

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

FERROCARRILES

Nota sobre las juntas alternas y las juntas concordantes ó paralelas de la vía ⁽¹⁾.

(Memoria y discusión.)

por

A. J. BEATON

Ingeniero Jefe adjunto de la vía de los South African Railways.

I.—Memoria.

Muchos Ingenieros de la vía no tienen una opinión bien determinada respecto á las respectivas ventajas de las juntas alternas y de las concordantes en ambos carriles de una línea de ferrocarril.

Se han intentado esfuerzos considerables para dar á las juntas una resistencia igual á la de la barra del carril y, sin embargo, es innegable que todavía en la actualidad, y especialmente en su plano vertical, es la junta el elemento más difícil de la vía y que, á pesar del gran número de disposiciones ingeniosas que se han ideado para mejorarla, queda todavía mucho que hacer para remediar este defecto de la vía.

Los partidarios de la junta alterna sostienen que, colocando la parte central de un carril á la altura de la junta del carril opuesto, se obtiene una estabilidad mayor, especialmente en las curvas, porque el centro de la barra conservará mejor la alineación de la curva que la junta. Puede responderseles que si los carriles están curvados al radio exacto, antes de su colocación, las juntas correspondientes guardarán la forma de la curva tan bien como las juntas alternas. Pretenden también que la nivelación se mantiene mejor, puesto que la superficie plana del centro de uno de los carriles, situada enfrente de la junta del otro, «impide que las ruedas de los vehículos, al pasar por una junta, choquen con tanta violencia»; ahora bien, los experimentos efectuados han demostrado que esta concepción es errónea. En efecto, desde hace mucho tiempo se ha reconocido que cuando la vía es defectuosa, y siendo por lo demás iguales las restantes condiciones, los trenes pasan con más suavidad por las juntas correspondientes que por las alternas.

Las deformaciones laterales de la vía, designadas por los peones con el nombre de *kick-outs*, ó codos, no se deben á la pretendida debilidad de las juntas correspondientes, sino á la práctica viciosa de colocar en las curvas de poco radio los carriles derechos, en vez de curvarlos al radio exacto en una máquina especial. Frecuentemente se descuida esta importante precaución aun por los jefes-colocadores prácticos.

Hemos dicho que la junta de carril actual es en plano vertical el elemento más débil de la vía; también las deformaciones se producen más fácilmente en estos puntos que en el resto del carril. Resulta, que cuando una carga móvil pasa por una sección de juntas alternas, las ruedas que franquean una junta se bajan; en otros términos, una de las dos ruedas de cada eje se encuentra alternativamente más baja ó más alta que la otra, según que rueda sobre la junta ó sobre el centro del carril; el centro de gravedad está, pues, fuera de su sitio y el vehículo sufre un movimiento brusco hacia el lado de la junta y los muelles del mismo lado se hallan sobrecargados. Antes del final de esta oscilación y del restablecimiento del equilibrio, la junta del carril opuesto hace que la rueda de este lado se baje, sufriendo, por consiguiente, el vehículo otro movimiento brusco en sentido contrario al anterior. Por consiguiente, los desniveles de la vía dan lugar á movimientos en zizás que se acentúan mucho más en las líneas de vías de 1,067 metros, á causa de que en ellas los coches llevan más parte en falso que en las vías de mayor separación.

Por otra parte, con las juntas concordantes, aunque la vía sea mediocre, las dos ruedas bajan igual y simultáneamente, y aunque de ello resulte innegablemente vibraciones verticales de cierta intensidad, se neutralizan en gran parte por la reacción de los muelles de los coches, mientras que en el caso de las juntas alternas se produce un balanceo transversal á cuyo movimiento no puede oponerse la suspensión de los vehículos.

