía normal; las máquinas adoptadas para la vía estrecha son de una construcción especial que depende de la separación de los carriles. El tipo fundamental de locomotoras para vía estrecha es la *tender*, con recipiente para $\frac{1}{2}$ ó $1\frac{1}{2}$ toneladas de carbón, y de 1 á 3 metros cúbicos de agua; los ejes son, generalmente, en número de 3 á 4, pero en caso de que se necesite una gran potencia, pueden ser de 5 á 6. Sobre la característica de construcción de las locomotoras para vía estrecha, se puede notar que el bastidor se construye, generalmente, entre una caja rectangular, y en algunos casos con cilindro interno, para la vía de un metro.

Para un ancho menor, no es fácil colocar el hogar entre las ruedas, y en este caso se coloca encima ó después del bastidor y las ruedas. Las calderas se calculan para una presión de 12 á 14 atmósferas y los cilindros de 240 á 450 milímetros para el ancho de un metro y 0,75 metros. En el caso de locomotoras á expansión múltiple y cilindros á baja presión, éstos pueden ser hasta de 550 milímetros. La carrera de los émbolos, para la vía de un metro, puede ser hasta de 600 milímetros, y para la de 0,75 metros no más, de 450 milímetros. Las locomotoras de 0,60 metros tienen un cilindro de 140 á 300 milímetros de diámetro, con una carrera del émbolo de 240 á 400 milímetros.

El diámetro de las ruedas motrices para una vía de un metro varía entre 800 y 1.400 milímetros; para una vía de 0,75 metros, de 700 á 900 milímetros, y para una de 0,60 metros, no pasa de 850 milímetros.

El eje geométrico de la caldera se encuentra de 1,50 á 1,80 metros sobre el plano horizontal. Las distribuciones, en las locomotoras europeas, están colocadas al extremo del bastidor, y en las americanas en el interior. Las distribuciones más en uso son las de *Stephenson*, *Von-Good*, *Allan*, *Heusinger*, *Joy* y la llamada *contra palanca*, que se ha empleado mucho en los últimos años.

El peso en servicio está en estrecha relación con la armadura, y si ésta es suficientemente robusta, se pueden adoptar locomotoras de más de seis ejes. En Europa están en servicio máquinas

para vía de un metro con un peso hasta de 60 toneladas. Las máquinas para vía de 0,60 metros no tienen un peso superior á 20 toneladas, que puede disminuir hasta 5 toneladas.

La carga sobre los ejes, para distancias entre carriles de un metro y 0,75 metros, puede ser de 8 á 12 toneladas, pero generalmente no se pasa de 5 á 6 toneladas.

La fuerza de tracción para dichas vías varía entre 2.000 y 4.000 kilogramos, notando que para las vías de montaña ésta debe subir hasta 6.000 kilogramos. Para la vía de 0,60 metros no se pasa de 1.500 kilogramos. La potencia de las locomotoras es comúnmente de 3 HP. por metro cuadrado de superficie de calentamiento.

Hay máquinas de 350 HP. para las vías de 1 y 0,75 metros; para la vía de 0,60 metros no pasan de 120 HP. Estas elevadas potencias se pueden obtener con las máquinas *compound*. La velocidad puede ser de 50 kilómetros por hora, y á plena carga varía entre 10 y 20 kilómetros.

Para ver ahora á ver la influencia que tiene la reducción del ancho de la vía sobre los vagones de carga y de pasajeros.

La disminución del ancho de la vía tiene una grande influencia sobre la construcción de los *ejes*, los *ganchos*, los *topes* y sobre la altura y anchura de las plataformas. Tanto menor es el ancho de la vía, tanto más bajo debe encontrarse el centro de gravedad del vagón para poder oponer en las curvas estrechas la necesaria estabilidad; admitiendo que para las pequeñas velocidades, generalmente adoptadas para los ferrocarriles de vía estrecha, el peligro de descarrilamiento depende de la altura del centro de gravedad.

