

que el hormigón sale por mediación del alimentador continuo (i) a la cinta distribuidora (g-h). Al llegar la masa al punto de la cinta que está encima del sitio fijado para el vertido, el descargador móvil (k), previamente allí colocado, la desvía lateralmente, y el hormigón cae por los tubos (k) al tajo de hormigonado.

Esta instalación con puente distribuidor tiene, pues, la gran ventaja de que permite tener durante toda la jornada un solo punto de arribo del cazo, evitando así las pérdidas de tiempo que se originan cuando, por no darse tal circunstancia, se hace preciso tantear en cada maniobra la colocación más conveniente del cazo.

Por último, las dos partes gemelas en que está dividida la instalación, abarcando cada una la mitad del ancho de la presa, ofrecen grandes garantías contra los peligros de interrupción en cualquiera de ambas mitades, pues en caso necesario pueden empalmarse, por decirlo así (véase esquema longitudinal del conjunto de la instalación), ambos puentes en forma que uno de ellos actúe de alimentador y el

otro de distribuidor, con lo que puede hormigonarse en una mitad de la presa con hormigón procedente de la instalación correspondiente a la otra mitad.

Con lo que llevamos expuesto queda terminada la descripción total de la instalación de grandes medios auxiliares, en forma que pueden seguirse todas las operaciones de construcción de la presa, desde el arranque de la piedra en la cantera y la toma del cemento y agua en su origen, hasta la manipulación del hormigón y su colocación en el cuerpo de la presa.

Ahora bien, el funcionamiento de instalación de tal capacidad de trabajo exige, como dijimos, para que rinda lo debido, prever otros medios complementarios, como son la central de producción de energía eléctrica, talleres de reparación y conservación, almacenes, campamento obrero, servicios auxiliares, etcétera, que constituyen un conjunto interesante y de verdadera importancia. De ello nos ocupamos en el siguiente último apartado de este artículo, para completar nuestra información, a pesar de lo excesivamente extensa que ha resultado.

José ORBEGOZO
Ingeniero, de Caminos

Nuevos estudios sobre el "Impacto"

Sistema actual

Nuevamente me voy a ocupar del impacto en los tramos metálicos, asunto que, como saben nuestros lectores, constantemente ha sido objeto de mi atención¹, debiéndose reconocer que en estos últimos tiempos ha sido y es motivo de profundo estudio y observación por parte de cuantos ingenieros se interesan en el proyecto y construcción de tramos metálicos.

Bien sabido es que en la Instrucción vigente en España para el cálculo de dichas estructuras, aparecida en el año 1925, existe la prescripción de que dichos tramos han de calcularse incrementándose sus sobrecargas con arreglo a importantes coeficientes, determinados por fórmula que en la misma figura, siendo esta Instrucción una de las primeras en que se hace constar la expresada prescripción.

Igualmente es conocido que este asunto fué objeto de importante deliberación en el último Congreso de Puentes, celebrado en Viena el año 1928, y recientemente en el Congreso ferroviario, celebrado en Madrid en mayo del presente año, donde ha sido motivo de tema, estudio y discusión, llegándose, como luego se indicará, a algunas conclusiones no demasiado definidas.

Por ello, creo oportuno, en el momento actual, poner de nuevo esta cuestión en conocimiento de todos aquellos a quienes pueda interesar, explicando su situación presente.

Nuevos puntos de vista

1.º *Vía sobre balasto.*—Uno de los aspectos nuevos en que este estudio ha sido tratado, corresponde

principalmente a un punto de vista que sobre el mismo se ha establecido, y es la tendencia que parece marcarse para el porvenir (todavía no de un modo bien determinado; pero, por lo menos, originando estudios, experiencias y deliberaciones), sobre la conveniencia de colocar en los tramos metálicos para ferrocarriles la vía sobre balasto de piedra machacada, es decir, volviendo al sistema empleado en la mayor parte de los tramos metálicos de la época de la construcción de nuestras líneas, en los cuales la vía estaba asentada sobre balasto de grava, generalmente colocado éste sobre tablones, sistema evidentemente imperfecto que motivó la desaparición de dicho modo de asiento de la vía, no sólo por el inconveniente gravísimo de la pudrición de dicho elemento sustentador, sino, además, por tener la ventaja esta desaparición de disminuir el peso muerto o carga permanente, descargando así el trabajo de los elementos resistentes, con cuyo alivio pudieron circular sobrecargas más pesadas que aquellas para las cuales dicha estructura estaba calculada.

