

MADRID, 15 DE SETIEMBRE DE 1876.

TOMO XXIV.

NÚM. 18.

SUMARIO.

Nota acerca de los tranvías y sus carruajes.—Puerto de Barcelona. Memoria sobre el progreso y adelanto de las obras del puerto de Barcelona durante el año económico de 1875 á 1876.—Parte oficial.—Ultramar.—Noticias varias. Personal.

NOTA ACERCA DE LOS TRANVÍAS Y SUS CARRUAJES

por el Ingeniero civil James Henry Lynde, leída á principios de 1875 ante la «Sociedad para el adelanto de la industria científica» de Manchester.

(Lámina 44.)

No es el objeto de esta nota trazar la historia de los tranvías, sino considerar sus condiciones actuales, tanto en lo relativo á la vía como á los carruajes, dando á conocer algunas de las recientes mejoras é invenciones, cuyo uso no se ha generalizado todavía, y también echar una ojeada respecto á la prosperidad comercial de las compañías de los tranvías.

Antes de considerar las ventajas de los varios sistemas de construir tranvías, será oportuno establecer las condiciones que teóricamente ha de llenar un tranvía.

En los ferro-carriles se requiere que la vía tenga cierto grado de elasticidad para disminuir el desgaste producido en ella por la circulación de cargas pesadas marchando á grandes velocidades, y nada más fácil en ellos que cambiar los rails ó traviesas cuando se crea conveniente. En los tranvías no sucede lo mismo, pues los pesos son relativamente ligeros, la velocidad es muy moderada, y es imposible remover los rails y durmientes sin gastos crecidos y molestias para el tráfico ordinario de la calle ó carretera donde se hallan establecidos. Es por lo tanto evidente que los tranvías necesitan construirse de tal modo que no haya necesidad de inspeccionar con frecuencia el estado en que se encuentran ni exija constantes reparaciones.

Para satisfacer estas condiciones es preciso:

1.º Que la estabilidad de las fundaciones del tranvía sea exactamente análoga é igual á las del pavimento de la calle. Como el pavimento de granito no tiene asiento cuando yace en una buena

fundación, se sigue que la cimentación del tranvía ha de ser continua y no susceptible de asiento, y al propio tiempo de tal resistencia que permita sin temor de fractura el cruce de cargas pesadas. Cualquiera falta de uniformidad entre la estabilidad de los rails y el pavimento adyacente sería causa de vibraciones desiguales que perjudicarían tanto á los rails como al pavimento.

2.º Que los rails descansen sobre materiales indestructibles, pues de otro modo serían necesarias reparaciones periódicas.

3.º Que no se introduzcan piezas de sujeción, ó en caso que sean indispensables, deben ser tan poco numerosas como sea posible y de las formas más sencillas y eficaces.

4.º Que el rail pueda mantenerse exactamente á nivel con el pavimento de la calle, lo cual es necesario para no causar perjuicios al tráfico ordinario.

5.º Que el pavimento adyacente á los rails sea susceptible de fácil reparación. Esto es necesario por la circunstancia de que esta zona de la calle está sujeta á mayor desgaste por efecto de la tendencia de los carruajes ordinarios á marchar por los carriles. Esta dificultad pudiera obviarse en algun tanto alterando el ancho de la vía desde 4 pies 8 ½ pulgadas á 4 pies, á fin de que no sea del mismo ancho que el espacio entre las ruedas de los carruajes ordinarios.

6.º Que la ranura que lleve el rail sea tan pequeña como sea posible, y que el rail sea estrecho.

Teniendo en cuenta las expresadas condiciones, vamos á pasar revista á algunos de los métodos empleados en la construcción de tranvías:

Pueden dividirse en dos clases, á saber: aquellos en que el rail está sostenido sobre cojinetes colocados á intervalos, y aquellos en que el rail está sostenido en toda su longitud en un apoyo continuo.

En el primer caso debe ser el rail de tal sección que tenga suficiente resistencia para soportar la carga que pueda actuar entre los puntos de apoyo. Las figuras 1.ª y 2.ª muestran la sección del rail empleado ordinariamente para este objeto. El peso es 46 libras próximamente por yarda. Los cojine-

tes que sirven de soporte están espaciados de una yarda y son de fundicion, mostrándose formas distintas en cada una de las figuras citadas. En la 1.^a se sujeta el rail por medio de clavijas verticales introducidas en tarugos de fresno previamente alojadas en los cojinetes. En la figura 2.^a se sujeta el rail lateralmente por medio de grapas clavadas en los cojinetes mediante unos tarugos de fresno colocados en ellos.

Para colocar un tramvía por este método es necesario practicar á lo largo de las líneas que han de seguir los rails, á intervalos de una yarda de eje á eje, excavaciones cuadradas de 16 á 18 pulgadas de lado y 18 pulgadas de profundidad, á contar desde la superficie del pavimento. Dichas excavaciones se llenarán de hormigon hasta el nivel donde han de asentarse los cojinetes que se colocarán encima, macizando de hormigon á su alrededor para recibir el pavimento, y tambien debajo del lugar que han de ocupar los rails entre los cojinetes. Despues se coloca el rail en posicion y se le asegura á los cojinetes segun se ha indicado, completándose luego el pavimento que falta.

