

TRATADO DE FERROCARRILES

POR JOSÉ KOLBERG,

Profesor de Mecánica práctica y Construcción de vías de comunicación
en la Escuela Politécnica de Quito (1875).

(Continuación).

§ 6.

Varios sistemas de ferrocarriles.

A pesar de estos medios de aumentar el rozamiento activo, no es posible traspasar una pendiente de cierta magnitud (cosa de $\frac{1}{25}$), al menos que no se apliquen otros mecanismos particulares. Así, para subidas ó rampas más empinadas, se emplean los sistemas siguientes:

a). *Sistema de Larmanjat.* Las ruedas motoras no corren sobre los carriles de hierro, sino sobre un camino especial de piedras menudas, ó prisnas de piedra, ó largueros de madera, resultando un rozamiento más poderoso. Con este sistema, hasta el día, no se han efectuado sino experiencias (1869).

b). *Sistema de ruedas dentadas.* Las ruedas motoras son *ruedas dentadas* que engranan en una barra dentada colocada entre los carriles. Este sistema ya se adoptó en las primeras locomotoras por Chapman y Blenkinsop (1812), como que entonces se creía insuficiente el solo roce entre las ruedas motoras y los rieles. Ahora está aplicado solamente en la América del Norte para pendientes hasta de $\frac{1}{3}$, y en la Suiza en el camino de hierro que sube por una altura de 1000 metros á la cima del Righi, teniendo una longitud de 5550^m y una pendiente de $\frac{1}{4}$.

c). *Sistema Wetli.* El movimiento se produce por un cilindro horizontal que tiene una dirección normal á la del camino, y terminado en roscas de hélices opuestas, engrana en las barras de conducción, las cuales entre sí, dos á dos, forman los lados de un ángulo=42° y con los carriles un ángulo=21°. A éste cilindro motor se añaden dos ó más ruedas motoras ordinarias para rampas menos encumbradas, en las que se omiten dichas barras de conducción. El principio de Wetli (1868) acaso es el más perfecto, pero no se ha llevado todavía á la práctica.

d). *Sistema de Fell.* Tiene un tercer carril en medio de los ordinarios, algo más elevado que estos, contra el cual y por ambos costados, rozan fuertemente por un mecanismo particular dos ó más *ruedas motoras horizontales*. Además existen las rue-

das motoras ordinarias, puesto que el riel intermedio se emplea solamente en las rampas más empinadas y curvas menores. Las ruedas motoras horizontales y verticales se ponen en movimiento á fuerza de los mismos cilindros de vapor, ó por distintos. Se ejecutó el sistema de Fell, tan sólo, en el año 1865 en el ferrocarril provisional sobre el Mont-Cenis, en pendientes hasta de $\frac{1}{12}$. Su invención, en verdad, la debemos á *Wignoles y Erikson* desde el año 1830.

II. *Sistemas con motores fijos.* Todos los sistemas que acabamos de mencionar tienen la gran desventaja de que la máquina motriz tiene que cambiar de lugar, participando del movimiento del tren y elevándose á sí misma en las rampas, con lo cual se aumenta considerablemente la resistencia en la subida. Se idearon, por consiguiente, varios sistemas con máquinas fijas, que ocupando siempre un mismo lugar, suministran los medios de arrastrar los trenes, aun en pendientes muy elevadas, y tienen además la ventaja de que el movimiento ya no depende del rozamiento que se verifica bajo las ruedas motoras.

a). *Planos inclinados ó planos de cuerda,* en que la transmisión se efectúa á favor de una cuerda ó cable de alambre. Las máquinas motoras fijas están colocadas sobre la meseta en que termina la pendiente. Pero muchísimas veces, se aplican locomotoras ordinarias auxiliares que arrastran los trenes, corriendo sobre la meseta en vía horizontal, ó descendiendo en una segunda vía del mismo camino de hierro.

b). *Ferrocarriles atmosféricos.* Entre los carriles y en toda su longitud, está dispuesto un tubo en que se mueve un émbolo. Este tubo tiene, asimismo en toda su longitud, hacia la parte superior, una ranura que da paso á un vástago de hierro, que une el émbolo con el carruaje. Estando la ranura herméticamente cerrada, excepto por donde pasa el vástago, lo que se consigue por un mecanismo particular; en el tubo, se puede hacer el vacío ó comprimir el aire por una máquina neumática colocada en una estación remota, por cuya razón el tren ó carruaje seguirá andando. En realidad, solo se ha efectuado la rarefacción del aire. Esta especie de caminos de hierro, en que el impulso del que depende el movimiento, se debe á la presión atmosférica, no ha producido efectos satisfactorios por la debilidad de la fuerza impulsiva, y otros muchos inconvenientes, habiéndose sustituido con el tiempo por ferrocarriles comunes con locomotoras.