Naturalmente que el balasto cuya colocación en la actualidad se propone y que tiene por objetivo, como posiblemente se conseguirá, la disminución del coeficiente de impacto, no ha de estar colocado ni sostenido por madera, como antes, sino por placas de palastro embutidas o por losas de hormigón armado.

A primera vista parece inconveniente este sistema, pues no hay duda que al aumentarse de un modo tan considerable la carga permanente, cuyo incremento puede valorarse en unas tres toneladas más por metro lineal de tramo, es indispensable ampliar en la proporción requerida las secciones de los elementos resistentes, y, por consiguiente, y a su vez, el peso propio de la estructura, lo que como consecuencia inmediata trae otros nuevos aumentos de la misma, con incremento indiscutible del coste de ella; pero se

¹ REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, 1.º de junio de 1923, página 33, y 1.º de diciembre de 1928, página 409.

han hecho observaciones, las que a continuación detallaré, por las cuales se ha podido apreciar una reducción importante en el coeficiente de impacto, que es preciso introducir para incrementar las sobrecargas, cuando éstas circulan por vía asentada sobre balasto, en relación con el preciso cuando la vía está asentada sobre traviesas, que es el tipo corriente en la mayor parte de los tramos metálicos existentes en la actualidad y que modernamente se construyen.

De las Instrucciones europeas la primera en la cual aparece el coeficiente de impacto fué la vigente en Alemania, promulgada el año 1922, y en ella precisamente se establecen ya modalidades que en definitiva cristalizan en cuatro fórmulas distintas, aunque de estructura análoga, para determinar el valor de este coeficiente de incremento por causa del impacto o acción dinámica de las sobrecargas, según las condiciones en que la vía esté asentada en los tramos metálicos, apareciendo las fórmulas que a continuación se copian, según las diversas condiciones en que esta vía se encontrase:

Vía sobre balasto sin clareo en los carriles	$I = 0,00 + \frac{60}{150 + L}$
Vía sobre balasto con clareo en los carriles	$I = 0,11 + \frac{56}{144 + L}$
Vía sobre traviesas sin clareo en los carriles	
Vía sobre traviesas con clareo en los carriles	$I = 0,19 + \frac{21}{46 + L}$
Vía sin traviesas, asentada directamente sobre la estructura, sin clareo en los carriles	
Vía asentada directamente sobre la estructura, con clareo en los carriles	$I = 0,20 + \frac{17}{28 + L}$

Los diversos valores que tienen los coeficientes que en estas fórmulas aparecen, marcan, desde luego, el fruto de observaciones y experiencias hechas por los alemanes para llegar a obtener resultados convincentes que aconsejaron estas variaciones, y, en efecto, en la Memoria de carácter particular que en documentos oficiales no aparece, justificativa de la redacción de aquéllas, se marcan y señalan perfectamente los datos experimentales obtenidos para llegar a dichos valores numéricos, valores numéricos que dan lugar a variaciones en los coeficientes de incremento por el impacto, que varían entre 10 y 37 por 100, según los casos, correspondiendo los inferiores al primer caso o fórmula, y los más elevados al último caso y fórmula.

En Inglaterra también se han hecho, en la «British Engineering Standard Association», experiencias el año 1921 sobre el mismo asunto, sin que los resultados obtenidos hubiesen sido lo bastante decisivos para aconsejar el que en disposición oficial se estableciera la distinción oportuna, y por ello, en la fórmula para impacto que dicha Asociación recomienda, dada a conocer desde el año 1923, se prescinde de esta característica.

Las causas principales que producen los efectos del impacto todo el mundo sabe que son, principalmente, el efecto oblicuo de los émbolos de las locomotoras, la fuerza centrífuga vertical ocasionada por la deformación de la estructura, las vibraciones producidas por los contrapesos de las locomotoras y las deficiencias de conservación de la vía y llantas del material móvil, de aquélla, principalmente en sus juntas, y en éstas por el poligonado de las mismas.

Las dos primeras causas, sin dejar de afectar y producir algún incremento en el coeficiente de impacto que debe utilizarse, tienen mucha menor importancia que las dos últimas, y, por ello, en cuanto sigue me he de referir principalmente a estas dos últimas causas.

Los contrapesos de las locomotoras, especialmente si no están bien calculados, tanto en su peso como en su colocación, producen un efecto vibratorio que se transmite por la vía a la estructura metálica y que si coincide en ritmo con las vibraciones naturales de la estructura por el paso de cargas en movimiento, pueden llegar, como se sabe, a efectos verdaderamente perniciosos que ponen en peligro la estabilidad y resistencia del tramo metálico.