Segun se vé, por este método el pavimento contiguo á los rails descansa en un cimiento no uniforme, toda vez que los adoquines inmediatos á los cojinetes yacen sobre hormigon, mientras que los comprendidos entre ellos están sobre la misma fundacion que el resto de la calle.

Esta falta de uniformidad en los cimientos es desventajosa, siendo ademas de notar que aunque algunos han pretendido que el rail entre los cojinetes descansa en una faja estrecha de hormigon, no sucede así en la práctica, pues aun dado caso que al acabarse de sentar la via se consiguiera colocar perfectamente el rail sobre el hormigon, las vibraciones que el tráfico produce sobre los rails, desintegrarian la capa de hormigon haciéndola ineficaz.

El sistema que se acaba de describir puede tomarse como ejemplo de la mejor forma de tramvía de su clase, y se ha adoptado con ligeras variaciones en Leeds, Sheffield y Bristol.

Comparándolo con las condiciones que hemos sentado antes, resulta:

1.º Que la estabilidad de los rails es diferente de la del pavimento de la calle, y que por tanto tiene que haber vibraciones entre aquéllos y el pavimento adyacente.

2.º Que siendo los cojinetes de hierro fundido, son de gran duracion, pero que las clavijas y gra-

pas de hierro forjado, bajo las condiciones que se encuentran, han de tener una duracion limitada.

3.º Que estando fijados los rails por medio de clavijas ó grapas pueden aflojarse.

4.º Que es prácticamente imposible por este método mantener el pavimento al nivel con los rails. En Leeds y otras ciudades se han promovido por esta causa muchas quejas de parte del tráfico ordinario, á pesar que en la citada ciudad acababa de colocarse la via.

5.º Que es muy costosa y presenta inconvenientes la reparacion del pavimento adyacente á los rails.

El sistema de tramvía más generalmente adoptado pertenece á la segunda clase, á saber: aquella en que el rail descansa en toda su longitud en un apoyo continuo.

La única línea de esta clase que hasta ahora se ha construido en las cercanías de Manchester consistia en dos rails planos de 5 ¹/₂ pulgadas de ancho y ¹/₂ pulgada de grueso, atornillados á durmientes de madera longitudinales, habiendo ademas intermedio un tercer rail asegurado como los otros en un durmiente longitudinal, el cual llevaba una acanaladura en la cual corría una rueda directriz que llevaban los ómnibus, la cual podia ser levantada ó bajada á voluntad del conductor para hacer que el carruaje saliera ó entrara en la vía, segun conviniera. Este sistema estuvo en uso algunos años y tiene sus méritos, pero la línea fué levantada.

Una modificacion suya es la que se indica en la figura 3.^a Consiste en dos rails, formado cada uno de un hierro de T que lleva en su cara horizontal superior dos canaladuras introduciéndose el alma ó lado vertical en el durmiente de madera, al cual se asegura ademas por medio de tornillos. El objeto de las canaladuras citadas es impedir que resbalen los caballos del tráfico ordinario cuando cruzan la vía. Se ha suprimido el rail central, pero á fin de que sirva de guía al conductor y á las caballerías se disponen los adoquines de modo que en el centro de la vía haya en ellos una junta continua á cuya vista se acostumbran los caballos, de modo que sin gran atencion por parte del conductor se consigue que los carruajes vayan encarrilados. Los inconvenientes de este sistema consisten en que en tiempo de nieves ó mucho barro no se vé la junta directriz y no es fácil, por tanto, que el carruaje vaya siempre sobre los carriles; ademas, la junta continua no es conveniente para la estabili-

dad del pavimento, y por último, que no sería aplicable el sistema si se quisiera sustituir al motor de sangre el vapor u otro análogo.

Los primitivos tramvías americanos y los que primeramente se establecieron en Londres y Birkenhead (fig. 4) fueron sobre carreras ó soportes longitudinales continuos. Estos descansaban sobre traviesas colocadas á unos 4 piés de distancia entre sí, y se aseguraban á ellas por medio de unas escuadras de fundicion y dos clavijas. Los rails no llevaban ranura siendo de la forma que se indica en la figura, creyendo que con ella se causaba menos molestia al tráfico ordinario, pero los numerosos accidentes acontecidos á éste, hicieron abandonar el sistema.

Posteriormente se han hecho muchas mejoras, principalmente por la introduccion de una fundacion de hormigon y alterando la seccion del rail. Hoy dia es opinion general que un rail estrecho con una ranura pequeña es la mejor forma para la circulacion de carruajes del tramvia y la que menos obstruye el tráfico ordinario de la calle.

En Liverpool (fig. 5) los largueros durmientes se colocaron sobre una capa de hormigon. Segun se vé, uno de los ángulos superiores del larguero está chafanado para la colocacion del rail que está sujeto á aquél por medio de pernos que entran por orificios que el rail lleva en la ranura. En sustitucion de las traviesas lleva unos tirantes de hierro que sujetan á los largueros. Este sistema no ha dado buenos resultados, por el gran tráfico de la ciudad, y se trata de relevarlo, aunque todavía no se hallaban decididos por el sistema que habia de sustituirlo.