c). *Ferrocarriles neumáticos.* Se diferencian de los anteriores solo en que el tubo rodea todo el tren, evitándose así el inconveniente de cerrar la ranura, cosa siempre difícil. La diferencia de la presión atmosférica, en esta construcción, puede ser muy pequeña, puesto que es grandísimo el diámetro del émbolo; por consiguiente no exige cerrarse tan perfectamente, y se disminuye el roce producido por el émbolo. Este sistema, en su principio (1852), sólo se empleó en la conducción de cargas de

menor tamaño por tubos subterráneos; pero en el día va aplicándose, cada vez más, aun para el transporte de grandes cargas y pasajeros.

§ 7.

Clasificación de los caminos de hierro.

Los caminos de hierro pueden distribuirse en varias categorías:

I. *Clasificación según el fin que se pretende.* Así, se dividen en caminos de hierro, *principales ó de primer orden, y secundarios ó de segundo orden.* Los de primer orden establecen la comunicación entre ciudades de primera clase, muy pobladas y distantes; suponen una correspondencia muy activa, y el tren sigue corriendo con grande velocidad y solo se para en las poblaciones principales. Al contrario, los caminos de hierro de segundo orden solo ponen en comunicación ciudades medianas y de menor distancia, suponen poco comercio, exigen menor velocidad; y para obtener el número suficiente de pasajeros y cargas, los trenes se paran aun en las poblaciones menores; además terminan, cuanto es posible, en los caminos de hierro principales.

De donde resulta que en los caminos de hierro de primer orden, las construcciones pueden y deben ser más perfectas, conforme á la comunicación más activa y á la velocidad con que ha de verificarse. Respecto á los caminos de hierro de segundo orden, la rentabilidad es mucho más limitada, y para que puedan sostener la competencia con las carreteras comunes, conviene economizar, cuanto sea posible, los gastos de su establecimiento y servicio. Luego, si á causa de la mayor velocidad, en los caminos de primer orden, se ejecutan curvas de grandísimo radio y pendientes muy aplanadas, profundos desmontes y grandes terraplenes, puentes y túneles magníficos; los de segundo orden seguirán más los accidentes del terreno natural, con mayores pendientes, desmontes menores &c.

II. *Clasificación conforme á la anchura de la vía.* El sistema de dos hileras de carriles que han de procurar á un tren un tránsito seguro, se llama *vía*; y *anchura de la vía*, lo mismo que anchura de los trazos de las ruedas, es la distancia entre los bordes interiores de los carriles.

Esta anchura *debe ser idéntica* en todos los caminos de hierro de primer orden, para que puedan transitar los carruajes de un ferrocarril á otro, lo que demanda la comodidad de los pasajeros, y mucho más, el evitar un costoso trascurso de los efectos del comercio. Además, la idéntica anchura de la vía en todos los caminos principales tiene grandísimas ventajas en tiempo de guerra.

La anchura de la vía comúnmente admitida en los caminos de primer orden y que se llama *anchura normal* es de 1,436 metros = $4'8\frac{1}{2}''$ inglesas. Es la que se introdujo, por primera vez, el camino de Stocktón-Darlington (1828) por el célebre ingeniero inglés Stephenson, inventor de la locomotora en su forma que tiene ahora. Está aplicada en toda Alemania, Austria, Suiza, Bélgica, Suecia, Noruega, Italia, América del Norte, y con poca excepción en Francia é Inglaterra; y en estos últimos países los caminos de hierro que no tienen la anchura normal, se transforman cada día más sujetándose á esta medida. La España ha adoptado por anchura de vía 1,736^m y la Rusia la tiene = 1,524, acaso por razones estratégicas.

En los caminos de hierro de segundo orden es más difícil la cuestión: si se habrá de aplicar la misma anchura de vía que en los de primer orden ú otra menos. Ambos sistemas, pues, presentan sus ventajas é inconvenientes.

Como ventajas de la anchura normal de la vía ó de las *vías anchas*, aplicadas á los caminos secundarios, pueden enumerarse las siguientes:

1) Los vagones pueden pasar de los caminos secundarios á los principales sin el previo cargue y descargue, ventaja grandísima y con que se ahorra en tiempo y gastos, y que en los más de los casos hará elegir la anchura normal; sobre todo si los trechos del camino son cortos, como son los que unen un establecimiento industrial con un ferrocarril de primer orden, se aplicará siempre dicha anchura normal, porque en este caso, el ahorro de los gastos de trascargue puede compensar y aun sobrepasar mucho á los gastos que resultaría estableciendo una vía ancha en vez de la angosta. En porciones de caminos mayores, se elejirá entre ambas construcciones la más conveniente, según lo que dé á conoecer un cálculo exacto en uno ú otro supuesto; y es preciso no perder de vista, la circunstancia, de que el camino de segundo orden tendrá necesidad de un grandísimo número de carruajes, si no está á disposición del ferrocarril principal adyacente.