No he de insistir sobre esto, pues es materia sobradamente conocida y que ha sido objeto de notas que llevo publicadas en esta REVISTA.

La última causa señalada, o sea los defectos en la vía, especialmente en sus juntas, casi siempre por exceso de clareo, y el poligonado de las llantas, coinciden en su efecto, o sea en el de constantes, fuertes y repetidas percusiones que, transmitidas por el medio sustentador de la vía a la estructura, producen también en ésta perniciosos y desfavorables efectos.

Veamos si estas dos principales causas del impacto quedan afectadas y en qué sentido al colocar la vía en el tramo metálico sobre balasto de piedra machacada.

Es indiscutible que el régimen de marcha de un tren de sobrecargas, rápido, y con valores absolutos de aquéllas, muy importantes, varía notablemente y esta variación hace sentir sus efectos en el paso de la vía antes y después del tramo metálico, sobre traviesas en éste y éstas sobre balasto debidamente apelmazado y compacto debajo de aquéllas o al pasar sobre las fábricas que constituyen los estribos o pilas y después sobre la vía en el tramo metálico, especialmente cuando en éste está asentada sobre traviesas.

No hay duda que siguiendo el orden del paso de las sobrecargas se observa primeramente que marchan éstas sobre una vía rígida al ir sobre las traviesas y balasto bien bateado; después sobre una zona de corta longitud, pero mucho más rígida y dura, que corresponde al estribo; en ocasiones, como es sabido, sobre una o más traviesas intercaladas entre el carril y este estribo con máxima rigidez este conjunto, y, por último, al entrar en el tramo metálico con máxima flexibilidad, no sólo por ser más flexible el conjunto de la estructura que sostiene las traviesas que el mismo balasto y explanación, sino, además, por la flecha y deformaciones verticales que experimenta la estructura metálica.

Esta diferencia de rigidez que motiva el impacto, por lo menos en buena parte, no hay duda que quedará anulada y sus efectos atenuados si la vía, antes del tramo y en el tramo, está en análogas condiciones toda ella, sobre traviesas colocadas en balasto y envueltas en éste, naturalmente que no siempre con absoluta igualdad, puesto que las explanaciones lógicamente son rígidas y el conjunto del tramo más flexible; se hará también desaparecer el contraste de dureza y rigidez que experimentan las sobrecargas al pasar sobre el trozo de vía apoyado en el estribo, si se hacen desaparecer esas traviesas que con tanta frecuencia se intercalan entre el carril y este estribo, como antes se ha dicho.

De este modo podrán apreciarse las condiciones de la vía en el tramo y a la vez en la explanación.

Vemos, pues, que desde el punto de vista del efecto de los contrapesos, que son los que transmiten esas fuertes vibraciones al tramo, al estar envueltas las traviesas en una masa grande de balasto que reparta y compense estas vibraciones, llegarán al tramo muy atenuadas y disminuídas y probablemente será muy difícil se presentase la coincidencia de ritmo entre aquéllas y las que el tramo por sí experimenta por la marcha de las sobrecargas.

Vemos, pues, la posibilidad de la reducción del coeficiente de impacto, desde este punto de vista, al colocar la vía sobre balasto; por el contrario, si bien con esta reducción se obtienen evidentes economías, no hay duda también, como antes ya se ha aludido, de que las secciones de las barras de la estructura deberán ser mucho mayores al tener que resistir una carga permanente mucho más considerable.

Estas presunciones, que llevan a inducciones de la posibilidad de la reducción del coeficiente de impacto

l = luz teórica del tramo.

q = peso de la carga permanente.

r_o = distancia al centro del de gravedad del contrapeso, y

q_o = el peso de éste.

En la primera fórmula se aprecia la reducción evidente del valor de la velocidad crítica, cuando el peso propio de la estructura que soporta esta sobrecarga aumenta y cuando el producto $E \times I$, que marca y define la rigidez de la estructura, también se incrementa. Como generalmente los trenes modernos circulan a grandes velocidades, éstas se hacen superiores a la velocidad crítica, y, por tanto, se aleja el riesgo de la coincidencia de aquélla con el ritmo vibratorio propio de la estructura.