El tramvia de Southport (fig. 6) es otro ejemplo de durmientes longitudinales, los que están colocados sobre traviesas dispuestas á intervalos de 4 piés, sujetándose entre si por medio de muescas y unas especies de grapas. Este tramvia es de reciente construccion y el tráfico ordinario que en él discurre es pequeño.

En Londres (fig. 7) los durmientes longitudinales se colocaron en cojinetes de fundicion dispuestos á distancias de 4 piés, que yacen en una capa continua de hormigon. En las uniones de los rails se colocaron pequeñas placas de asiento, y para asegurar la situacion de los cojinetes se enlazaban entre sí transversalmente á la vía por medio de tirantes de hierro. El rail se afirmaba en el larguero por medio de clavijas, segun se indica en la figura. Se ha observado que con este sistema los rails se aflojan pronto.

El pavimento adoptado entre los rails en los tramvías del Sud de Londres es el asfalto sin buen resultado, pues se abre en su union con el rail por efecto de la desigualdad de vibraciones entre el rail y el asfalto, pues yacen en fundaciones diferentes.

Otros tramvías de Londres se colocaron bajo el mismo sistema que hemos indicado para Liverpool, con la adición de cojinetes de fundicion donde descansaban los largueros, uniéndose éstos entre sí por medio de tirantes de hierro.

Los tramvías de Edimburgo (fig. 8) se colocaron tambien sobre carreras ó durmientes longitudinales asegurándose los rails á los largueros por medio de pernos de $\frac{3}{8}$ de pulgada diámetro que pasando por orificios practicados en la ranura del rail se afirmaban en tuercas de forma de escuadra colocadas en la cara inferior del larguero. Los largueros se unen entre sí por tirantes de hierro cuya seccion es 2 pulgadas $\times$ $\frac{3}{8}$ pulgadas. Toda la madera empleada fué preparada con creosota, llenándose los orificios por donde habian de pasar los pernos con alquitran hirviendo antes de introducirse aquéllos. El peso de los rails era 32 libras por yarda. Los rails se enlazaron con placas de junta de 15 pulgadas de largo, 3 de ancho y $\frac{3}{8}$ de grueso y las extremidades de los largueros se colocaron en cojinetes de fundicion. Debajo de los durmientes y del pavimento se extendió una capa de hormigon de 6 pulgadas de espesor. La experiencia ha probado que este sistema no es satisfactorio, siendo de advertir que donde se halla establecido hay pendientes considerables que llegan hasta 1 por 15, ó sea cerca del 8 por 100.

En Glasgow (fig. 9) se adoptó un sistema semejante, si bien mejorado notablemente. Se verificó una excavacion de 15 $\frac{1}{2}$ pulgadas de profundidad en toda la anchura que habia de ocupar el tramvia, y se colocaron en ella traviesas de 8 piés de longitud y de 6 $\times$ 4 pulgadas de escuadria situándolas á distancias de 5 piés y 8 pulgadas. Se fijaron sobre las traviesas cojinetes de fundicion puestos para recibir los largueros durmientes cuya escuadria era 6 pulgadas de altura por 4 de anchura, sobre las cuales se colocaban los rails cuyo peso por yarda era de 60 libras, que se sujetaban á los largueros por medio de unas especies de grapas, segun se indica en la figura, colocadas de 12 en 12 pulgadas. Las uniones de los rails se verificaron con placas de junta y se llenó de hormigon el espacio comprendido entre las traviesas, colocándose en-

cima, cubriendo también las traviesas, una capa de hormigon más fina ó tambien hormigon betuminoso, compuesto de escorias trituradas recién salidas de los altos hornos y asfalto hirviendo en la proporción de 51 libras de asfalto y un pié cúbico de escorias trituradas. Sobre esta capa se colocó otra de arena para recibir los adoquines del pavimento, cuya íntima unión se estableció introduciendo entre ellos brea hirviendo. El procedimiento descrito se ha considerado el mejor modelo llevado á cabo del sistema de largueros ó durmientes longitudinales.

Comparando los sistemas de tramvías que hemos descrito con las condiciones que hemos establecido como bases, resulta:

1.º Que la estabilidad del rail es diferente de la del pavimento adyacente de la calle, por lo cual hay desigualdad de vibraciones en la unión de ambos.

2.º La madera no es un material duradero y en especial cuando está colocada en sitios húmedos, siendo de notar que en algunos países no puede usarse, por los insectos que la destruyen. Los rails del tramvia establecido en Leeds á lo largo de Headingly-road se establecieron sobre los largueros hace poco más de un año, siendo tan avanzado el estado de descomposición de la madera, que no pueden agarrar en ella las nuevas espigas ó clavos, siendo la opinión de los peritos que habrá que renovar toda ella en un periodo de 3 á 4 años.

3.º Los rails se sujetan por pernos, clavijas, grapas ú otros medios que son susceptibles de aflojarse.

4.º Se ha visto que no es posible mantener el pavimento de la calle al nivel de los rails con los métodos indicados. En Liverpool es tan grande la molestia que esto produce al público, que los tramvías van á reconstruirse. En Londres, Edimburgo, Glasgow y Leeds se ha observado el mismo inconveniente, lo cual ha hecho que los tramvías tiendan á desacreditarse.

5.º Es muy costosa y ofrece inconvenientes la reparación del pavimento adyacente á los rails.