2) Una anchura de vía más crecida admite mayor velocidad en caminar, sin que se disminuya la seguridad.

3) Las locomotoras de vía ancha presentan menor dificultad en su construcción, siguen andando con mayor seguridad, suministran un efecto útil más considerable y una fuerza de tiro que puede variarse entre límites más distantes.

4) Los caminos de hierro secundarios que tienen la anchura normal y unen entre sí dos ferrocarriles principales, proporcionan los medios de hacer pasar los carruajes de un camino principal al otro.

Las conveniencias de la vía angosta son también muy importantes:

1) Los caminos de hierro que tienen la vía angosta, solo

exigen desmontes y terraplenes angostos, disminuyéndose mucho los gastos para la adquisición del terreno y los trabajos de la primera construcción.

2) Asimismo, por ser menor el peso de las locomotoras, los carriles y las otras piezas de hierro podrán ser también menos fuertes, pesados y costosos.

3) Las traviesas serán más cortas y delgadas, y por lo mismo más baratas, aun cuando se considere solo la unidad cúbica. Del mismo modo será de menor costo el lecho que sirve para asegurar las traviesas.

4) Por ser tan pequeño el peso de los vehículos y de la carga, se podrán construir también los puentes y viaductos más ligeros, y con economía de mampostería, maderas y hierro.

5) La vía angosta permite hacer las curvas menores, es decir, de menor radio; con lo cual se reducen considerablemente los desmontes en terrenos montañosos, y á veces solo por esta circunstancia es posible establecer caminos de hierro en ciertas comarcas.

6) Conforme á la experiencia, los gastos para todo el aparato del transporte son algo menores, aun en igualdad de carga.

7) Las estaciones demandan menos terreno y disposiciones menos complicadas.

8) Además, por la menor anchura, por los menores radios de las curvas y por la poca velocidad propuesta, los carriles de vía angosta se pueden fijar algunas veces sobre buenas carreteras que ya existen, con la ventaja esencial de disminuirse notablemente los gastos para la construcción. Ejemplos semejantes ofrecen los ferrocarriles en el valle de la Bröl y sobre el Mont Cenis.

De todo lo dicho se infiere con cuanta diligencia se haya de hacer la elección entre la vía ancha y angosta, cuando se trata del establecimiento de un nuevo camino de hierro. Sin embargo, las vías angostas sólo se establecerán: 1º si un comercio y correspondencia poco considerable demandan, ciertamente, la mayor economía en los gastos; 2º si el trascargue es menos costoso que el tránsito de los carruajes; y 3º si el camino de hierro de que se trata, no pone en comunicación otros dos principales.

La anchura de vía, en los caminos de hierro de vía angosta, varía mucho y es de 0,63^m á 1,22^m según las circunstancias. Es más ventajoso, solo elegir entre las dos anchuras 1,07^m = 3½ pies ingleses y 0,75^m; porque la primera se ha aplicado muchas veces en Inglaterra, Indias orientales, Australia, Suecia, Noruega y Chile para el servicio de cargas y pasajeros; y la última, por el pequeño peso de la locomotora, de los vagones y carriles, transportables cuales se emplean en grandes obras de fábrica y tierra, y son más baratos todos los utensillos de un camino de hierro, si se hacen según una medida determinada.

III. *Clasificación según el número de vías.* Hay caminos de

hierro con una, dos ó más vías. El establecimiento de dos vías es más costoso [cerca de 40%] pero también más acomodado para un comercio de mayor frecuencia, pudiendo dos trenes encontrarse y cruzarse entre dos estaciones, con lo cual se aumenta notablemente el número de los vagones que pueden transitar por un camino de hierro en un día.

Cuando es probable la mayor frecuencia, sin dejar de ser algo dudosa, se compran los terrenos, ejecutan los túneles, viaductos y puentes como conviene á dos vías. Mas al principio, no se colocarán sino las dos hileras de carriles para una vía; los desmontes y terraplenes se adaptarán á una ó dos vías, según la mayor ó menor esperanza que pueda haber de poner en breve la segunda vía.

§ 8.