Examinando la segunda fórmula antes mentada, se aprecia igualmente que la flexión o deformación máxima disminuye cuando el peso propio de la estructura aumenta, y como ambas fórmulas son bien satisfactorias, al aumentar el peso propio o permanente del tramo, y esto se consigue colocando la capa de

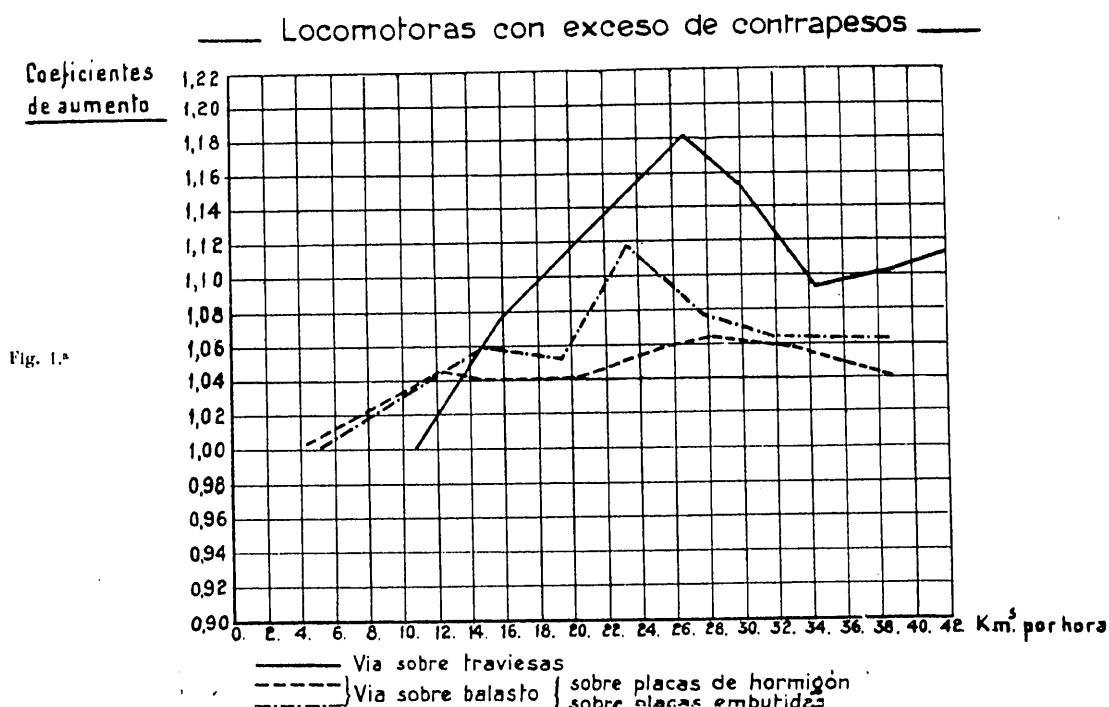


Fig. 1.ª

por esta causa, coinciden exactamente con los estudios hechos por Belgaeff, notable ingeniero ruso, el cual ha deducido, con estudios teóricos, interesantes, que ha realizado y experiencias prácticas de las que luego me ocuparé, dos fórmulas que marcan, la primera,

$$V = \frac{D \cdot \sqrt{g \cdot E \cdot I \cdot \pi^2}}{2 \cdot P \cdot \sqrt{q}}$$

la velocidad crítica de las vibraciones debidas a los contrapesos de las locomotoras; y otra segunda fórmula

$$F_{\text{máx}} = \frac{q_o \cdot r_o}{D \cdot q}$$

que marca la flexión máxima que la estructura experimenta al paso de estas sobrecargas.

Significan estas letras lo siguiente:

D = diámetro de las ruedas.