Así, pues, ninguna de aquellas condiciones se ha satisfecho en las líneas hasta ahora colocadas, lo cual ha contribuido á su descrédito.

Se ha verificado un ensayo de sustitución de los largueros durmientes de madera por otros de fundición, según se indica en la figura 10. Con este objeto se recomienda la extensión de un lecho de hormigon en la anchura total del tramvia, sobre el

cual se colocan las series de soportes de fundición que tienen cada uno 30 pulgadas de longitud y cuya sección es de doble T, los cuales se hacen tan ligeros como sea posible, pesando solamente de 35 á 40 libras por yarda. Los diversos soportes cuya longitud hemos indicado se unen entre sí por sus extremos, formando un apoyo continuo á cuyo efecto los extremos se solapan y se enlazan con pasadores, contribuyendo también á su unión el rail que se asegura sobre ellos. El peso de éste es de 26 libras por yarda, siendo de observar que no son necesarios tirantes para enlace de la vía, y caso de serlo por cualquiera circunstancia, pueden colocarse cada 6 piés de distancia. Según las noticias que tenemos, se han colocado 11 millas de este sistema en Madrás con buen resultado, pero es de advertir que no es probable que unos apoyos tan ligeros como los que se han indicado puedan soportar los esfuerzos producidos por las pesadas cargas que pasan constantemente en Liverpool y Manchester, no siendo raro ver pasar en aquella ciudad pesos de 30 toneladas cargados sobre un truck de cuatro ruedas.

Los inconvenientes que presenta este sistema de vía son los siguientes: los adoquines adyacentes no pueden colocarse bien en contacto con los soportes de fundición á causa de que la base de éstos es más ancha que su parte superior, resultando por lo tanto, que aquéllos no contribuyen como debieran á dar estabilidad á la vía, quedando unos huecos en la superficie por donde se insinúa la lluvia y perjudica al cimientó. Además en la práctica no es fácil obtener un buen asiento de los soportes sobre el hormigon, y no puede cambiarse la vía sin remover los adoquines adyacentes.

Recientemente se ha ideado otro sistema de asiento continuo para la vía, siendo muy satisfactorios los ensayos practicados. Al colocar este sistema, indicado en la fig. 11, no hay necesidad de alterar el cimientó ordinario del pavimento de la calle, y únicamente hay que quitar los adoquines necesarios para que dejen el hueco correspondiente á la anchura que ocupa el cimientó de cada rail. Quitados dichos adoquines con sumo cuidado sin perturbar el asiento de los inmediatos, se forman dos pequeñas zanjás paralelas que se llenan de hormigon hasta una altura $2\frac{1}{4}$ pulgadas inferior á la superficie de la calle. A las 24 horas ha fraguado lo suficiente para que pueda recibir el asfalto líquido, en el cual va embebido ó incrustado el rail, haciéndose en la superficie del asfalto tras-

versalmente á la vía unas estriás imitando las juntas del pavimento, á fin de que no resbalen los caballos.

Se ha observado que el asfalto se adhiere con gran tenacidad al hierro, madera, piedra y otras sustancias, cuya propiedad, unida á la forma de cola de milano que presenta la base del rail en seccion transversal, hace que el tramvia sea perfectamente estable. Se evita así el uso de la madera, y como el rail está firmemente incrustado en el asfalto y sobre un cimiento de hormigon, queda preservado de deteriorarse. En cuanto á la duracion del asfalto de Val de Travers, está completamente probado que excede de la de los granitos más resistentes; y como al propio tiempo es algun tanto elástico, amortigua las vibraciones y permite la libre dilatacion y contraccion del rail por los cambios de temperatura. Además de estas ventajas, reúne la facilidad de poderse cambiar un rail cuando sea necesario, pudiendo utilizarse nuevamente fundiéndolo el asfalto que haya habido que levantar para efectuar aquella operacion. Asimismo, si por efecto del desgaste fuera preciso elevar la superficie del asfalto, se haria con la mayor facilidad, agregando una nueva capa que formaria cuerpo con la anterior.

Hay que tener presente tambien que para el establecimiento de las curvas en este sistema hay que seguir el mismo método descrito para las rectas, mientras que cuando se emplean largueros durmientes de madera ó hay que hacerlos de cortas longitudes para adaptarlos á las curvas, ó de lo contrario, hay que encorvar las maderas, siendo en perjuicio de la estabilidad de la vía cualquiera de ambos métodos.

Además hay que advertir que con el sistema que tratamos se puede cruzar una calle ó plaza en sentido oblicuo del pavimento, sin tener necesidad como en los otros de tener que cortar los adoquines adyacentes con la misma oblicuidad, á fin de adaptarlos á los rails. El tramvia puede colocarse con mucha rapidez, siendo de poca importancia el entorpecimiento que se produce al tráfico al colocarlo. El peso de los rails es de 26 libras por yarda.

Al comparar este tramvia con las condiciones generales al principio establecidas que ha de llenar un sistema perfecto, se halla:

1.º Que no alterándose la fundacion del pavimento de la calle, la estabilidad del rail es igual á la de dicho pavimento. La fundacion de los rails es continua y sin temor de asientos, siendo al pro-

prio tiempo de tal tenacidad, que permite el paso de grandes cargas, sin correr peligro de fractura.