En circunstancias ideales, un vehículo que circule por una vía en línea recta, tiende á quedar exactamente en el eje de la vía y sólo puede, pues, ejercer una presión lateral bien ligera, casi nula, sobre las juntas de los carriles; de modo que en estas secciones de perfecta alineación recta, las juntas correspondientes casi no producen efecto en las vibraciones laterales ó en las oscilaciones de los muelles de los vehículos. Por el contrario, los movimientos de las juntas provocan vibraciones verticales bastante fuertes. En efecto, cuando una rueda deja el extremo de un carril, en la dirección de marcha, se produce cierta inflexión de la barra, lo que unido á una ligera bajada debida al juego de

(1) Extracto de la Memoria anual de la South Society of Civil Engineers.

dilatación, ocasiona un movimiento de arriba abajo; al alcanzar el carril siguiente la rueda rebota bruscamente y este carril se rebaja ó se «hunde» ligeramente en una longitud de algunas pulgadas á partir de su extremo posterior en el sentido de la marcha. Muchos ejemplos de este fenómeno pueden verse en la línea de Wynberg, cerca de la ciudad del Cabo.

Según las investigaciones efectuadas en los ferrocarriles japoneses por el profesor Omori, Director del Instituto seismológico de Tokio, las mayores vibraciones ocasionadas por los movimientos en las juntas de los carriles alcanzaron 31 milímetros de abajo arriba y 26 en sentido contrario.

Dice el profesor Omori: «Es posible que la intensidad del choque vertical sufrido por la rueda al pasar por una junta, aumente con la velocidad hasta un cierto límite, después del cual disminuye; si la velocidad del tren fuere infinitamente grande, las ruedas pasarían horizontalmente por las juntas sin sufrir reacción alguna en plano vertical». Ahora bien, esta condición en teoría es perfecta, pero imposible de ser realizada en la práctica.

En una línea de vía única con fuertes pendientes, es imposible sostener grandes velocidades en ambos sentidos de marcha. Por consecuencia, es evidente que los trenes que remonten las rampas á una velocidad moderada, por el hecho de las juntas de carriles defectuosas, sufrirán *choques verticales*, cuya intensidad se agravará necesariamente si las juntas son alternas, pero dejando aparte la cuestión de la disposición de las juntas, todo indica el gran cuidado que es preciso poner en el entretenimiento de las juntas de los carriles y la necesidad de sostener la alineación exacta y la buena nivelación de cada pulgada de carril.

En una vía de ferrocarril ninguno de ambos carriles presta al otro, por decirlo así, ninguna ayuda, puesto que se trata de esfuerzos verticales de flexión; cada uno de los carriles obra completamente independiente del otro, como lo demuestra claramente los resultados de los experimentos efectuados referentes á la flexión del carril que acompaña á la caída de la traviesa. Por consiguiente, desde este punto de vista no puede sacarse en consecuencia ninguna ventaja de las juntas alternas, por lo menos en las secciones de alineación rectas, mientras que son evidentes los inconvenientes; por lo demás, no conocemos ningún argumento teórico ó práctico que justifique la adopción de las juntas alternas en las secciones en alineación recta.

En cuanto á las curvas de radio pequeño, afirman los partidarios de las juntas alternas, sin argumento alguno que apoye su afirmación, que la tendencia de las curvas á deformarse que se observa á veces en una vía mal conservada, se combate notablemente, si no se elimina por completo, gracias á esta disposición de las juntas. Ahora bien, es bastante difícil ver cómo se obtiene este resultado ó cómo los carriles de juntas alternas pueden neutralizar los efectos de la fuerza centrífuga é impedir en esta forma la deformación lateral de la curva.

Como consecuencia, la única ventaja que probablemente pueda sacarse con el empleo de juntas alternas en las curvas, es la resistencia desarrollada por el rozamiento de la traviesa deslizándose lateralmente sobre su asiento, y todavía sólo puede admitirse en la hipótesis de que se produzca una deformación horizontal; ahora bien, en una vía colocada con sumo cuidado en todos sus detalles, hasta en el del balasto, en otros términos teóricamente perfecta, esta hipótesis no tiene muchas probabilidades de realizarse y son todavía menores si se hace uso de contracarriles. La práctica que tenemos en lo que se refiere á la conservación de la vía abarca un período mayor de un cuarto de siglo, y durante todo este tiempo no hemos tenido conocimiento de un solo caso de este género. En la época de grandes

calores se producen algunas veces deformaciones laterales, conocidas bajo el nombre de *sun-kinks*, que son debidas al alabeo de la vía, pero son absolutamente independientes de la disposición de las juntas y pueden evitarse calculando exactamente los espacios de dilatación.

