

La carretera y el ferrocarril

Comentarios de comentarios

Al artículo titulado "La carretera y el ferrocarril", dedicado a comentar algunos resultados del libro *El automóvil y el ferrocarril*, contesta Jiménez Ontiveros, su autor, con otro, en el que, entre innmerecidos elogios, que agradezco, dice he procedido "superficialmente" y con "ligereza". Es, por consiguiente, indispensable abusar de la amabilidad de la REVISTA y molestar a los lectores con algunas aclaraciones, a fin de puntualizar ciertos extremos.

No fué nuestro propósito analizar por completo sus fórmulas ni su detallada interpretación, sino solamente señalar los resultados discordantes a que conducen, según hicimos notar en el artículo anterior. Publicado en los últimos números de esta REVISTA un interesante trabajo de nuestro compañero Romera, en el que compara carreteras y ferrocarriles mediante fórmulas similares a las de Jiménez Ontiveros, esta labor carecería por completo de objeto y aburriría excesivamente al lector.

Solamente a título de cortesía obligada, haremos una discusión de la ecuación que Jiménez Ontiveros llama de igualdad económica.

Sea $C = A + BT$, la ecuación que liga en un ferrocarril los gastos totales con los fijos A y los variables B en relación con el tráfico total soportado por la vía.

Sea $c = a + bt$, iguales datos para la carretera.

A dichas ecuaciones las somete Jiménez Ontiveros a dos condiciones:

1.ª Tener el mismo tráfico total; esto es, $T = t$, aunque como las longitudes de los dos caminos son distintas en general, también lo son sus densidades de tráfico.

2.ª Que los costes totales sean iguales; esto es, $C = c$. Para que se cumplan estas dos condiciones es preciso que

$$T = t = \frac{A - a}{b - B}$$

tenga un valor positivo, pues si fuera negativo carecería de realidad la expresión, aunque más adelante descuella una posible interpretación del signo.

Los gastos fijos de la carretera pueden exceder a los del ferrocarril, y en los casos extremos de tener éste fuertes inclinaciones de rasantes, el coeficiente $B = B_1 + \frac{K}{r}$ (1), donde los gastos accesorios $\frac{K}{r}$, con un recorrido pequeño, son una parte considerable del total, llega a ser igual al mínimo de b referente a una autopista muy perfeccionada.

Fácil sería imaginar condiciones geográficas relativamente frecuentes en el mundo que impusieran vías de comunicación, satisfaciendo a las variadísimas cualidades de los caminos definidos por los coeficientes A, a, B, b . La fracción que determina T (2) varía,

(1) K representa el gasto de transporte a la estación de viajeros o de la tonelada de mercancía incluso su carga y descarga.

(2) Es también aplicable a la comparación de dos carreteras o dos ferrocarriles en cuyo caso es evidente puede adquirir la forma $\frac{0}{0}$.

por tanto, de 0 a $\pm \infty$, pudiendo tener la forma indeterminada $\frac{0}{0}$. Fijándonos en esta última vere-

mos que los caminos tendrían iguales cargas fijas y los mismos gastos variables.

Cualquier tráfico sería de competencia, y su coste será el mismo en los dos caminos. Ahora bien, aunque sea indiferente fijarlo, será necesario atenerse a las tarifas corrientes en cada clase de vías, para que la economía social pueda desenvolverse, pues si bien, desde el punto de vista teórico, es indistinto cargar la tasa de amortización de los gastos fijos sobre una unidad de tráfico o sobre un millón, la realidad aconseja hacerlo dentro de cortos límites, que son los que determinan las tarifas; y cuya variación no puede hacerse más que con extremas restricciones; la solidaridad de los transportes tiene tal trascendencia, que unas tarifas discordantes romperían el equilibrio de las naciones más equilibradas. Dentro, por consiguiente, de las tarifas usuales, para uno y otro camino, según su naturaleza, buscaremos el tráfico mínimo que nos diera igual coste total, permitiendo sufragar todos los gastos de ambos caminos. Como sus longitudes son diferentes y las tarifas diversas, se tendrá $DLM = dlm$, siendo M y m las tarifas de uno y otro. Es decir, las densidades estarían en función inversa de los productos de la tarifa por las longitudes, y la competencia, en este caso particular, dependería de las longitudes.