2.º Que los rails asientan sobre materiales no sujetos á deteriorarse, y por lo tanto, se evitan las renovaciones periódicas.

3.º Que no se emplean en la vía piezas de sujecion.

4.º Que los rails pueden mantenerse al mismo nivel que el pavimento adyacente.

5.º Que el asfalto que forma el pavimento contiguo á los rails es fácil de reparar, sin necesidad de interrumpir el tráfico.

6.º Que el rail tiene sólo 3 pulgadas de ancho en la superficie superior, siendo $\frac{1}{2}$ pulgada más estrecho que en los demas sistemas.

7.º Que los cambios de vía y cruzamientos pueden por este sistema fijarse firmemente sin ninguna preparacion ni coste adicional.

Un ejemplo de este sistema de tramvia es el colocado en Manchester en la calle llamada Great Ancoats-Street.

Los rails de los tramvias debieran siempre construirse de acero, pues el pequeño aumento de coste que resultaria en el establecimiento, quedaria más que compensado por la mayor duracion.

Es costumbre acanalar ó estriar transversalmente los rails en la superficie superior, á fin de que no resbalen los caballos, pero se ha observado que el uso hace desaparecer las estriás, siendo inútiles por lo tanto.

Los cambios de vía y cruzamientos de los tramvias son partes muy importantes de las obras, y los hay de varios tipos.

El sistema más antiguo de agujas es el movable, que se coloca por el conductor en la posicion conveniente, á cuyo fin hay que detener el carruaje. Otra forma aun usada es de punta fija, en la cual, manejando convenientemente á los caballos, se hace entrar al carruaje en la vía que se desee tomar. Las dos ranuras para el reborde de la rueda son de la misma profundidad. Tiene este sistema el inconveniente de hacer sufrir grandes esfuerzos á los carruajes.

En Southport, cuando el Inspector nombrado por el Gobierno estaba reconociendo el tramvia ántes de abrirlo al público, se observó que á los carruajes les era imposible tomar la vía que se deseaba. Se alegó como excusa que los caballos no estaban acostumbrados á verificar dicha operacion, pero el hecho era que las puntas eran defectuosas y que ha habido que reemplazarlas por otras. El

mejor sistema de agujas es el de piezas fijas, pero en que solamente una de las ranuras se toma en toda su profundidad en la union de ambas. Así, cuando un carruaje encuentra la *punta*, el reborde de la rueda toma invariablemente la ranura más profunda que está dispuesta de modo que el carruaje pasa siempre por el lado izquierdo.

Cuando es necesario que un carruaje sea capaz de tomar cualquiera de las vías, conviene adoptar las antiguas *puntas* movibles, por ser más seguras y desgastar ménos las ruedas de los carruajes.

El corazon, esto es, el punto en que el rail de la vía secundaria cruza el de la línea principal, es origen de gastos muy considerables y de inconvenientes en la renovacion.

Las ranuras son ambas tomadas en toda su profundidad, y en el punto en que se cruzan tiene que sufrir mucho el material móvil. Resulta en este punto un gran hueco, el cual no sólo causa conmocion que á veces hace romperse los ejes de los carruajes, sino que tambien da lugar á que éstos descarrilen.

El remedio más sencillo contra este defecto sería hacer que la ranura viniese á morir á la superficie ántes de llegar al punto de cruzamiento. La rueda marchará en la direccion recta, porque el carruaje será guiado por el otro rail. Con el tiempo el reborde de la rueda abriría una ranura, y desde entónces el cruzamiento duraría tanto como si se hubiese construido en un principio segun el sistema ordinario. Se hacen agujas y corazones de hierro fundido, pero el forjado es el más usado para estas piezas. En Leeds algunos de los corazones se forman con carriles ordinarios ensamblados. Dícese que éste es un buen procedimiento, pero aún no lo ha sancionado una experiencia suficiente.

Es una cuestion de importancia para la económica explotacion de un tramvía el conservar limpios los rails. La fuerza necesaria para mover un carruaje cuando los rails están limpios es mucho menor que cuando sus ranuras están llenas de barro, y tanto es así, que en los tramvías de la compañía North Metropolitan, que tiene contratada la traccion, el propietario de los caballos puso por condicion, que en cada milla de doble vía se emplearía un hombre, con el exclusivo objeto de tener limpios los rails. Esta operacion se verifica generalmente á brazo, y cuesta bastante anualmente.

Se ha tratado de llevarla á cabo por medio de

máquinas unidas á los carruajes, ó tambien movidas separadamente, pero sin que hasta ahora se haya obtenido buen resultado. La parte esencial de estas máquinas consiste en una rasqueta fijada rigidamente y con la resistencia suficiente para quitar todas las obstrucciones de la vía, incluso las cabezas de los pernos que se alojan en el fondo de la ranura para sujetar la vía y que por el uso se hubieran aflojado y salido algo, lo cual es causa que la vía se afloje. Sin embargo, se ha inventado recientemente un aparato distinto que parece llenar su objeto, y consiste en una barredera cilíndrica de púas de alambre de acero, la cual limpia las ranuras de los rails, sin perjudicar á su estabilidad, depositando el barro á un lado de los rails.

Nos queda ahora considerar el coste de los varios sistemas de tramvia que hemos revisado.