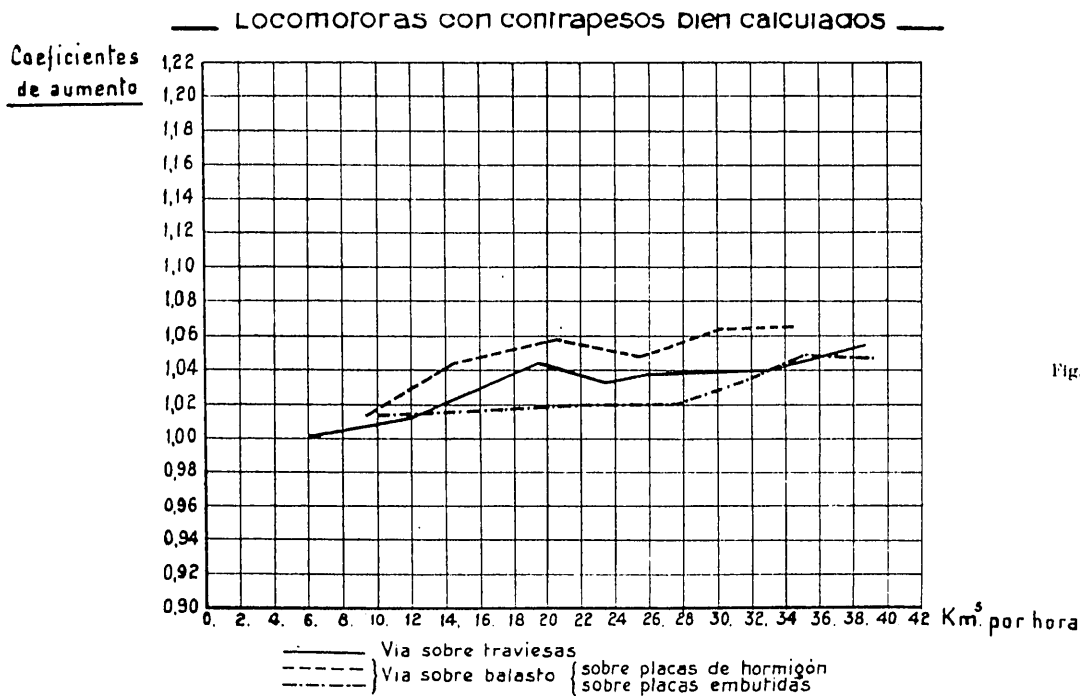
balasto de que nos estamos ocupando, vemos que desde este punto de vista es indiscutiblemente favorable el resultado y coinciden las experiencias de Belgaeff con las presunciones y también experiencias examinadas, que llegaron a cristalizar en las fórmulas que en 1922 aparecieron en la Instrucción alemana.

Por el contrario, Belgaeff afirma que, desde el punto de vista del efecto de los golpes producidos en las juntas por el clareo de carriles o el poligonado de las llantas, se incrementa notablemente el coeficiente de impacto, al estar colocada la vía sobre balasto con relación al que corresponde a la vía sobre traviesas corrientes y éstas directamente en la estructura metálica, pues al ser el conjunto más rígido por la dureza, especialmente de la transmisión a través del balasto bien bateado de los esfuerzos recibidos por las traviesas, los choques producen incrementos del efecto estudiado. Es decir, que se encuentra el que en este asunto ha de juzgar ante la alternativa, por lo menos según la opinión de Belgaeff, de que lo que

es favorable para la disminución del efecto del choque por la colocación del balasto y existencia de los contrapesos puede ser desfavorable por el excesivo clareo y mal torneado de las llantas; es decir, el asunto no está, ni con mucho, suficientemente dilucidado, o sea que es materia digna de estudio y que merece que cuantos sobre este asunto puedan ocuparse lo sigan con el máximo interés y no abandonen este camino hasta llegar a una solución conocida y exacta.

nes formados por las primeras locomotoras y vagones, y, en la última, haciendo las mediciones solamente con trenes de vagones.

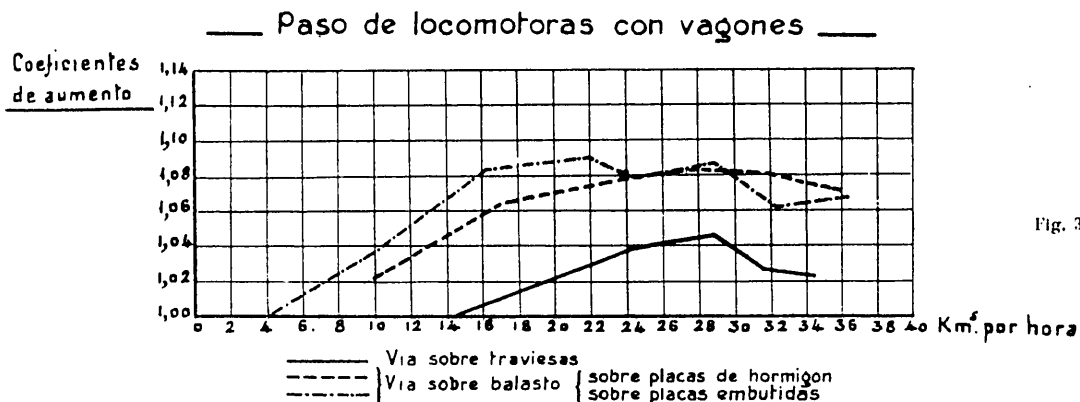
Vemos, examinando los gráficos correspondientes, que en la figura 1.^a aparecen dominando, por lo menos a partir de los 14 kilómetros por hora de velocidad de la locomotora, los coeficientes de aumento por impacto experimentados en el tramo, en el cual la vía está sobre traviesas y en orden de importancia

Fig. 2.^a

Belgaeff ha efectuado estudios experimentales muy interesantes, que confirman los que de un modo teórico ha realizado, y que le han conducido a las fórmulas antes mentadas. Ha hecho estudios sobre tres tramos metálicos gemelos de 37 metros de luz: en uno de ellos, con la vía colocada sobre traviesas; en los otros dos, sobre balasto; en el primero de éstos sobre placas de hormigón, y en el último, sobre placas

aparecen las que corresponden a aquel en el cual la vía está sobre balasto y placas embutidas, pudiéndose, por tanto, apreciar claramente el efecto que los contrapesos, en este caso exagerados, producen, incrementados evidentemente en el caso en que la vía está sobre traviesas, confirmando con ello las afirmaciones anteriormente hechas.