**Efecto de la velocidad, de la magnitud de los trenes
y de las rampas y curvas.**

A. *Efecto de la velocidad.* La magnitud de la velocidad con que corre el tren, tiene un influjo esencial en la solidez que se debe dar á la construcción de un camino de hierro; pues, con el aumento de la velocidad crece el peligro de que se rompan ciertas partes del camino, de los carruajes ó de que salga el tren de los carriles. Aquí podemos considerar los puntos siguientes:

1] La mayor velocidad demanda una calzada de mayor solidez, y en particular deben ser más fuertes los carriles, y aun más sólidas las traviesas y el firme. Además, para obtener la seguridad debida, se necesitan otras disposiciones especiales.

2] Los puentes y viaductos se deberán construir con mayor solidez.

3] Es preciso que los taludes de los terraplenes y las escarpas de los desmontes sean menos empinadas.

4] Las locomotoras y todos los carruajes del servicio habrán de construirse con mayor firmeza, por lo que se aumentará su peso y el gasto de los materiales.

5] Las curvas tendrán rayos mucho mayores, y las pendientes habrán de ser mucho menos elevadas.

De todas estas circunstancias dependen, como de condiciones, los gastos tanto para el primer establecimiento del ferrocarril, como para su conservación.

En los caminos de hierro de primer orden, en realidad se necesita mayor velocidad, así en los trenes de pasajeros como en los de mercancías. En los de segundo orden, podrá ser menor la velocidad, aun cuando se trate del transporte de pasajeros, por ser las distancias menores. Pero, esta velocidad mediana, como hemos visto, hace menor el gasto necesario para establecer y mantener el camino de hierro.

El cálculo demuestra que el influjo de la velocidad en dichos gastos es próximamente proporcional al cuadrado de la misma velocidad, y así se podrá ahorrar mucho con presuponerla menor.

Según esto, los ferrocarriles de *vía normal* podrían dividirse también en estas categorías:

- 1) caminos de 1^{er} orden con máxim. veloc. = 60-67 kilóm. p. hora.
- 2) caminos de 2^o orden con grande veloc. = 37-40 " "
- 3) caminos de 3^{er} orden con pequeña veloc. = 11-22 " "

En verdad, los de la última clase no se han construido hasta ahora y comúnmente no convienen sino para el transporte de cargas en cortas distancias y con poquísima frecuencia. Mas, por otro lado, las obras de tierra, puentes &, en este caso, no se diferenciarían notablemente de los que exigen las carreteras; se podrían además ahorrar casi todos los aparatos y disposiciones de seguridad, y sería comúnmente imposible que un tren se desviasse ó que se destruyese chocando con otro.

Por lo que toca á los caminos de vía angosta, la máxima velocidad de 60-67 kilómetros, arriba mencionada, para una vía ancha, se habrá de disminuir casi proporcionalmente á la anchura; así por ejemplo, para una anchura de 0,75^m solo corresponderá la mitad: esto es, una máxima velocidad de 30-34 kilómetros por hora.

B. *Efecto de la magnitud de los trenes.*

El peso de las cargas que han de conducirse por un tren, es muy variable entre ciertos límites; porque igual comercio puede tener lugar por muchos trenes pequeños como por pocos grandes.

Muchos trenes pequeños reúnen estas ventajas:

- 1) Que las locomotoras pueden ser más ligeras y de consiguiente será más barata la construcción de la calzada y de los puentes;
 - 2) que se admiten rampas elevadas;
 - 3) que muchos trenes son cómodos para pasajeros.
- Por otro lado, los pocos trenes grandes proporcionan la posibilidad:
- 1) de tener poco material de servicio;
 - 2) de reducir también el número del personal;
 - 3) de simplificar todo el servicio.

C. *Rampas y curvas.*

La forma y construcción de los caminos de hierro depende esencialmente del terreno por donde deben pasar, y pueden clasificarse los ferrocarriles también de la manera siguiente:

- 1) caminos por llanuras,
- 2) " por colinas;
- 3) " por montes.

Importantes son las *máximas pendientes* de un camino de hierro, puesto que determinan la fuerza y el peso de las locomotoras, y de consiguiente, la solidez de todas las construcciones relativas al camino. Conforme á la experiencia hecha en los diferentes países, la máxima pendiente en los caminos principales no ha de exceder los valores siguientes:

- 1: 200 en las llanuras,
- 1: 100 en terrenos con colinas,
- 1: 40 en montañas.

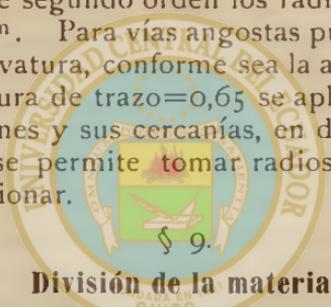
En caminos de hierro secundarios, la máxima pendiente se elevará á lo mucho hasta 1: 25. Rampas más empinadas que estas no se pueden subir por locomotoras ordinarias, aun ni por acopladas; sino por las de construcción especial, como son las de Fell, y demás mencionadas en el § 6.