La cuestión de adoptar vagones de pequeña ó grande capacidad, depende del carácter del tráfico; en cuanto á los vagones que dan ó reciben la mercancía de un ferrocarril ordinario, esta consideración es de otra índole.

Conviene, pues, para tener una buena utilización de los vagones de vía estrecha, que la capacidad de éstos sea una fracción exacta de la que corresponde á los de la vía de anchura normal.

La capacidad de los vagones en las grandes líneas es generalmente de 10 y de 15 toneladas. Convendrá, pues, dar á los de la vía de anchura menor una capacidad, respectivamente, de 5 y 7,50 toneladas. Se comprende que para cada caso es necesario calcular la fracción que presente mayores ventajas. Para las líneas de vía estrecha, cuyo tráfico sea suficientemente importante, se pueden adoptar vagones de una capacidad mayor, la cual en ciertos casos conviene que sea igual á la de vagones de una línea ordinaria (de vía normal).

Recordando que para los vagones de 5 á 6 toneladas de capacidad son suficientes dos ejes, y que para aquellos de capacidad mayor son necesarios los vagones movibles, veremos ahora lo que es de mayor importancia para nosotros, es decir, la relación entre el peso útil y el peso propio de los vagones de carga y pasajeros. Tanto para los vagones de carga como para los de pasajeros, la relación entre el peso útil y el peso propio es mayor en la vía estrecha que en la normal, debido al menor peso de la construcción y á la mayor utilización del material. Según algunos autores, en la vía de un metro se puede economizar el 20 por 100 del peso propio, en comparación con la vía normal. Otros autores, como Glünder y Wendland, han calculado esta economía como término medio de 35 por 100 y como mínimo del 12 $\frac{1}{2}$ por 100 siempre que se emplee todo el peso útil del tren tanto en la vía normal como en la estrecha. Liebmann, en su conferencia «Normal oder Schmalspur», 1902, da á propósito de esto una interesante tabla de relación en donde podemos hallar la economía entre el peso de un puesto en un vagón de pasajeros, en la vía normal, y el correspondiente en las vías estrechas de un metro

(1) Véase el número anterior.

y 0,75 metros y 0,60 metros. La relación entre el peso útil y el propio de los vagones cubiertos y descubiertos, y la economía de peso que se obtiene para las dos especies de vagones, en relación con los anchos indicados, es como sigue:

NATURALEZA DEL TERRENO	Costo por kilómetro de vía normal con ancho de 1.445 metros. Francos.					
Terreno llano.....	De 162.500 á 225.000					
Ligeramente ondulado.....	De 185.500 á 275.000					
Fuertemente ondulado.....	De 250.000 á 325.000					
Ligeramente quebrado.....	De 300.000 á 400.000					
Fuertemente quebrado.....	De 350.000 á 500.000					
Ligeramente montañoso.....	De 425.000 á 625.000					
Fuertemente montañoso.....	De 500.000 á 750.000					

NATURALEZA DEL TERRENO	COSTO POR KILÓMETRO DE VÍA ECONÓMICA					
	Francos.	Francos.	Francos.	Francos.	Francos.	Francos.
Terreno llano.....	37.500	62.500	25.000	40.000	19.750	32.250
Ligeramente ondulado.....	57.250	87.500	37.500	62.000	25.000	37.500
Fuertemente ondulado.....	75.000	112.000	57.250	75.000	32.500	50.000
Ligeramente quebrado.....	100.000	150.000	62.500	87.500	37.500	62.500
Fuertemente quebrado.....	137.500	175.000	75.000	112.000	57.250	87.500
Ligeramente montañoso.....	162.500	200.000	100.000	137.500	75.000	100.000
Fuertemente montañoso.....	187.500	250.000	125.000	175.000	81.250	125.000