Para cada grupo de valores de los parámetros A, a, B y b , que hagan la fracción constante, el valor T representa la excentricidad de una cónica, cuyos diversos puntos definen caminos de características muy diversas, pero con la cualidad común de ser la fracción $\frac{A - a}{b - B}$ constante. En este caso, el coste del transporte por tonelada será

$$\frac{A + BT}{T} = \frac{a + bT}{T}$$

y este guarismo, si ha de tener efectividad real, debe ser un número próximo y un poco inferior a las tarifas ordinarias de cada camino.

La parte débil del método desarrollado por Jiménez Ontiveros está en considerar que, una vez hallado el tráfico de competencia, se determinan las densidades de cada camino conveniente a su capacidad y circunstancias particulares, y una vez éstas fijadas, se obtienen las longitudes.

El método podría ser razonable si no hubiera contruídos carreteras y ferrocarriles y la ejecución de estas obras tuviera como finalidad principal organizar los transportes, evitando competencias; pero cuando los ferrocarriles forman una red íntimamente unida, y las carreteras otra compenetrada con la primera, y cuando las causas de construcción de nuevos ferrocarriles y carreteras son más complejas, fundamentales y valiosas que las determinadas por una competencia, se deduce que las longitudes de los caminos vienen fijadas *a priori*, y, por consiguiente, se podrá disponer de una densidad de competencia, pero no de

un tráfico de competencia, noción de escaso valor práctico.

Este tráfico de competencia podrá ser nulo o infinito, en cuyo caso indica que uno de los caminos absorberá todo el tráfico existente, teóricamente, ilimitadamente, prácticamente, hasta que se alcanza la saturación del camino favorecido.

Cuando tenga un valor finito determinado y salga fuera de los límites de las tarifas, esta noción de *tráfico de competencia* indica la imposibilidad de que subsista, y, sin embargo, si las longitudes de los caminos son convenientes, es indudable que pueda establecerse una competencia en cuanto el tráfico existente alcance el menor mínimo indispensable para sostener uno de los caminos y no exceda del máximo que corresponde a su *saturación*, en cuyo caso forzosamente el tráfico irá al otro camino ¹.

En resumen: a la noción teórica del tráfico de competencia, definida por las condiciones ya dichas, hay que agregarle la de que el coste de los transportes es sensiblemente el de las tarifas ordinarias en la clase de camino de que se trata, pues, de lo contrario, no puede tener efectividad práctica.

Pasemos de lo general a lo concreto, y con los datos del caso primero de la página 56 de la obra de Jiménez Ontiveros evaluemos el coste de la tonelada-kilómetro del tráfico de competencia allí calculado para un ferrocarril cuya densidad de tráfico sea 600 000 ton-km/km. Con aquellos datos resulta

92 300 000 ton-km, y mediante la fórmula $L = \frac{T}{d}$ se obtiene para longitud del ferrocarril 154 kilómetros y para la carretera prácticamente ilimitada.

El coste de los 92,3 millones de ton-km vale, según sus datos y notaciones,

$$c = K + (m + n)L + (\pi + b)T$$

y el de la ton-km,

$$\frac{c}{T} = \frac{30 \times 600\,000 + 46\,000 \times 154}{92\,300\,000} + 0,191 + 0,0064 = 0,47$$

pesetas; resultando un desacuerdo con la realidad, por cuanto es un ferrocarril de buen tráfico (600 000 toneladas-km/km) y de 154 km de longitud; donde la ton-km tiene por tarifa 0,1033, no puede subir a 0,47, cualquiera que sean los gastos accesorios o fundamentales que como supletorios se añadan.

Llama la atención en dicha fórmula el valor nulo de m' y el muy reducido de n' , al que se adjudica 0,075 d' ; y tomando para el d' la densidad mínima de la carretera, 165 ton-km, resulta que los gastos mínimos se elevarían a 12,37 pesetas por kilómetro, cifra realmente minúscula, puesto que sólo la conservación mínima de la carretera no puede descender de 500 pesetas, por muy optimista que se sea.

Si en dicha fórmula hacemos $n'd' = 500$ pesetas, cifra reducida, se obtendría para el tráfico de com-

petencia solamente 5 714 407 ton-km, y el coste de la ton/km, teniendo en cuenta que en este caso el ferrocarril tendría solamente 9,52 kilómetros de longitud, se obtiene análogamente y resulta de 3,41 pesetas, cifra elevadísima, fuera de toda realidad. La longitud de la carretera sería $\frac{T}{d} = 34\,633$ kilómetros, que contrasta con la pequeñez del ferrocarril.