Por el contrario, como se aprecia en la figura 2.^a

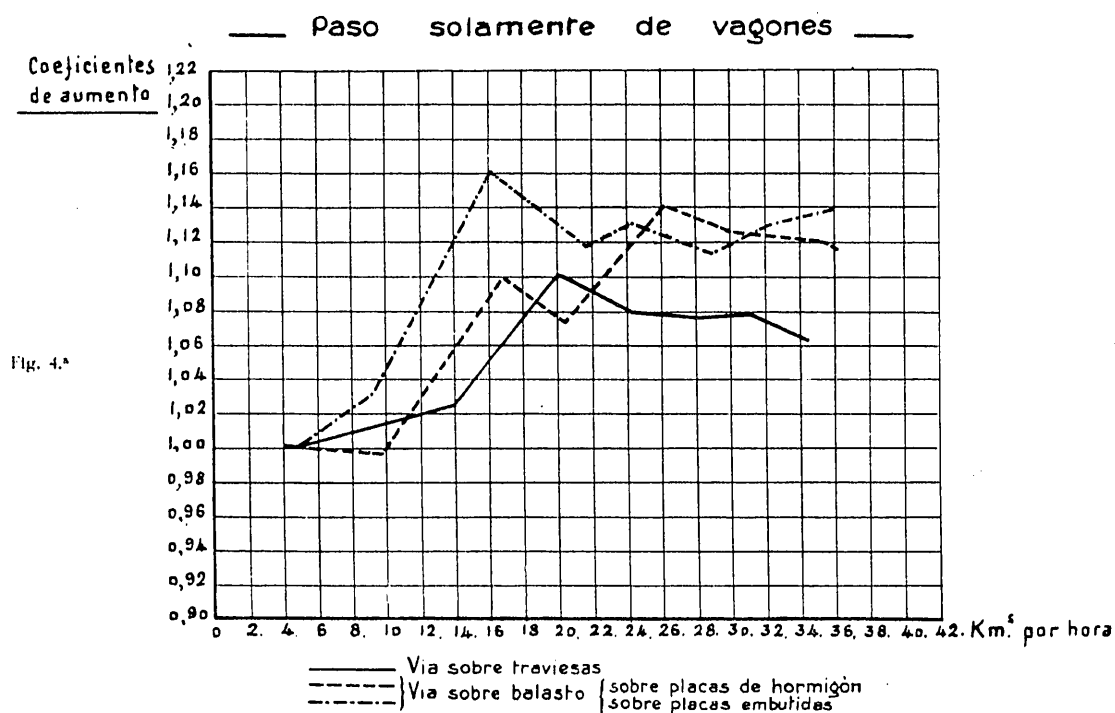
Fig. 3.^a

de palastro embutidas. Ha hecho múltiples experiencias, llegando a cerca de ocho mil las mediciones apuntadas, y cuyos resultados medios aparecen en los gráficos representados en las figuras 1.^a, 2.^a, 3.^a y 4.^a

En la primera se anotan los resultados obtenidos, haciendo el ensayo con locomotoras con exceso de contrapesos. En la segunda, con locomotoras con contrapesos bien calculados. En la tercera, con tre-