Hasta el presente no se ha demostrado prácticamente que transversalmente la junta es demasiado débil para la fuerza centrífuga ejercida sobre ella. Por el contrario, probablemente se ha comprobado que resta un margen considerable de resistencia en exceso en el plano horizontal de una junta, con relación á la resistencia vertical, independientemente del hecho que, cuando la resultante de la fuerza centrífuga y del peso de la máquina pasa por el borde exterior del carril elevado, el carril bajo no sufre, por decirlo así, ninguna presión de la rueda; en estas condiciones, el concurso que pueda prestar el carril próximo es inútil. Por lo demás, la relación de la presión lateral con la presión vertical es muy débil. Una locomotora de 16 toneladas (16,3 toneladas métricas) de carga por eje, al pasar por una curva de 660 pies (201 metros) de radio, á la velocidad de 30 millas (48,3 kilómetros) por hora, produce una fuerza centrífuga que solamente es igual á 1,44 toneladas (1,46 toneladas métricas) de presión horizontal.

Se sabe que durante el paso á gran velocidad en una curva, por la acción de la fuerza centrífuga, la pestaña de la rueda se apoya contra la cara interior del carril en alto, y que en cierta medida, por la acción de la gravedad y por la de la fuerza centrípeta, contra el carril en bajo. Por consiguiente, en ningún momento existe sincronismo entre las presiones proporcionales de un vehículo sobre cada carril de una curva; pero aunque el paso por curva sea á grande ó pequeña velocidad, es sucesivamente, tanto el carril en alto como el carril en bajo, quien soporta la mayor parte de la carga. En este caso, bien que las juntas flexionen transversalmente, bien que se deformen en plano vertical, cada carril debe contar, en muy grande parte, con su propia resistencia. Como consecuencia, la tesis de que el macizo del carril colocado á la altura de la junta del opuesto viene en ayuda de esta última de un modo cualquiera ó que aumenta la estabilidad de la vía no es defendible, porque ningún esfuerzo puede transmitirse del carril en alto ó exterior de una curva, al carril interior, á no ser que se cuente con la dudosa mediación de la resistencia restringida de la traviesa.

El profesor Omori ha descubierto que los movimientos transversales en las curvas «tienen como consecuencia transmitir á los vehículos los choques ó alteraciones debidos á los desniveles de los carriles, á las desigualdades del suelo, etc.» La magnitud de estas vibraciones laterales varía con la naturaleza del balasto y del terreno; es, pues, de la mayor importancia la construcción de una explanación sólida, pero sin olvidar que la alineación sea perfecta, la elevación uniforme y exacta la separación.

Con los desniveles en un solo lado de la vía el elemento de peligro es mucho mayor que cuando existe en ambos carriles, y como la magnitud ó doble amplitud de las vibraciones laterales aumenta rápidamente con las grandes velocidades aproximadamente proporcionalmente á éstas, mientras que la de las vibraciones verticales, especialmente en los coches de carretones, disminuye en las grandes velocidades, puede considerarse como un hecho experimental que á grandes velocidades los riesgos de deterioro del material móvil y de la vía son mayores con las juntas alternas que con las paralelas, tanto más que los desniveles se producen mucho más fácilmente en las juntas que en cualquier otra parte del carril; porque bien que la deformación transversal de una junta sea mucho menor que en plano vertical, existen también muchos más riesgos de irregularidades de alineación

en las juntas que en pleno carril, y por consiguiente más movimientos laterales parásitos de un vehículo; en efecto, las irregularidades en la alineación horizontal son tan perjudiciales para la seguridad y la suavidad de movimiento como las depresiones verticales ó desniveles de la superficie de rodadura del carril. Es un hecho que se observa perfectamente al paso de un tren por las agujas y los cruces.