Habría también llamado la atención en los cálculos del coste de transporte el valor de los gastos accesorios. En el primer ejemplo valen tanto como todos los variables, y en el segundo, el mismo guarismo 18 millones de pesetas para 1 128 054 que suponen los gastos variables. Ello es debido a la adopción de un recorrido fijo de 156,5 kilómetros, con lo cual, en el primer ejemplo, el recorrido medio excede algo a la longitud del ferrocarril, 154, y en el segundo tiene que recorrer múltiples veces su longitud de 9,520 kilómetros para poder alcanzar un recorrido medio tan enorme. Y por ello resulta elevadísima la cifra que se ha calculado corresponde a la ton-km. La fórmula ganaría dejando explícito el recorrido medio y cifrándolo en cada caso particular.

Conviene señalar el error cometido por Jiménez Ontiveros al corregir la igualdad

$$x \cdot 0,50 \cdot l = x \cdot 0,1033l + x \cdot 1,2 \quad [1]$$

en que el primer miembro es el coste del transporte por carretera y el segundo por ferrocarril, y que planteamos en el artículo anterior para el caso de establecer entre dos puntos una competencia por ferrocarril y carretera, pero sin la pretensión excesivamente ambiciosa de que tuviera un carácter general y sirviera para todos los casos imaginables.

Censura en esta ecuación Jiménez Ontiveros haya partido de la tarifa y no de los costes reales de producción de la mercancía-transporte.

Las fórmulas, demasiado analíticas, tropiezan con la dificultad de fijar los coeficientes con suficiente generalidad para que abarque todos los casos y con la debida precisión para obtener una aproximación suficiente en las aplicaciones.

Si a eso se agrega el carácter realmente variable de todos los gastos, aun de los que parecen constantes e independientes del tráfico, se comprende que la parte débil de fórmulas detallistas sea la fijación de coeficientes.

La ecuación anterior pretende solamente señalar, de una manera clara y sencilla, la relación de longitudes de los caminos para que pueda establecerse la competencia en el caso de que dos puntos estuvieran unidos por un ferrocarril y una carretera. Aceptando sus tarifas y sus coeficientes el problema se simplifica y las distancias entre nuestras apreciaciones disminuyen. La tarifa debe responder a los costes de producción, y como la mercancía-transporte abarata a medida que aumenta el número de unidades transportadas, disminuye en este caso, y en la ecuación, en definitiva, depende de las densidades del tráfico; pero, si dificultades legislativas o de otra índole lo impidieran, el tráfico elegiría en todo momento el camino de menor coste efectivo y la estimación de la competencia tendrá como base la tarifa.

Aceptamos también los coeficientes adoptados para el traslado de viajeros a la estación y para el transporte de las mercancías y su carga y descarga, sin

¹ Cuando ha transcurrido un tiempo suficiente para que el tráfico mínimo y las excedentes que pudiera haber amortice los gastos fijos del primer camino, a la colectividad conviene la construcción del segundo; no así al empresario, que espera para ello que el tráfico rebasa la capacidad de saturación del primer camino. Esto desde el punto de vista de rendimiento directo, prescindiendo de la riqueza que permita valorar, o de la indirecta, que pueda crear.

que ello suponga conformidad completa, pues es notorio que el tráfico por carretera a larga distancia, que sirve ciudades de alguna extensión, requiere el traslado de viajeros al punto de origen del auto-ómnibus, lo que supone gastos a veces tan importantes como el acudir a la estación del ferrocarril; y, aun respecto de las mercancías, puede estimarse coste de igual clase a los citados, aunque de mucho menor cuantía, el mayor gasto de combustible que supone el tránsito lento por la parte frecuentada de las poblaciones y el consumo de las arrancadas motivadas por la frecuencia de las paradas que origina la congestión de tráfico.