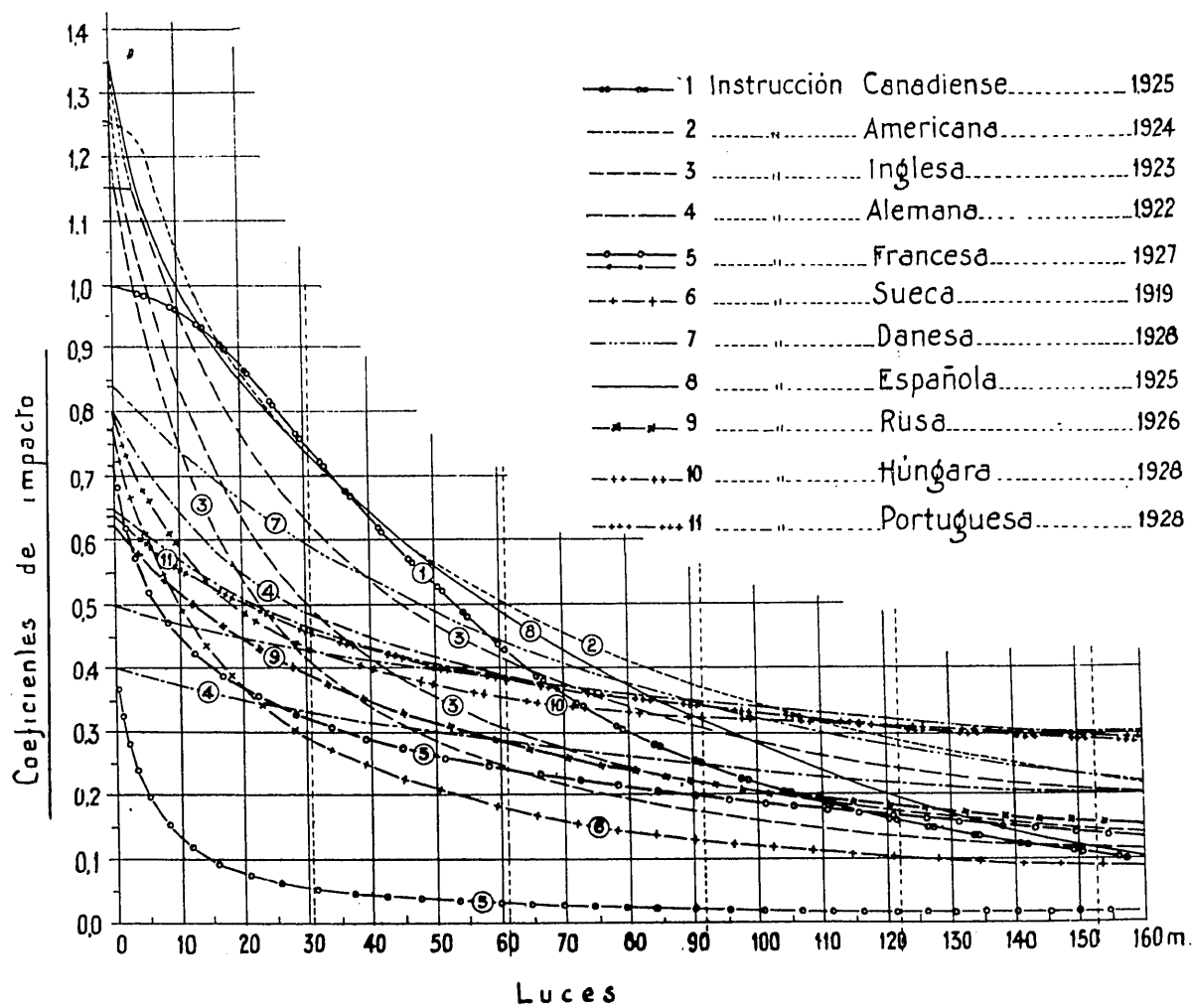
cuando las experiencias están hechas con locomotoras con contrapesos bien calculados, los máximos coeficientes de impacto corresponden al tramo en que la vía está sobre balasto con placas de hormigón, siguiendo en orden e importancia aquel en el cual la vía está sobre traviesas.

En los gráficos correspondientes a las figuras 3.^a y 4.^a, que corresponden a experiencias en las cuales no sólo son locomotoras las que circulan, sino tam-



bién los vagones, en el primer caso unidos a la locomotora, y tomando las mediciones medias del paso de ambas clases de vehículos, y en el segundo con un tren de gran longitud, remolcado naturalmente por

locomotoras, pero correspondiendo solamente las mediciones al paso de los vagones, se aprecia la menor importancia que los coeficientes de impacto tienen en el caso de la vía sobre traviesas que cuando está sobre

Fig. 5.^a

balasto; es decir, que al desaparecer o quedar compensados en parte los efectos vibratorios producidos por los contrapesos, predominan los efectos producidos por los golpes al paso de las juntas, según Belgaeff anunciaba. Por tanto, tal como están en este momento los estudios referentes a este particular, parece que han de obtenerse ventajas en el empleo de la vía sobre balasto, por disminuir el efecto vibratorio producido por los contrapesos, y para atenuar o hacer desaparecer el efecto de percusión del paso por las juntas, convendría que éstas desaparecieran, quitando, por tanto, el clareo, mediante la soldadura de carriles o el empleo de bridas especiales que alejen este inconveniente.