El coste de los tramvías de Leed y Sheffield establecidos bajo el sistema de cojinetes ó apoyos de fundicion colocados á intervalos, incluyendo el trabajo de reposicion del pavimento adyacente, ha sido de 5.700 libras esterlinas por milla de una sola vía. El de Glasgow ha costado 5.800 libras por milla de vía sencilla, advirtiéndose que no se aprovechó el pavimento antiguo. Las líneas de la compañía de tramvías de Lóndres han costado 2.700 libras por milla tambien de vía sencilla. El coste de vía establecida bajo el sistema de apoyos durmientes continuos de fundicion, se calcula en unas 5.626 libras por milla de vía sencilla, cuando el pavimento antiguo no se aprovecha. Con el sistema de fundaciones continuas de asfalto últimamente descrito, no excedería de 5.400 libras por milla de vía sencilla.

Pasemos ahora al exámen de los carruajes. Se usan de dos dimensiones: los mayores pueden alojar unas 44 personas, y su peso es de 46 quintales, y en los menores pueden acomodarse 50 personas, siendo su peso de 55 quintales. Cada carruaje está montado sobre cuatro ruedas ajustadas en dos ejes de 5 pulgadas de diámetro, de un modo semejante á las ruedas de los carruajes de ferro-carril. Los ejes se colocan á 5 piés y 6 pulgadas de distancia, y están sostenidos en cojinetes provistos de resortes esféricos sólidos de goma elástica, que, segun se ha observado, son los mejores para el objeto, pues aunque ceden poco, el movimiento del carruaje es suave y fácil. Las ruedas se hacen comunmente de fundicion de hierro de 30 pulgadas de diámetro. En Leeds se ensayaron sin éxito las mejores ruedas de madera. Los choques ó sacudidas

laterales que resultan al paso por las curvas producen la rotura de los radios, inutilizándose las ruedas en unos tres meses. El sistema de acuñar las ruedas en los ejes, tiene la ventaja de la sencillez, pero dista mucho de ser perfecto, pues cuando un carruaje está pasando por una curva, como quiera que la distancia que tienen que recorrer las ruedas exteriores es mayor que la de las interiores, se producen en éstas movimientos de deslizamiento, lo cual aumenta mucho la fuerza necesaria para la tracción del carruaje, así como el desgaste de éste y de los rails.

Se han propuesto varios sistemas para obviar este inconveniente, siendo el mejor el que se indica en la fig. 12, en el cual en cada eje está fija una de las ruedas y loca la otra. Según se ve en dicha figura, que representa la rueda loca, lleva el cubo ó piña de ésta fundido con ella misma una prolongación tubular que termina por un borde ó brida. El eje lleva á su vez un collar fijo invariablemente que se ajusta por uno de sus lados contra dicha brida, enlazándose ésta con tornillos con un anillo ó corona suelta que rodea el eje, colocando en el intermedio una roldana de roble de algo mayor espesor que el del collar fijo del eje. Este sistema, á la vez que asegura bien á la rueda, la permite moverse independientemente del eje, evitando el movimiento de resbalamiento de aquéllas.

El acceso á los carruajes se verifica por ámbas extremidades, por medio de escalones de hierro, y los asientos están dispuestos lateralmente como en los ómnibus ordinarios. Una ligera escalera de hierro permite el ascenso á la cubierta y asientos en ella dispuestos. Los carruajes están bien pintados y tapizados, y son muy superiores aun á los ómnibus de Manchester en comodidad, ventilación y anchura. Los caballos se enganchan ligeramente á una lanza movable, que se quita al llegar al extremo de la carrera y se coloca en el otro extremo del carruaje.

Los frenos consisten en cuatro zapatas de madera que se ajustan á la vez á las ruedas por medio de una manivela manejada por el conductor situado en la plataforma delantera del carruaje. Este sistema se ha visto es suficiente aun para las mayores pendientes, y por su sencilla construcción no es fácil de desarreglarse, si bien á veces han ocurrido accidentes con él. El inconveniente que tiene es que se presta á encorvar los ejes de las ruedas. Mejor sería que hubiera ocho zapatas, dos para cada rue-

da, que las oprimirían entónces igualmente por uno y otro lado, sin dar lugar á esfuerzos de flexión sobre los ejes.

El motor empleado hasta ahora en la tracción de los tramvías en Inglaterra son los caballos, y tendrá que continuar este costoso medio, hasta que el Gobierno autorice el empleo de otros. El número de caballos necesarios para cada carruaje cuando la tracción se verifica sólo con dos á la vez, es de diez próximamente, esto es, cinco mudas ó relevos, cuyo coste de manutención por año es de 550 libras esterlinas, á cuya cantidad agregando los intereses del capital empleado en la compra de los caballos, los gastos de alojamiento, servicio que exige su cuidado, herraje, arneses, etc., llega á 520 libras. Cuando son tres los caballos necesarios para el tiro, esta suma se eleva á 780 libras.

Se han propuesto varios proyectos para evitar tan enorme gasto; pero ántes de explanarlos conviene dar cuenta de algunos hechos relativos á la fuerza de tracción necesaria para arrastrar un ómnibus y un carruaje de tramvía.

Es creencia general que esta fuerza es en todas circunstancias mucho menor en el caso de un carruaje de tramvía que en un ómnibus; pero no sucede así.