En el caso particular de la ecuación [1], todas las toneladas-kilómetros son de recorrido total, y, por consiguiente, la fórmula está bien planteada. En rigor, el último término debió escribirse $\frac{xL}{L} \times 1,2$,

aunque el lector habrá subsanado fácilmente la falta de los factores suprimidos, cuya relación es la unidad. En cambio, Jiménez Ontiveros, con el nerviosismo propio del momento, incurre en manifiesto error al variarla. Propone para los gastos accesorios del ferrocarril la fórmula $\frac{x \cdot 1,2 \cdot x}{r}$, siendo r el recorrido medio de la mercancía, que en nuestro caso particular sería igual a la longitud total del ferrocarril L . Un ejemplo aclarará los conceptos.

El transporte de 10 000 toneladas vale, según el segundo miembro de la fórmula [1], para un ferrocarril de longitud de 300 kilómetros, 309 900 pesetas, el transporte propiamente dicho, y 12 000 pesetas los gastos accesorios. En total, 321 900 pesetas, de acuerdo con la realidad. Corregida la fórmula según el criterio de Jiménez Ontiveros, y simplificada dividiendo por x los dos miembros, el transporte antes citado valdría 30,99 pesetas, para el transporte propiamente dicho ($0,1033 \times 300$), y 40 de gastos accesorios ($\frac{10\,000 \times 1,2}{300}$). En total, 74,99 pesetas, cifra a todas luces insuficiente.

Si se aplica antes de simplificarla, el resultado sería el siguiente: coste del transporte propiamente dicho, 309 900 pesetas, y gastos accesorios, 400 000 pesetas, superior al transporte. En total, 709 900 pesetas, que tampoco está de acuerdo con la realidad.

La fórmula está bien establecida y no hubo confusión de unidades. Prueba de ello es que al calcular el tráfico necesario para amortizar la construcción y conservación de una carretera se agregaron, en partida adicional al transporte por ferrocarril, los gastos accesorios y se tuvo en cuenta el recorrido medio de mercancías y viajeros.

En un estudio doctrinal, como son los publicados en esta REVISTA, los postulados y bases para el desarrollo de un problema deben ser los mismos para todos los elementos del mismo. Es la única manera de formarse una idea completa del asunto. Por ello estimamos no puede hacerse una comparación del coste de los transportes por carretera y ferrocarril sin tener en cuenta el valor del establecimiento de ambos caminos.

El pensamiento oficial, en este orden de ideas, no tiene más valor que el representado por los conocimientos científicos en que se apoya.

Esto no es obstáculo para que si, por otra clase

de consideraciones, el Poder público estima debe ayudar a determinados transportes, prescinda, a título de subvención, de los ingresos que representen el capital de establecimiento, o acepte soluciones de transacción inferiores a las que aconseje la técnica, pero convenientes, desde un punto de vista político, para conciliar fundamentos irreductibles de diversos partidismos. Afortunadamente no estamos solos en nuestras apreciaciones. En el número de 1.º de septiembre de esta REVISTA, nuestro distinguido compañero Romero, al comparar una carretera existente y un posible ferrocarril en competencia, considera, no solamente el coste de amortización de la carretera, sino también el de material móvil del tráfico que ha de absorber el futuro ferrocarril y que debe retirarse del servicio.

A nosotros nos parece exagerado este criterio, pues no hay ningún país en el mundo que tenga unos servicios tan completos y perfeccionados que no haya en su economía necesidades sin satisfacer a las que pueda dedicarse el material sobrante, aliviando de la carga de su amortización al futuro ferrocarril.

Hace notar Jiménez Ontiveros la competencia de los transportes por carretera a larga distancia con los ferrocarriles, y pone para ello el caso de Alemania, que no puede servir de ejemplo a nuestra patria, ni tampoco anular la cita que hicimos a propósito de Bélgica, donde se considera posible vencer a la carretera en distancias superiores a 50 kilómetros. En España, nuestra escasa red ferroviaria permite acortamientos enormes, base de la competencia a larga distancia, y no puede compararse con Alemania y Bélgica, donde se yuxtaponen espesas redes de carreteras y ferrocarriles, y donde estos últimos han llegado a solidarizarse como un sistema único, con uniformidad, rendimiento óptimo y una perfecta organización de conjunto, de la que en España estamos tan lejos que parece un sueño.