Igualmente son de grande importancia *las curvas mínimas* que presenta un ferrocarril, porque con la intensidad de la curvatura decrece la seguridad del trayecto, y se aumenta notablemente la resistencia. La experiencia ha establecido *por radios mínimos* en los caminos de primer orden:

- 1100^m en las llanuras,
- 600-360^m en terrenos con colinas,
- 300-180^m en montañas.

En caminos de segundo orden los radios podrán disminuirse hasta cerca de 150^m. Para vías angostas puede tomarse aún menor el radio de curvatura, conforme sea la anchura de la vía, pues que para una anchura de trazo=0,65 se aplican radios de 60^m.

En las estaciones y sus cercanías, en donde se transita con menor velocidad, se permite tomar radios menores que los que acabamos de mencionar.



§ 9.

División de la materia.

El tratado de los caminos de hierro puede dividirse de esta manera:

1^a parte: *el camino.*

1^o *La parte superior* de la construcción del camino, que comprende la vía, los carriles y los métodos de asegurarlos.

2^o *La parte inferior* de la construcción del camino, que consiste en los terraplenes y desmontes.

3^o *Los accesorios*, como son los medios de hacer pasar las carreteras y aguas, al través del camino de hierro.

4^o *Los aparatos de seguridad* y de dar señales.

5^o *Las estaciones* y su disposición.

2^a parte: *los aparatos del servicio.*

6^o *Los vagones.*

7^o *Las locomotoras.*

8^o *Sistemas extraordinarios de motores.*

9^o *Tornavías* [Plataformas giratorias], &.

3^a parte: *la economía* de los caminos de hierro.

10^o *El servicio.*

11^o *El trazado del camino de hierro.*

12^o *El presupuesto de los gastos para un camino de hierro.*

Estos 12 números constituyen otras tantas secciones, en que puede dividirse esta materia.

PARTE I.

CONSTRUCCIÓN DEL CAMINO DE HIERRO.

SECCION I.

PARTE SUPERIOR DEL CAMINO, VÍA Y CALZADA.

NOCIONES PRELIMINARES.

En la segunda parte se tratará más por extenso de los aparatos de conducción; daremos aquí sobre ellos solamente las nociones preliminares, necesarias y suficientes para entender los principios en que se funda la construcción de un camino de hierro.



La fuerza de tracción desarrollada por una locomotora, depende de la tensión del vapor que actúa en los cilindros sobre los émbolos, y además está en relación con las dimensiones de toda la máquina. El aumento de la tensión y de las dimensiones exige mayor solidez y peso; de donde se infiere que la mayor fuerza de tracción no será posible sin aumento del peso de la locomotora. *Las locomotoras de mayor peso igualmente son las más poderosas.* Pero, por otro lado, la tensión del vapor no podrá traspasar ciertos límites sin exponerse á casos funestos, y tampoco podrá haber exceso en las dimensiones de la máquina y su peso; luego la fuerza motriz de la locomotora estará también limitada por un cierto máximo, que es próximamente igual á 7 toneladas.

Además, el rozamiento producido entre los carriles y las ruedas motoras debe ser, por lo menos, igual á la fuerza de tracción producida por el vapor; pues, en el caso contrario, no tendría efecto toda la fuerza motriz, sino que las ruedas motoras resbalarían sobre los rieles, girando en el mismo lugar, sin producir movimiento de traslación. Luego, cuanto mayor es la fuerza que se pide, tanto más habrá de aumentarse dicho rozamiento, lo que se consigue ó haciendo directamente mayor el peso de la locomotora, ó aumentando el número de las ruedas motoras, con

lo que se aprovecha más del peso total. Muchísimas veces se aumenta uno y otro.

Finalmente, la fuerza de tracción habrá de ser proporcional al peso de los trenes; y como los convoyes de carga, por lo regular, tienen mayor peso que los de viajeros, conviene construir locomotoras de distinta fuerza; unas destinadas para cargas, otras destinadas para viajeros y trenes mixtos; las cuales se diferencian ya en el peso, ya en el número de los ejes motores acoplados.

Con la inclinación de las rampas crece, de una manera muy notable, la resistencia de un tren, por lo que á las *locomotoras de montaña* se debe dar mucho más peso ó mayor número de ejes motores, que á las demás máquinas de esta especie.

Una locomotora destinada para trenes de viajeros, lo más frecuentemente, tiene un solo eje motor con ruedas algo mayores, y su peso es hasta de 30 toneladas.