Sin embargo, no debe exagerarse los molestos efectos de los desniveles pequeños, porque aunque perjudiquen á la suavidad del movimiento no constituyen un peligro real, á menos que la aceleración vertical no sea mucho mayor que la de la gravedad; entonces es de temer que las ruedas no pasen por encima de los carriles y se produzca un descarrilamiento.

Recordemos también que cuando un tren pasa con una velocidad excesiva por una curva de radio pequeño, la presión transversal, y como consecuencia la deformación de la junta, alcanza su máximo, y que toda bajada de la junta de carriles da lugar á un movimiento parásito de los vehículos que se traduce por una oscilación transversal, que en juntas paralelas sería prácticamente despreciable, puesto que la bajada uniforme de las juntas situadas en el mismo plano vertical, perpendicular al eje de la vía, combatiría la oscilación lateral que en las curvas de juntas alternas, cuya conservación deja algo que desear, resulta tan marcada y tan desagradable para los viajeros.

Probablemente se nos hará la objeción de que las depresiones ó desniveles paralelos de las juntas concordantes pueden provocar un movimiento de arriba abajo tan molesto para la suavidad del movimiento como el producido por las juntas alternas.

En una vía para trenes rápidos de viajeros no debían tolerarse los desniveles; pero á pesar de estos defectos, á veces inevitables, es posible que el movimiento oscilatorio de los muelles de los coches neutralice las vibraciones producidas por los choques repetidos sobre las juntas paralelas.

Así, pues, está mejor asegurada la suavidad del movimiento con las juntas de arriba abajo cuando son concordantes que no cuando son alternas. Además, como las vibraciones laterales de un vehículo en marcha prevalecen en mucho á las vibraciones verticales, todo choque vertical que tenga por causa las ligeras irregularidades de una vía de juntas paralelas (haciendo abstracción del efecto neutralizador de los muelles de los vehículos), debe ser necesariamente menor que el producido por los choques similares de una vía de juntas alternas, porque además de las perturbaciones verticales, produciría también en este último caso un movimiento de zizás que coincidiría con las juntas.

Como ya lo hemos demostrado, la resistencia horizontal de una junta de carriles excede en mucho al mayor empuje horizontal debido á las fuerzas centrífugas y centripetas, de modo que los vehículos volcarían, probablemente, del lado externo de una curva, se hubiera producido la rotura de las uniones del carril alto ó se hubiera roto el carril interior de la curva mucho antes de que entrara en acción una resistencia cualquiera de las traviesas en sentido transversal.

Este defecto de resistencia de las traviesas al movimiento transversal de la vía lo hemos observado igualmente con las traviesas de acero con nervios, como son las de madera blanda, con placa de asiento y tirafondos.

En un caso, los nervios interiores del carril exterior de la curva (de 200 metros) estaban cortados al raso, mientras que, en otro caso, los dos tirafondos del carril en bajo de una curva de 138 metros, se habían invertido sin ocasionar á las traviesas ningún movimiento transversal visible, lo que demuestra claramente que el carril puede invertirse por consecuencia de la rotu-

ra de las ligaduras *interiores* del carril alto ó bajo (según la velocidad), mucho tiempo antes de que la traviesa sufra un gran esfuerzo transversal.

Igualmente, con ciertos tipos de material móvil, la disposición de las ruedas reparte la presión sobre los carriles de modo que se ponen fuerzas antagónicas en juego en el esfuerzo ejercido sobre las traviesas; tal es el caso en las curvas de poco radio y en los vehículos de mucha batalla fija.

Otro de los inconvenientes de gran importancia que presenta el empleo de las juntas alternas, es que el gasto de instalación resulta mayor que con las juntas concordantes.