El Director de la red ferroviaria del Austria inferior, I. Fögowitz, da como medio peso propio por un asiento de viajero sobre la vía estrecha 144 kilogramos y de 200 kilogramos sobre la vía normal, de donde resulta que un tren para 300 personas pesaría 43,2 toneladas en la vía estrecha y 60 toneladas en la normal. Admitiendo un peso medio de 80 kilogramos por persona, el mismo tren cargado pesaría, en la vía estrecha, 67,2 toneladas y en la vía normal 84 toneladas, resultando una economía del 20 por 100 en fuerza de tracción. Un vagón cubierto arrastra por 10 toneladas de peso propio 7 toneladas de peso útil en la vía normal, y para la misma capacidad en la vía estrecha 5,8 toneladas. Un vagón de carga descubierto en vía normal 7 toneladas y en vía estrecha 4 toneladas. Resultando así una economía del 8 por 100 en los vagones cubiertos y del 18 por 100 en los descubiertos.

En resumen: para determinada cantidad de pasajeros y de mercancías, el peso del tren es menor para la vía estrecha y mayor para la vía normal, obteniéndose en la primera una mejor utilización del material móvil.

3.º Potencialidad de la línea de vía estrecha.

La disminución de potencialidad de la línea de vía estrecha, en relación con la de vía normal, se exageró un tiempo demasiado. Existen ferrocarriles de vía estrecha que tienen un tráfico de mercancías y pasajeros en cantidad, no sólo igual, sino mayor que el de ferrocarriles secundarios de tipo ordinario.

La línea estrecha de 0,76 metros St. Pölten Mariazell, en Austria, tiene una longitud de 64 kilómetros y en casi toda su extensión se puede definir como una línea de montaña, en terrenos difíciles, y ya da tránsito anual á un millón de viajeros, para cuyo servicio hay varios trenes directos.

En tiempos pasados se presentaron muchos inconvenientes para la adopción de la vía estrecha: la incomodidad para los pasajeros y la poca velocidad fueron dos puntos que ocasionaron grandes discusiones. Estos inconvenientes se obviaron primero en Norte América, en donde se han generalizado las vías estrechas, y después en muchos otros países de Europa, en condiciones muy satisfactorias, por ejemplo, la de Bosno-Erzegovese, la

que presenta todas las ventajas y comodidades de las líneas principales.

En cuanto á la velocidad, también se han obtenido notables resultados.

En la ya citada línea Bosno-Erzegovese, los trenes directos tienen una velocidad de 42 kilómetros por hora. En la de Festiniog la velocidad es de 45 kilómetros, y en algunas de Norte América alcanza ésta á 60 kilómetros.

Para el tránsito de mercancías, además de la cantidad se debe tener en cuenta la calidad del transporte. La potencialidad de la línea de vía estrecha á este respecto no puede ser comparada con la normal, en el sentido de pretender hacer transitar por ella, si esto es posible, con el mismo número de trenes que sobre una correspondiente línea ordinaria, la misma cantidad de mercancías. Tomando la cosa en sentido general, resulta, sin duda, que una línea de vía estrecha es igual en potencialidad de tráfico á una línea ordinaria.

Para definir la cuestión de la potencialidad como se ha expuesto, ocurre ver si la locomotora para la vía estrecha puede ser tan potente como una ordinaria de igual importancia y construcción, y si la relación del peso útil del tren completo en la vía estrecha no es desfavorable con respecto á la que corresponde á un tren ordinario.

Si las locomotoras son de menos potencia, ó si el peso propio á igualdad de peso útil, es mayor, se tendrá en ambos casos la necesidad de mayor número de trenes, mayor cantidad de material móvil, mayor instalación y mayores gastos de explotación.

Como hemos visto, se pueden construir locomotoras para vía de un ancho de 0,75 metros en adelante, que en fuerza de tracción no son inferiores á las construídas para las líneas secundarias normales. La relación entre el peso propio y el útil, en la vía estrecha, es mucho más ventajosa y, en la peor hipótesis, igual la que corresponde á la vía normal.