Alemania atraviesa en estos momentos una situación económica difícilísima, extraordinariamente peligrosa. Socorrida con subsidios de paro o por la beneficencia pública la quinta parte de la población (la cuarta parte en la capital), con el Erario público en perpetuo déficit, las haciendas privadas exhaustas y obligaciones exteriores muy gravosas procedentes de la guerra, se encuentra con una situación excepcional, y en estas condiciones sólo remedios muy extraordinarios pueden contener su ruina económica y mantener el tono de vida que corresponde a su jerarquía intelectual en nuestra civilización. Como tal debe considerarse la medida de reglamentar, mediante concesiones especiales, los transportes a larga distancia, ordenanza que ha sido divulgada todo lo posible por nuestras Compañías de ferrocarriles. Si sobre los ferrocarriles alemanes no pesasen los impuestos especiales que requieren las reparaciones; si la situación del país, motivada en su origen por la pérdida de la guerra, fuera más próspera, sus ingresos seguirían produciendo el 6 por 100 de su capital de establecimiento. Por tratarse de una renta de las más saneadas de Alemania, fué posible tomarla de base para las cuantiosas indemnizaciones que ha debido pagar dicha nación como consecuencia de la guerra.

A pesar de ello, la política de los ferrocarriles alemanes no puede ser más sabia. Procuran, dentro del límite actual de sus escasas posibilidades, atender al

progreso de los elementos de todo orden, y especialmente de automotores y locomotoras, introduciendo ideas y fabricando máquinas capaces de aumentar en grandes proporciones la velocidad de los viajeros y reducir los gastos de transportes de mercancías. No han podido tomar estos medios el desarrollo que requiere una red tan vasta, y por eso han resultado indispensables las medidas excepcionales, pues no olvida el Gobierno alemán la necesidad de pagar los créditos exteriores que garantiza la red ferroviaria.

La idea predominante es que el ferrocarril venza a la carretera por el *progreso* de su *técnica*, y no por privilegios legislativos, como algunos pretenden en España. Compárense los diversos medios de actuar de nuestras Compañías con los ferrocarriles del territorio alemán, y cualquier observador imparcial verá modalidades muy distintas. Allí, inquietud y deseo de proyectar elementos nuevos, que suponen su progreso; aquí, quietud, esperando que el Extranjero nos dé consagradas las nuevas máquinas, para, con toda calma, adoptarlas a nuestras redes. Consecuencia de ello es que vamos siempre *con retraso* y no en las avanzadas del progreso.

Es, por tanto, indispensable pensar por cuenta propia y contar con las esencias intrínsecas de cada medio de transporte para poder triunfar en la competencia.

Y en este orden de consideraciones, el ferrocarril vencerá a la carretera sin necesidad de acudir a *coordinaciones* que en el fondo sean la estrangulación del tráfico por automóvil. Mas sobre eso último no insistimos, pues preparamos en los momentos actuales un pequeño trabajo, que esperamos dar pronto a la publicidad.

Para las aplicaciones en los ferrocarriles en construcción, Jiménez Ontiveros parte, según dice en su obra, de los datos del Consejo de Ferrocarriles, organismo del que forma parte y cuyas conclusiones acepta.

Resume este Centro los estudios de las Jefaturas, y por ello llama la atención prescinda del coste de 234 millones, fijado para el Madrid-Burgos, elevándolo a 250, por no aceptar las posibles bajas en presupuestos aprobados, análogos a otros a los que se impuso dicha prescripción ante el temor de posibles alzas de estimaciones globales que, como es lógico, se cifran siempre con gran amplitud.

Escasa influencia tienen en la rentabilidad del ferrocarril estos 16 millones. Mas a ello debe añadirse la rebaja del tráfico probable, de 100 000 pesetas, a sólo 60 000, computando solamente el tráfico local y el tránsito de Burgos, y prescindiendo del de las Vascongadas, frontera francesa, Navarra, etc., que ahora recorre la sección Madrid-Burgos —criterio muy ventajoso para la Compañía del Norte, pero que rechaza la economía nacional—, sin que a estas observaciones, hechas en nuestro artículo anterior, haya puesto ningún reparo Jiménez Ontiveros, aunque, según se desprende de su artículo, se resiste a dejarse influir por las indicaciones del folleto de la Comisión burgalesa de Iniciativas, por temor de que le tilden de parte interesada, cuando es notorio que sus colaboraciones son altruistas y absolutamente desinteresadas, como requiere toda labor científica orientada desde un punto de vista nacional, que no ha podido ser empañada por la nota de localismo. Mas, para que venza sus escrúpulos, le diremos que la Co-