En efecto, para asegurar la separación uniforme de las traviesas es preciso colocar una traviesa más por longitud de carril, de donde resulta un aumento de gasto por milla de 50 á 60 libras esterlinas, según el modelo de vía (777 pesetas á 932 por kilómetro), y en las líneas de curvas rápidas y numerosas resulta un aumento de gasto de bastante importancia; por otra parte, la separación y entretenimiento de estas traviesas de junta aumentan considerablemente los gastos suplementarios de mano de obra. En la mayoría de las líneas de penetración ó ferrocarriles económicos, donde es preciso frecuentemente prever curvas de poco radio y donde es preciso organizar el servicio todo lo económicamente posible, no está justificado el aumento de gasto resultante del empleo de las juntas alternas, aun cuando con él se consiguiese mayor suavidad de movimiento.

La junta alterna presenta todavía otro inconveniente y es que, según el radio, se hace necesario emplear en ambos extremos de la curva trozos de enlace diferentes, lo que exige la necesidad del empleo de otras traviesas y ataduras suplementarias.

La errónea idea de que en las curvas se hace preciso emplear mayor número de traviesas que en las alineaciones rectas, idea arraigada en algunos Ingenieros de la vía, ha tenido probablemente su origen en el hecho de que un tren, á la entrada y á la salida de una curva, está sometido á un movimiento lateral considerable. Estos choques transversales, á veces violentos, se deben únicamente al cambio brusco de dirección provocado por la carencia de curvas de enlace entre la alineación recta y la sección en arco de círculo, y por mucho que se multipliquen la traviesas, siempre subsistirá este punto débil de la vía. Ahora bien, muchos Ingenieros que no han examinado de cerca la causa de estos choques laterales, se han imaginado que podría aumentarse la resistencia de la vía colocando en las curvas un mayor número de traviesas.

El movimiento de un vehículo abordando y dejando una curva es, sin duda, demasiado complicado para que pueda darse á este problema una solución matemática satisfactoria, pero es cierto que estos desagradables movimientos transversales pueden atenuarse considerablemente, empleando en la entrada de las curvas de poco radios enlaces parabólicos. Para estas curvas de enlace es una buena regla, que la variación de la aceleración no exceda un pie (0,305 metros) por segundo cada segundo.

Disponiendo que el empleo de juntas alternas reporte algunas ventajas á la vía, y si se quiere sacar de este sistema todo su rendimiento teórico, es preciso que las juntas de cada carril estén á la altura del punto medio de la barra del carril opuesto. Esta condición exigirá de nuevo el empleo de carriles especiales que variarán con los radios de las curvas. Por consiguiente, desde el punto de vista de la sustitución de las juntas concordantes por las alternas, no resultará economía alguna, puesto que en ambos casos se hará necesario el empleo de carriles especiales.

Recientemente hemos tenido noticia de un hecho que se ha producido en la gran línea de los South African Railways, en el Natal: se construyó una vía en alineación recta con carriles de

38,69 kilogramos por metro y de juntas alternas; pues bien, las oscilaciones fueron tan violentas que se hizo preciso volver nuevamente á las juntas paralelas.

En un informe relativo á las juntas concordantes y á las alternas, presentado en el Congreso internacional de ferrocarriles, Sesión de París, se hacía constar que 37 Compañías eran partidarias de la junta paralela, mientras que solamente un ferrocarril belga y el Este francés empleaban las juntas alternas; esta última Compañía añadía que se tendía á volver al sistema de juntas concordantes.

Conclusiones.

En suma, creemos que el empleo de juntas alternas, tanto en alineación recta como en curva, presenta inconvenientes, ó por lo menos no presenta ventaja alguna, desde el triple punto de vista del gasto, de la estabilidad de la vía y de la suavidad del movimiento:

a) En lo que se refiere al gasto es evidente que no se obtiene economía alguna con el empleo de este sistema de juntas de carriles. En efecto, los carriles especiales y los trozos de enlace son igualmente necesarios en ambos sistemas; pero el gasto de instalación de la vía de juntas alternas resulta, aproximadamente, por kilómetro, 9,32 pesetas más cara que la de juntas concordantes; además, á esto hay que añadir los gastos suplementarios de conservación que es imposible determinar.

b) Se puede demostrar matemáticamente que con las juntas alternas no se mejora en nada la estabilidad de la vía, y la condición de la vía en servicio confirma las deducciones teóricas.

c) La práctica y las observaciones minuciosas, así como los resultados de los diagramas de oscilaciones y de vibraciones conseguidos por medio de distintos y precisos aparatos registradores, indican que en las vías de juntas alternas son menos suaves los movimientos.