Cuando la vía es horizontal, el tramvía produce en efecto, una economía considerable en los gastos de tracción: cuando la inclinación llega á $\frac{1}{50}$ ó $\frac{1}{50}$ el esfuerzo de tracción es igual para ambos, y cuando la pendiente es mayor, la acción de la gravedad obra más eficazmente en el tramvía y hace necesario mayor tiro para contrarrestarla. En el caso de un tramvía recto y horizontal, el esfuerzo necesario para arrastrar un carruaje es una fracción muy pequeña del peso del mismo; pero cuando la vía tiene pendiente, lo que se economiza de rozamiento en el tramvía respecto á un camino ordinario, queda compensado con exceso por el gran aumento de resistencia debido á la gravedad. Siendo el peso de un carruaje de tramvía lleno de pasajeros de unas 8.966 libras la fuerza necesaria para arrastrarlo es de 45 libras cuando la línea es recta y horizontal, pero cuando la pendiente llega á $\frac{1}{16}$ se necesita cerca de 14 veces dicha fuerza. En el caso de un ómnibus marchando en un camino ordinario sólo aumenta hasta 4 veces la fuerza necesaria para ascender por dicha pendiente, respecto á la que necesita para ser arrastrado cuando el camino es horizontal.

Se han inventado varias máquinas para el arras-

tre de los carruajes de los tramvías; utilizando como motores el gas amoníaco, el ácido carbónico, el aire caliente y el vapor de agua. Todos tienen sus inconvenientes, siendo los últimos los que han llegado casi á una solución perfecta bajo muchos puntos de vista. Las principales objeciones que se hacen al empleo del vapor son que las calderas sometidas á gran presión son peligrosas, y que no es posible evitar el ruido y el escape de algún vapor, lo cual asusta á los caballos que circulan en la calle. Se ha calculado que empleando como motor el vapor, se economizarían unas 500 libras esterlinas por año por cada carruaje, con la ventaja además de disminuirse el desgaste de la vía y la necesidad de limpiar la calle.

Se están llevando á cabo experimentos con un nuevo motor, pero hasta el día no puede formarse juicio acerca de si es aplicable en la práctica. El principio en que se funda es en utilizar la fuerza expansiva de los líquidos, que de poderse realizar económicamente se abriría una nueva era á las fuerzas motrices aplicable á todas las necesidades. Se supone que los gastos necesarios para poner en

marcha una máquina construida con aquel objeto, sería menos de la mitad de otra movida por el vapor, mientras que el coste de primer establecimiento sería mucho menor y muy pequeño el espacio ocupado. Otra gran ventaja que se pretende tiene este principio, estriba en el hecho que si por cualquiera circunstancia se aumenta la resistencia que tiene que vencer la máquina en su marcha, la potencia de ella aumentaría hasta conseguir vencerla y ponerse en movimiento, á no ser que ceda algún miembro ó parte de la máquina.

Poco hay que decir respecto á la prosperidad comercial de los tramvías. Donde quiera que se han introducido han tenido éxito, á pesar de sus imperfecciones actuales.

Como las sumas gastadas en la organización de las Compañías, concesiones, actas del Parlamento, establecimiento de la vía, etc., han sido muy diferentes, es casi imposible establecer una buena comparación entre las Compañías de los tramvías existentes, pero la tabla siguiente muestra la estadística relativa á cuatro de las principales.

	London Tramways Company.	North Metropolitan Tramways Company.	Edinburgh Street Tramways Company.	Leeds Tramways Company.
Capital. (Libras esterlinas.)	592.104	649.100	157.415	85.997
Último dividendo.	9 por 100	7 por 100	6 por 100	6 por 100
Relación entre los gastos y los ingresos.	75 por 100	75 ¹ / ₅ p. 100	75 ² / ₅ p. 100	70 ² / ₅ p. 100
Coste de establecimiento por cada milla de vía sencilla. (Libras esterlinas.)	7.200 con adoquines nuevos.	"	"	5.700 aprovechando los adoquines de la calle.

En Glasgow y Sheffield se construyeron los tramvías por las corporaciones municipales, y se dejó su explotación al cuidado de Compañías particulares, mediante condiciones estipuladas entre ambas partes.

Concluyendo diremos que la perspectiva que ofrecen los tramvías nunca ha sido tan brillante como en la actualidad. Donde quiera que se han palpado los beneficios que trae su establecimiento sería muy difícil que pudieran prescindir de ellos.

Tan pronto como se obtenga un resultado eficaz de los ensayos que hemos indicado se están haciendo continuamente para el empleo de máquinas en la tracción, se abrirá una nueva era para los tramvías, pues no sólo se disminuirán notablemente

los gastos de tracción, sino que reducirán á un mínimo los gastos de reparación y limpieza de la zona de empedrado ó firme á cargo de las Compañías; y es de esperar entonces que el coste del pasaje no alcanzará á más de la mitad de lo que hoy cuesta á los viajeros, desterrándose al propio tiempo el espectáculo poco agradable de la crueldad con que frecuentemente son tratadas las caballerías de los ómnibus. No es raro ver á los caballos en distritos montañosos caer muertos de las fatigas que se les impone, y si la ciencia puede hallar medios para sustituirlos por agentes mecánicos, hará un beneficio positivo á la sociedad.