Una locomotora de mercancías destinada para menores pendientes tiene dos ó tres ejes acoplados, y es su peso hasta de 40 toneladas.

Una locomotora ordinaria de montaña está provista de 3 ó 4 ejes motores acoplados, y es su peso hasta de 50 toneladas. La actividad de la correspondencia, cada día más manifiesta en los caminos de hierro, hace aumentar igualmente el peso de las locomotoras. Las primeras (en el año de 1804) no pesaban más que 4 á 5 toneladas.

A fin de recibir el carbón y agua indispensable para la alimentación del fuego y de la caldera, le acompaña á la locomotora un vagón especial, llamado *ténder*, que comúnmente tiene tres ejes. Se ha procurado unir este vagón con la locomotora, á fin de que su peso sea ventajoso para el aumento del roce útil y de la fuerza efectiva, lo que se obtiene acoplando entre sí los ejes del *ténder* y de la locomotora por medio de ruedas dentadas, haciendo todo el sistema algo movable al contorno del perno de unión, de manera que se puede adaptar a las curvas del camino. Esta especie de máquinas impuestas, llamadas *locomotoras-ténder*, tiene 4 á 6 ejes motores y un peso hasta de 70 toneladas.

Esencial para la construcción de la locomotora es, también, la velocidad con que quiere transitarse. Un aumento de velocidad hace crecer el trabajo mecánico necesario para vencer la resistencia del tren, y por lo tanto crece también la cantidad del vapor que se debe producir, la del carbón que se gasta, la superficie del caldeo y todas las dimensiones de la máquina; además, por los sacudimientos que se hacen más fuertes, se deterioran pronto los carriles y todos los materiales del servicio, y es finalmente menos segura la marcha. Pero, por otro lado, son menores los gastos del personal, y el número de los carruajes

que se necesitan. Así, pues, resultará una cierta velocidad, en la que los gastos del transporte llegan á ser un mínimo. Esta *velocidad de menor gasto* es tanto mayor, cuanto menor es la resistencia, el peso del tren, la inclinación de las pendientes, y la curvatura en las vueltas del camino. De donde proviene, que la velocidad más ventajosa será mayor para los trenes de viajeros y menor para los de cargas; completamente como está en el interés de la correspondencia. Mientras que en los caminos principales de hierro la velocidad observada por los trenes de carga es de 30 á 45 kilómetros en ascenso suave, y de 18 á 22 kilómetros en rampas empinadas; se les da á los trenes de viajeros una velocidad de 37 á 67 kilómetros en menores rampas, y de 22 á 30 kilómetros en las más elevadas.

Dado un cierto efecto dinámico de una máquina, la velocidad se hará tanto mayor, cuanto lo sea la cantidad de vapor producido en la unidad de tiempo, cuanto menor es el volumen de los cilindros, y mayor el diámetro de las ruedas motrices. Las locomotoras de carga tienen las ruedas motrices de 1,1—1,5^m, de diámetro, las de grande velocidad las tienen de 1,8 á 2,4^m.



Cada par de ruedas está invariablemente fijo á su eje común, de manera que el giro se verifica con su eje, el cual se halla sostenido por dos cojinetes colocados al lado exterior de las ruedas, disposición particular y distinta de la que se observa en los vehículos comunes de carretera, puesto que en estos los ejes son fijos y las ruedas se mueven al rededor de ellos. Se ha visto experimentalmente que dicha disposición es ventajosa y necesaria para procurar mayor estabilidad y solidez, aunque de esta construcción resulta la inconveniencia de un roce fuerte en las curvas, puesto que en ellas el espacio que recorre una rueda, debería ser mayor que el recorrido por la otra; mas en realidad, una de ellas resbala sobre los carriles cuanto corresponde á la diferencia entre la longitud de la hilera exterior, y de la hilera interior de los mismos. No obstante, para el caso de poca velocidad, como es, por ejemplo, en los ferrocarriles servidos por caballos, se ha procurado también hacer una rueda suelta del eje, y á veces ambas á dos, quedando aquel fijo. Con esta disposición, por lo tanto, se admiten también curvas de menor radio.

Las ruedas tienen los radios de hierro maleable, aunque algunas veces suelen fundirse con los cubos; el calce siempre consta de hierro forjado ó también de acero. Los últimos están provistos de resaltos ó fajas de resalto llamados *anillos ó coronas de*

trazo, que sirven para impedir el que las ruedas salgan de los carriles, y asegurar así la conducción. En los primeros ferrocarriles las coronas de trazo eran unas veces interiores y otras exteriores respecto de los rieles; aun había inútilmente dos de estos anillos en cada rueda, uno en la parte interior, otro en la exterior. Pero muy pronto dieron en disponer los anillos de trazo solamente interiores con respecto á la vía.