No esperamos que nuestras conclusiones sean aceptadas en su conjunto. Sin duda darán lugar á muchas objeciones y creemos que serán discutidas. En toda información científica es preciso procurar reunir un número suficiente de hechos perfectamente auténticos ó interpretarlos con lógica rigurosa, pero dando siempre á la práctica real la parte que le corresponde.

II.—Discusión.

A. D. Tuthope dice que tiene bastante práctica en lo referente á juntas alternas y concordantes y que con mucho cuidado ha tomado nota de lo que ha observado al viajar por vías de ambos sistemas. En un caso se trataba de juntas alternas en toda la extensión de la vía y en otro únicamente en las curvas. Bien que las vibraciones sean más rápidas ó las depresiones más numerosas con las juntas alternas, le parece que la suma de oscilaciones es menor; cree que el sincronismo entre los movimientos elásticos de las ruedas y las flexiones del carril, es menos de temer que con las juntas concordantes, porque á su parecer las oscilaciones de los coches se combaten y compensan con las irregularidades de las juntas alternas. El Sr. Beason ha llamado la atención de un modo especial sobre el gasto suplementario que resulta del aumento del número de traviesas. Es evidente que resulta un argumento de fuerza en contra de las juntas alternas.

Stevens dice que el autor no menciona los gastos suplementarios ocasionados por la colocación de las juntas paralelas en las curvas.

Tuthope á continuación hace observar que el autor no habla del corte de carriles á la longitud necesaria para hacer las juntas

concordantes. Si es preciso cortar todos los carriles, el gasto es forzosamente mayor que si no se tiene que cortar más que un solo carril en cada curva, de modo que en este último caso la economía de mano de obra en la colocación de la vía, compensa probablemente el gasto suplementario de traviesas.

Menmuir señala las oscilaciones laterales por él observadas en la línea del tranvía de Kimberley á Alexanderfontein, en donde la vía es de juntas alternas.

III.—Correspondencia.

H. H. Elliott está completamente de acuerdo con el autor en lo que se refiere al empleo de juntas alternas en las secciones de vía en alineación recta. No es fácil mantener las juntas verticalmente exactas, y cuando un tren entra en una de estas secciones se produce en seguida un movimiento vertical que se va acentuando progresivamente.

Por el contrario, es de opinión que en las curvas de radio pequeño resulta ventajoso el empleo de juntas alternas, y esta práctica es ahora la adoptada de un modo general en los ferrocarriles sudafricanos. Desgraciadamente las juntas son el elemento más débil de la vía, tanto horizontal como verticalmente, de modo que si no se colocan estos puntos débiles uno enfrente del otro se obtiene una resistencia mayor, puesto que el macizo del carril de un lado compensa el punto débil del carril opuesto.

Las principales causas de las deformaciones transversales de una vía en curva son la tendencia del carril al desplazamiento y las dilataciones producidas por las brascas elevaciones de temperatura; también conviene añadir seguramente la presión lateral debida á la fuerza centrífuga. Por muy buena que sea la conservación de una vía, existen siempre secciones donde no es posible económicamente eliminar los efectos producidos por los factores antedichos; sin embargo, á su parecer, estos efectos se atenúan considerablemente con el empleo de juntas alternas, gracias al apoyo prestado á la junta por el macizo de la barra del carril opuesto.

Heallie escribe: En todo el desarrollo de su Memoria, el autor apoya su argumentación sobre la hipótesis de una explicación sólida y perfecta, condición que no es realizable en la práctica por muchos esfuerzos que se intenten para alcanzar la perfección en este sentido.