En el último Congreso de Ferrocarriles celebrado, como antes se ha indicado, en el pasado mes de mayo, en Madrid, se ha tomado el acuerdo, al estudiar este asunto, de recomendar a todas las administraciones ferroviarias prosigan los ensayos y estudios para tratar de dilucidar cuál de las fórmulas recomendadas en las múltiples Instrucciones es la que se ajusta más a la realidad, para tratar de adoptarla con carácter general, y que se sigan igualmente las experiencias para darse cuenta de las modificaciones que en dichos coeficientes de impacto pueden obtenerse, colocando la vía sobre balasto, apreciando al mismo tiempo los inconvenientes que puedan presentarse al incrementar el peso propio de la estructura.

A continuación se señalan las fórmulas de impacto actualmente más en uso, y en el gráfico de la figura 5.^a aparecen representadas todas ellas.

$$\text{Canadian Society Civil Engineers} \dots I = \frac{2780}{2780 + L^2}$$

$$\text{American Society Civil Engineers} \dots I = \frac{610}{488 + 10 \cdot L}$$

$$\text{British Engineering Standard Association} \dots I = \frac{36,5}{90 + \frac{n+1}{2} \cdot L}$$

$$\text{Alemana (según las condiciones de la vía)} \dots \left\{ \begin{array}{l} I = \frac{60}{150 + L} \\ I = 0,11 + \frac{56}{144 + L} \\ I = 0,19 + \frac{21}{46 + L} \\ I = 0,20 + \frac{17}{28 + L} \end{array} \right.$$

$$\text{Francia} \dots I = \frac{0,4}{1 + 0,2 \cdot L} + \frac{0,6}{1 + 4 \frac{P}{S}}$$

$$\text{Suecia} \dots I = \frac{1}{13 + 0,7 \cdot L} + \frac{1'}{100}$$

$$\text{Dinamarca} \dots I = \frac{1}{1 + \frac{n+1}{220} \cdot L} \cdot \frac{S_p}{S_p + S_k}$$

$$\text{España} \dots I = 1,40 - 0,56 \sqrt{500 \cdot L - L^2}$$

$$\text{Rusia} \dots I = \frac{0,625}{1 + 0,2 \cdot L}$$

$$\text{Hungria} \dots I = 0,24 + \frac{9}{16 \cdot L}$$

$$\text{Portugal} \dots I = 1,20 + \frac{17}{L + 18}$$

En dicho gráfico puede comprobarse que las fórmulas correspondientes a las Instrucciones española, americana e inglesa son las que marcan o determinan coeficientes más elevados de impacto para pequeñas luces, o sea para tramos de luz menor de 20 metros. Después de éstas, es la canadiense la que mayores efectos produce, agrupándose, después, todas las demás en haz bastante compacto, con excepción de la francesa, para vía estrecha (5'), que es la más reducida de todas.

D. MENDIZÁBAL

Ingeniero profesor de la Escuela de C., C. y P.

El saneamiento de Berlín¹

II

Conducción y depuración de las aguas residuales

Una ciudad de 88 381 ha de superficie, habitada por 4 300 000 personas y situada en un terreno llano, tan llano que sus ríos y lagos están enlazados por una red de canales navegables que comunican la capital del Reich con el Rhin, el Elba, Stettin, en el Báltico y el Oder, y quizá en un futuro permitan el paso al Danubio; una ciudad que además constituye un centro industrial, comercial y de tráfico de primera categoría, tiene que presentar interesantes cuestiones de carácter sanitario, siendo una de las más importantes el saneamiento y la depuración de sus aguas residuales, problema que desde antiguo ha sido tratado y se encuentra hoy en un punto de su continua evolución, mejorándose y transformándose con arre-

glo a los progresos de la técnica, las condiciones económicas del momento y las necesidades del progreso urbano de la población.

La imposibilidad de evacuar las aguas por la pendiente natural obliga a reunir las aguas en puntos bajos que sanean una determinada zona urbana, desde los cuales son impulsadas por tuberías metálicas a la zona exterior, donde se emplean en riegos, antes sin depuración alguna, con una simple sedimentación en albercas; después, separando previamente las materias en suspensión por medio de estaciones centrales desde las que son impulsadas las aguas a los diversos campos de riego; más tarde se inició la instalación de cloración en la estación central clarificadora, y hoy se piensa en aumentar estas instalaciones y complementarlas con estaciones depuradoras por el procedimiento de cienos activados que colaboren con los campos de riego a la depuración total de las aguas residuales.

¹ Véase el número anterior, página 409.