Los vagones están sujetos á varias clases de sacudimiento, que proviene de las irregularidades de la vía, causadas por la variación de anchura, por la desigual altura de los rieles, por la desviación de estos de la línea recta, por la pequeña distancia que debe haber entre dos carriles consecutivos á causa de las variaciones de la temperatura, y finalmente por la desigualdad con que las distintas partes de los rieles se encorvan, por efecto de la carga que sufren. Otras conmociones se producen por las irregularidades en la forma y disposición de las ruedas, por los cambios de vía, y cuando la locomotora se engancha delante del tren; ó cuando se para. Estos sacudimientos que fatigan á los viajeros, dañan las cargas y gastan los materiales del servicio, habrán de aliviarse por medio de muelles, á cuyo fin se colocan resortes de varias especies; 1º sobre los *pezones* (*ballesta*); de los ejes; 2º en los extremos de los vagones dando elasticidad á los ganchos y cadenas; y finalmente, 3º en los mismos extremos, impidiendo el empuje demasiado violento entre los vagones, cuando al pararse los unos chocan contra los otros, y estos resortes se llaman *topes*.

Para regularizar la velocidad, mayormente para disminuirla en el descenso y cuando el *cavoy* se debe parar, se emplean los *frenos ó galgas*, que en los más de los casos consisten en arcos de madera, y por mecanismos particulares, frotan fuertemente contra los calces de las ruedas, siempre que los conductores lo juzgan conveniente.

§ 12.

Disposición y número de los ejes.

Cada vagón tiene, por lo menos, dos ejes fijamente enlazados entre sí, de modo que estos no puedan cambiar en ninguna manera su posición relativa, sino que por el armazón que los une, formen un sistema invariable, llámalo *tren*. Esta disposición es de absoluta necesidad *para conducir por los rieles, de un modo seguro, cada par de ruedas por medio del otro par*, puesto que el timón de los carruajes comunes de carretera, no puede aplicarse en los ferrocarriles por falta de animales.

Aunque dos ejes, siempre necesarios, son también suficientes, se construyen no obstante vagones de dos, tres y cuatro ejes.

Los de dos ejes (sistema inglés) se emplean los más frecuentemente en los ferrocarriles de Europa; los de tres ejes (sistema de la Alemania del Norte) suponen caminos de hierro casi rectilíneos ó con pocas curvas muy abiertas, si todos tres ejes son relativamente inmóviles; en el caso opuesto, se procura hacer el eje del medio algo corredizo á la izquierda y derecha, para que se pueda ajustar más á la curvatura de la vía. Finalmente en la América del Norte, la Alemania del Sur y Suiza se emplean vagones muy largos, cuyas cajas descansan sobre dos trenes, de dos ejes cada uno, y algo móviles en sentido giratorio (sistema Norte-Americano).

Para juzgar sobre las ventajas y desventajas de estas diferentes especies de carruajes, conviene notar lo siguiente:

1) *Magnitud de los vagones.* Dos ejes permiten la menor longitud, y los de cuatro ejes la mayor de los carruajes. Los menores vagones son á veces mejores, si se atiende á la economía; pues en vagones largos no siempre se ocupa todo el espacio por viajeros y carga. Además, en las estaciones, es más fácil el arreglo y el cargue, si los carruajes tienen menor longitud, y con especialidad se pueden establecer y manipular con mayor facilidad las tornavías, que sirven para trasladar los vagones á otras vías muy divergentes.

2) *Resistencia.* Todos los vagones, aun los de dos ejes, ofrecen una resistencia notable en todas las curvas del camino, porque los ejes, según lo dicho anteriormente, permanecen siempre paralelos entre sí y no pueden colocarse en la dirección exacta del radio de las curvas, resultando de esto un resbalo parcial sobre los rieles. Al efecto, se han propuesto varios sistemas para obtener una posición central y exacta de los ejes y para destruir dicho rozamiento; sin embargo, no han llegado á ponerse en práctica.—Mayor aun es la resistencia que los vagones de tres ejes fijos ofrecen en las curvas; en trechos rectilíneos su roce es menos considerable por ser más segura la conducción, y menos frecuente en ellos el serpenteo ó movimiento de culebra, causado por el pequeño juego que siempre se les debe conceder á las ruedas entre los carriles.—*Los vagones de cuatro ejes* tienen los dos de cada tren ó armazón en menor distancia, por cuya disposición se colocan próximamente, aunque nunca con exactitud, en la dirección del radio de las curvas, estando casi perpendiculares á la tangente, y así se disminuye algo el roce y la resistencia.