En Africa austral no es práctica generalmente adoptada la de curvar los carriles, antes de su colocación, al radio exacto de la curva, y donde se obra en esta forma, el que escribe puede asegurar por experiencia que la junta alterna asegura innegablemente la mayor suavidad de movimiento. Haciendo el arreglo de las curvas por ripado, se puede conseguir una buena alineación que se sostendrá mientras que el balasto sea regularmente objeto de los cuidados necesarios; pero cuando esta vigilancia sistemática se descuida, como ocurre en muchos puntos durante los períodos de economía rigurosa (entre 1906 y 1910), los carriles comienzan á enderezarse y resulta que en lugar de una curva uniforme toma la vía la forma de una figura poligonal cuyos vértices se encuentran en las juntas; este hecho no sucede con las juntas alternas. Aun con los carriles curvados á máquina antes de su colocación en la vía, no se obtiene una curva perfectamente exacta en toda su longitud, y la razón está en que la máquina no puede curvar el carril en los extremos como en el centro, y cuando están colocados en la vía con juntas concordantes, se forman ángulos en las juntas, inconveniente que no se produce con las alternas si se fijan los carriles sobre las traviesas con la separación exacta en toda su longitud. El que informa no pretende que no pueda obtenerse en curva una vía exacta con

las juntas concordantes, porque con la ayuda de unas tenazas de reparar se puede hacer desaparecer de un modo permanente las irregularidades en las juntas, pero es de opinión que con las juntas alternas se puede obtener un mejor trazado en curva que con las concordantes, especialmente en un tipo de vía económico.

Está fuera de duda que las juntas alternas resisten mejor una presión lateral que las concordantes, y respecto á esto dice Molesworth: «Los carriles cuyas juntas se corresponden, solamente tienen el 70 por 100 de la resistencia lateral de los carriles cuyas juntas se alternan». Este dato merece citarse en contestación á la afirmación contraria del autor de la Memoria.

El informante no cree como el autor, que nada puede neutralizar los efectos de la fuerza centrífuga sino el peralte fijado para una velocidad cualquiera dada. El carril exterior resiste la fuerza centrífuga hasta un cierto límite, y esta resistencia es mayor con juntas alternas que con juntas concordantes, porque en el primer caso la junta exterior, al sufrir la carga, tiene frente á sí el centro del carril interior que le presta ayuda por medio de las traviesas que hacen el oficio de tirante. El autor no acepta esta teoría; pero puede ser que el citado extracto de Molesworth le hiciese cambiar de opinión.

El autor basa casi toda su argumentación sobre la hipótesis de que la fuerza centrífuga es la causa de la carga que los carriles tienen que soportar. Heatlie, en este punto, no está de acuerdo con él, porque primeramente es preciso que la velocidad sea superior á la que corresponde al peralte previsto en una curva dada antes que la fuerza centrífuga pueda entrar en acción ó sea cuando ejerce presión lateral sobre el carril exterior. En toda velocidad menor, la presión transversal sobre el carril exterior se debe, generalmente, al método de construcción del material móvil, á que nunca ó casi nunca se engrasan los ejes y las superficies de rozamiento de los carretones y á la tendencia que los vehículos de cuatro ruedas muy separadas tienen á enderezar los carriles al pasar por una curva, como consecuencia del acúñado de las ruedas sobre los ejes.

Siendo así, no hay razón para que pueda decirse que «cada carril tiene que contar en gran parte con su propia resistencia» en el sentido transversal, porque el carril exterior es el que únicamente se opone al movimiento rectilíneo del vehículo y le guía en la curva, y no puede, por consiguiente, negarse que el centro del carril colocado en frente de una junta no presta ayuda á ésta por intermedio de las traviesas que desempeñan el papel de tirantes.

La línea de Indwe á Maclear de longitud total de 105 millas (169 kilómetros), es un buen modelo de vía de juntas alternas en las curvas é invita al Sr. Beaton á que compruebe en esta línea sus teorías.