4.º Costo y economía posibles en una línea de vía estrecha comparativamente con una de ancho normal.

Muchos son los elementos que ocurren en la reducción de los gastos en la construcción de una línea de vía estrecha. Al estudio técnico debe anteceder un estudio de índole económica, en el cual se debe buscar el producto máximo que la línea de vía estrecha puede dar. Para esto es necesario, naturalmente, tener los datos de comparación entre el costo de una línea secundaria normal y el de la misma línea reducida, construídas en análogas condiciones.

Economía en el costo de construcción.

- 1.º La menor anchura de la plataforma de la vía.
- 2.º La pendiente mayor, superior á aquella generalmente adoptada para las vías ordinarias.
- 3.º El menor radio de las curvas.
- 4.º La reducción de longitud de las alineaciones rectas, interpuestas entre curvas invertidas.
- 5.º La disminución de la longitud y de la sección transversal de los túneles.
- 6.º La reducción del peso del material, en relación con la naturaleza y calidad del tráfico á que se destina la línea.

Economía sobre los gastos de explotación.

- 1.º La reducción de la velocidad, en relación con la mayor ó menor importancia del tráfico.
- 2.º El empleo de locomotoras ténder.
- 3.º El empleo de vagones especiales con corredor interno y comunicación directa, con los cuales es posible hacer el servicio con un personal más ó menos limitado.

- 4.º La reducción á sólo dos clases de vagones para viajeros.
- 5.º La adopción del menor tipo de vagones.
- 6.º La reducción al menor número de estaciones, las que se sustituyen con apeaderos, disminuyendo el personal de empleados.
- 7.º La supresión total ó parcial de la vigilancia en la línea.
- 8.º La adopción de trenes mixtos.

Según Haarmann, el costo de una línea secundaria de vía estrecha es: para ancho de un metro el 70 por 100; para 0,75 metros el 60 por 100, y para 0,60 metros el 40 por 100 del costo de una de ancho normal.

Estas cifras de Haarmann parece que son demasiado bajas, favoreciendo mucho á las vías estrechas; por lo tanto, es de aconsejar se consideren un poco más elevados estos valores, en el caso de proyectar una línea de vía estrecha.

5.º *Casos en que se debe adoptar la vía estrecha.*

Habíamos dicho precedentemente que para el estudio de comparación de un proyecto de ferrocarril de vía normal y uno de vía estrecha, entre dos centros y con trazado diverso, era necesario establecer un estudio preliminar de índole económica para la determinación del ancho de la vía. Nördling, Consejero ferroviario del Ministerio de Comercio, de Viena, propuso la siguiente fórmula:

$$0,05 EL \geq pT \quad (1)$$

Llamando L la longitud de la vía férrea económica, E la economía por kilómetro sobre el gasto de construcción, p el gasto para transportar una tonelada de mercancía, T el número de toneladas que se deben transportar en un año, y suponiendo que se capitalice al 5 por 100 el dinero economizado en la construcción.

Moreno (*) aconseja la admisión de un término E_1 que re-

(*) Especialista ferroviario.

presente la economía por kilómetro en el gasto de explotación, de donde resulta

$$(0,05 E + E_1) L \geq pT \quad (2)$$

Yo creo que la fórmula para el cálculo de comparación debe ser un poco más extensa, es decir: suponiendo que el trazado del ferrocarril de vía estrecha se elija casi siempre por sitios distintos de los correspondientes al trazado normal, el trazado de vía estrecha podrá ser más largo ó más corto: el primer caso podrá verificarse cuando se quieran evitar largos viaductos ó importantes obras de fábrica, el segundo cuando se pueda, con pendientes mayores y radios de curvatura menores, acortar el trazado.

Representando con

l la longitud de la vía de ancho normal.

l_1 la ídem íd. estrecha.