DIVERSOS SISTEMAS DE TRAM-VIAS EMPLEADOS EN INGLATERRA

Fig.^a 1.^a

Cajinets de fundicion: Leeds.

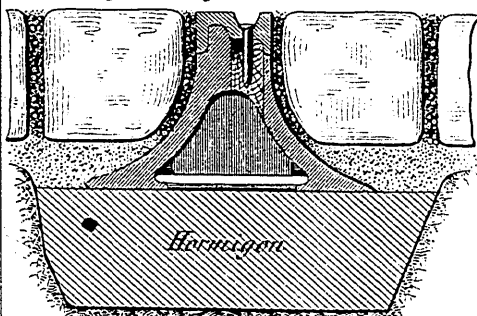


Fig.^a 2.^a

Cajinets de fundicion: Leeds.

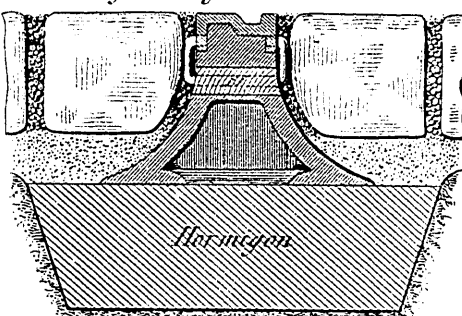


Fig.^a 5.^a

Rail plano: Pendleton

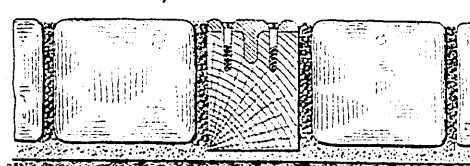


Fig.^a 4.^a

Durmientes longitudinales de madera: Birkenhead.

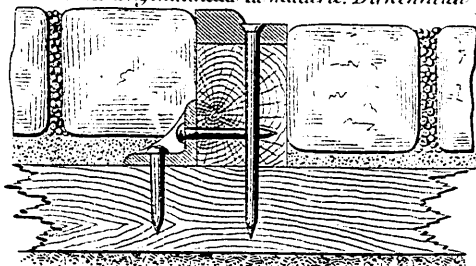


Fig.^a 5.^a

Durmientes longitudinales de madera: Liverpool.

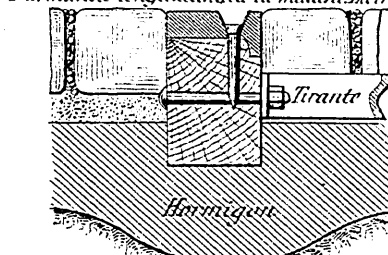


Fig.^a 6.^a

Durmientes longitudinales de madera: Southport.

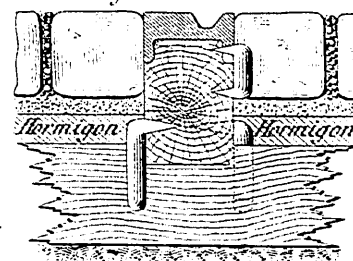


Fig.^a 7.^a Durmientes longitudinales de madera: Londres.

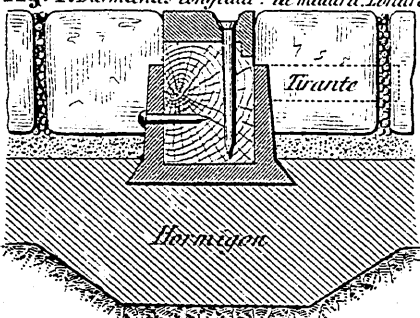


Fig.^a 8.^a

Durmientes longitudinales de madera: Edimburgo.

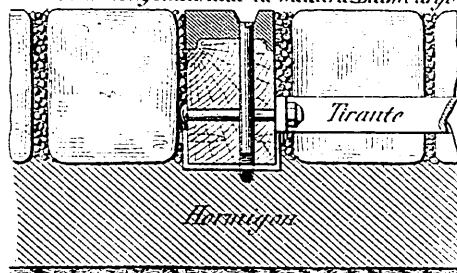


Fig.^a 9.^a

Durmientes longitudinales de madera: Glasgow.

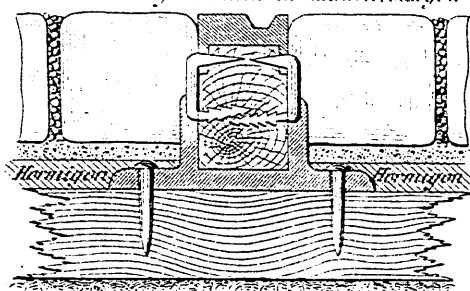


Fig.^a 10.^a

Sistema con largueros durmientes de hierro fundido: Bombay.

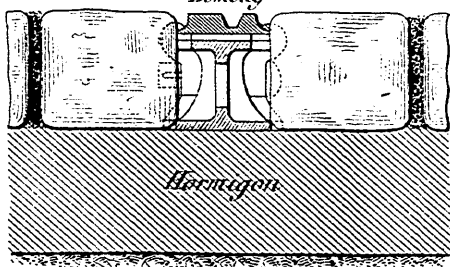


Fig.^a 11.^a

Asfalto Asfalto



Fig.^a 12.^a