Contestación del autor.

El Sr. Tudhope pregunta qué gasto es el ocasionado por el corte de cada carril en las juntas concordantes. Por este hecho no existe ningún gasto suplementario, porque laminando los carriles en los grandes lingotes de acero, se halla siempre un tanto por ciento de carriles cortos que pueden siempre cortarse directamente á las longitudes especiales necesarias para las curvas que se trata de colocar ó de renovar.

Es conveniente también recordar que los carriles llamados «especiales» son igualmente necesarios en ambas clases de vía.

No conocemos bien la práctica de los ferrocarriles sudafricanos antes de 1900, pero desde esta época hasta el presente, hemos curvado siempre á máquina de rodillos todos los carriles destinados á curvas de 10 cadenas (200 metros) y á todas las de

menor radio. Esta regla continúa igualmente en práctica en todos los ferrocarriles en construcción en el Africa del Sur.

El Sr. Heatlie se equivoca al decir que por este procedimiento no puede un carril curvarse al radio exacto en toda su longitud. Se acuerda probablemente los antiguos métodos de operar llamados *swagging* y *jimcrowing*, que no eran capaces de producir una curvatura uniforme.

Molesworth es una gran autoridad, pero no está demostrado que sea infalible, y es difícil dejarse convencer en contra de los hechos; mucho tiempo ha pasado ya desde que Molesworth escribió la frase citada por el Sr. Heatlie.

Hasta una época reciente eran desconocidas las investigaciones científicas relativas á la vía de los ferrocarriles, y muchas teorías que hace años se aceptaban como axiomas en la actualidad se consideran falsas.

En el estudio metódico y exacto de los problemas de la vía, sin hablar de todos los demás, queda todavía un amplio campo abierto á los Ingenieros de ferrocarriles.

Puede hacerse la prueba de que la presión ejercida contra el carril exterior de una curva es, en realidad, muy ligera. Si la elevación destinada á neutralizar esta fuerza tiene el valor necesario, la presión lateral sufrida por el carril no debe ser mayor durante el paso en curva que cuando el vehículo circula en alineación recta y la junta no se solicita en horizontal.

Sin embargo, es bastante difícil calcular la elevación de modo que corresponda al límite superior de velocidad, sobre todo en los fuertes declives de líneas de vía única, y como es preciso prever un pequeño factor de seguridad, y puede suceder que se exceda el máximo de velocidad previsto, resulta muy probable que la junta pueda sufrir cierta presión transversal; sin embargo, ésta es tan débil relativamente al esfuerzo vertical, que puede despreciarse.

Ahora bien, en la actualidad, desde el punto de vista de la velocidad, se juzga de menor importancia la insuficiencia de elevación que el cambio progresivo entre el peralte y la aceleración lateral.

Si la curva de enlace está bien trazada, es imposible percibirse del momento en que un coche de carretones deja la alineación recta para entrar en la curva.

El profesor Omari, que ha dedicado mucho tiempo á investigaciones científicas relativas á las oscilaciones de los coches de los ferrocarriles y que en la actualidad es la mayor autoridad en estos asuntos, dice que: «Las juntas de los carriles parecen tener poco ó efecto nulo sobre las vibraciones laterales de un vehículo, mientras que el efecto de las juntas sobre las vibraciones verticales es muy pronunciado». Resulta, pues, evidente que la depresión vertical de la junta bajo un solo lado del vehículo debe ocasionar un movimiento de vaivén y producir el efecto de que se hace mención en la Memoria.

Es un hecho que no solamente lo hemos observado por vía de observación práctica, sino que los diagramas de oscilación registrados por un aparato de precisión acusaron un resultado análogo.

Nuestras conclusiones están efectivamente fundadas en la hipótesis de que el entretenimiento de la vía se hace en las mejores condiciones que el ingenio y la actividad humana son capaces de producir. La mala conservación de una vía sólo tendería á dar mayor fuerza á muchos de nuestros argumentos en contra de las juntas alternas.

H.