C el costo de construcción por kilómetro de la primera.

C_1 el costo de construcción por kilómetro de la segunda.

E el gasto de explotación por kilómetro de vía de ancho normal.

E_1 el gasto de explotación por kilómetro de vía estrecha.

y, como anteriormente, llamando p el gasto para el transporte de una tonelada, y T el número de toneladas que se deben transportar en un año, y suponiendo aún que se capitalice la economía de construcción al 5 por 100 resulta que

$$0,05 (lC - l_1 C_1) + (El - E_1 l_1) \geq pT$$

Resolviendo la ecuación para l_1 tendremos la longitud mínima de línea para la cual conviene la vía estrecha, y el consiguiente transporte de mercancías; resolviéndola por T , tendremos el número de toneladas de mercancía para el cual ya no conviene la vía estrecha.

(Continuará.)

FULGENCIO ARCHILA (1).

(1) De los Anales del Instituto de Ingenieros de Chile.

REVISTA EXTRANJERA

Las recientes locomotoras de vapor del Pennsylvania Railroad (Estados Unidos).

El servicio de las grandes líneas exige en la actualidad la tracción de trenes pesados á gran velocidad, y durante largos trayectos sin interrupción para los trenes de viajeros, principalmente; para los de mercancías, si la velocidad puede ser menor, es, en cambio, mayor la carga.

En la construcción de las locomotoras recientes no ha habido más remedio que aumentar cada vez más la potencia y, por consecuencia, la capacidad de la caldera. A las antiguas explotaciones, que comprendían trayectos relativamente cortos, recorridos á gran velocidad por trenes ligeros, ha sucedido la tracción regular de trenes pesados y rápidos.

La necesidad de potentes locomotoras se ha hecho sentir, sobre todo en los Estados Unidos, donde se han evitado más que en Europa las rampas de gran pendiente y las curvas de pequeño radio en las grandes líneas, y donde los trenes son cada vez más pesados.

Esto es lo que explica el desarrollo que han tomado en América las locomotoras Mallet y la creación de las locomotoras-tenderes que pesan hasta 340 toneladas.

Una de las Compañías americanas que han podido mejor, en este orden de ideas, perfeccionar su material móvil es la del Pennsylvania Railroad, cuya red, muy extensa, comprende líneas

de gran declive (en una de las cuales, como no hace mucho hemos dicho en esta REVISTA, se ha instalado en la actualidad la tracción eléctrica), y que posee en Altoona un laboratorio para el ensayo de las locomotoras que es, sin duda, uno de los más completos y mejor equipados. Bajo la dirección de M. J-T. Wallis, Ingeniero-Jefe de Tracción de esta Compañía, se han hecho numerosos ensayos en este laboratorio, los cuales han conducido á perfeccionamientos sucesivos, referidos, principalmente, á la disposición de las calderas, cuyas dimensiones y potencia han podido ser ampliamente aumentadas. En uno de los tipos más recientes, en la locomotora Pacific, tipo KS4, se ha llegado á las proporciones siguientes, que parece que son las más ventajosas: relación de la superficie de calefacción á la superficie de rejilla: 70,2; relación de la sección total de los tubos á la superficie de la rejilla: 0,12; relación de la superficie de la caja de fuego á la superficie de rejilla: 4,4; relación de la superficie de calefacción de los tubos á la de la caja de fuego: 11.

Vamos á hacer una descripción sumaria de esta máquina y de una locomotora Mikado y á dar algunos detalles de la locomotora Atlantic, construída en 1914, extractando el artículo que á ellas dedica M. Ch. D. en *Le Génie Civil*.

Locomotoras Pacific, tipo KS4 y Mikado, tipo L1S.—La máquina Pacific, representada en la figura 1.ª, es de tres ejes motores acoplados; delante hay una bogia directora y detrás un eje portador. Este tipo se ha establecido para la tracción de los trenes