3) *Seguridad.* El peligro de desviación en las curvas es mayor en los vagones de tres ejes (fijos) que en los que tienen solamente dos. Además, en los carruajes de tres ejes, la presión vertical que cada uno de los ejes sufre por la carga, es variable, puesto que los sacudimientos verticales por medio de los resortes afectan especialmente ahora más á uno, ahora á otro de

los ejes; pero son menores los inconvenientes, cuando uno de los ejes se rompe. Los vagones de cuatro ejes presentan la desventaja, de que un pequeño giro de una de las armazones, produce un descarrilamiento con mayor facilidad. Mas, si en cada tren, la distancia entre los ejes se hace próximamente igual á la que se emplea para vagones de dos ejes, no habrá más distinción entre ambas clases de carruajes, por lo que toca á la seguridad.

§ 13.

La distancia de eje á eje.

La distancia conveniente entre los ejes es una circunstancia muy importante. Si es mayor, se hacen más suaves los sacudimientos y el serpenteo lateral; pero, al contrario, si es menor: 1º el servicio se verifica con mayor economía por ser más pequeños los vagones; 2º el peso de los vagones será menor aun en igualdad de la carga; 3º el roce producido en los ejes será menor por serlo el diámetro de los gorriones; 4º se hace comúnmente menor la resistencia en las curvas. Por la última razón, conviene disminuir la distancia de los ejes fijos, por lo menos hasta un un cierto límite, que depende de los menores radios del camino. Sin embargo, esta distancia no debe ser demasiado corta, por la razón de que, en tal caso los carruajes tomarían en las curvas una colocación demasiado torcida. En caminos de anchura normal y angosta, la distancia más favorable de los ejes es de $\frac{1}{80}$ á $\frac{1}{81}$ de los radios mínimos. Así para vías anchas que comúnmente tienen 300^m los radios mínimos, pueden establecerse los valores siguientes de la *distancia de eje á eje*:

vagones de viajeros con dos ejes.....	3,8 ^m
" de carga, con dos ejes.....	3,1"
" de viajeros con tres ejes.....	3,0"
" de viajeros, con cuatro ejes; distancia de los ejes en cada tren.....	1,3"
" de tren á tren.....	8.

Si la velocidad fuese menor, hasta se podría aumentar algo el valor de los tres metros indicado arriba para los vagones de tres ejes; los de cuatro ejes pueden franquear curvas de mucho menor radio que el mencionado.

De estas medidas proviene que *la longitud total de los vagones, tomada entre los extremos de los topes*, en término medio es para coches de

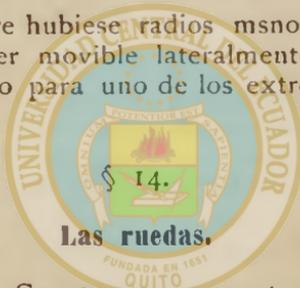
viajeros, con dos ejes y puertas laterales.....	8,0 ^m
" con dos ejes y corredor en medio.....	10,0"

vagones de carga, con dos ejes.....	6,6 ^m
viajeros, con tres ejes y puertas laterales.....	10,3 ^m
" con tres ejes y corredor en medio.....	12,2 ^m
" con cuatro ejes y corredor en medio.....	16,0 ^m

Por lo que toca á las locomotoras, se aconseja tomar una distancia de eje á eje tan grande que sea compatible con las condiciones del camino, ó bien con las curvas y la anchura de la vía. Si la última es la normal y existen muchas curvas en camino libre, la máxima distancia entre el primero y último de los tres ejes fijos de la locomotora será:

3,0 ^m	para curvas de 240—330 ^m radio
3,8 ^m	" " 300—360 ^m "
4,3 ^m	" " 360—460 ^m "
4,9 ^m	" " mas que 460 ^m "

Si en camino libre hubiese radios menores que 240^m, uno de los ejes deberá ser móvil lateralmente, ó se empleará un tren separado giratorio para uno de los extremos de la locomotora.



Las ruedas.

I. *Su diámetro.* Cuanto mayor es este diámetro, tanto menor es la resistencia producida por el rozamiento al contorno de los *pezones* pero también es menor la estabilidad de los carruajes y la comodidad del subir, bajar, cargar y descargar. Las dimensiones convenientes de las ruedas solo las ha determinado la práctica, y para caminos de vía ancha por su medida puede establecerse

un diámetro.....	de 0,90—1,05 metros
un término medio.....	de 1,0 "

En las locomotoras de trazo normal, el mínimo diámetro de las ruedas motoras es

de 1,07 ^m	para velocidades hasta 30 kilómetros
de 1,37 ^m	" " " " 30—45 "
de 1,52 ^m	" " " " " más de 45 "

(Continuará).