misión de Obras públicas del Congreso de los Diputados, en su dictamen, hace sencillos cálculos para obtener los tráficos probables de los ferrocarriles en construcción, y coinciden sus cifras con las obtenidas por la Jefatura y por la Comisión de Iniciativas. Basta para ello prescindir “de los intereses particulares de las actuales Compañías concesionarias”, según dice en el preámbulo. Con dicho objeto evalúa en sentido *restrictivo* el tráfico de los nuevos ferrocarriles, uniéndolo a las líneas en las que supone acortamiento o influye en su tráfico. Se calcula el ingreso actual del conjunto de los ferrocarriles existentes afectados y se divide por el número total de kilómetros de estos ferrocarriles y del de nueva construcción agregado. La cifra así obtenida se toma como ingreso medio del nuevo ferrocarril y es, evidentemente, un guarismo por defecto.

Para el Madrid-Burgos, de 282 kilómetros de longitud, se le suma Madrid-Irún por Avila y Segovia, con 818 kilómetros, obteniendo, en total, 1 100 kilómetros. El tráfico de la línea Madrid-Irún es actualmente 136 000 pesetas kilómetro, y el total, de 111 248 000 pesetas, se divide por los 1 100 kilómetros, correspondiendo a cada uno 101 134 pesetas, cifra concordante con los estudios anteriores.

Como se ve, el procedimiento es claro, sencillo y de un gran sentido común.

No ignoramos que los nuevos ferrocarriles tardarán algún tiempo en alcanzar la plenitud normal de los tráficos probables calculados, plazo que será más o menos largo, según que la entidad explotadora esté o no incrustada en las organizaciones de las actuales Compañías de ferrocarriles. Mas, precisamente el Madrid-Burgos, por tener gran parte de su *tráfico hecho*, puede luchar contra el férreo dogal de los intereses creados, en el caso desfavorable que la explotación no gravitara en la órbita de su esfera de acción, y aun contando con la inhibición del organismo llamado a regularlas, como ocurre actualmente con un caso análogo. De todas formas, la resolución del problema de quién ha de explotar los nuevos ferrocarriles es cada vez más urgente y el principio de toda labor definitiva sobre estos problemas.

Antes de terminar estas líneas haremos algunas observaciones a las fórmulas establecidas por Romera sobre este problema, que plantea con claridad, y cuyos resultados teóricos deben satisfacer relativamente las aplicaciones, puesto que traducen, ajustadas lo más posible al complejo de la cuestión, en símbolos algebraicos los gastos variadísimos y múltiples del transporte. La dificultad, realmente, comienza al dar valores a los coeficientes para obtener resultados concordantes con las realidades ordinarias. Desde este punto de vista hemos de señalar una discrepancia de concepto al fijar la tasa de amortización. Esta no puede ser la misma para el coste de establecimiento que para el material móvil. El establecimiento dura más de una generación; por lo general, un siglo es lo usual en obras públicas. Durante este período de tiempo se hacen las concesiones de ferrocarriles y otras obras. Las hidroeléctricas últimamente se limitaron a 75 años, cifra superior a la de 50 fijada por Romera. En cambio, para el material móvil es pequeña. Al fijar la tasa de amortización de este material debe tenerse en cuenta, no solamente su *duración* —desde luego inferior a la del establecimiento y a la de una generación—, sino el tiempo que, con arreglo a la

naturaleza de cada elemento y su técnica, debe *amortizarse industrialmente*, a fin de disponer siempre de material apto y perfeccionado. Este criterio no se ha seguido en ferrocarriles, y vemos todavía locomotoras y coches que apenas si conservan algunas partes de la construcción primera, ya que el resto, en constantes reparaciones, ha sido modificado y renovado, pero el conjunto se queda retrasado.

La atracción del Madrid-Burgos es causa de que Romera tome sus datos para ejemplo del problema segundo, que se plantea en los casos *A* y *B*, referente a la conveniencia de construir un acortamiento al ferrocarril en los casos que sólo haya tráfico de tránsito (*A*) o coexista éste y el local (*B*).

En el primer caso hemos terminado el cálculo de su ejemplo con los mismos datos y en la hipótesis de ser

$$d_v = \frac{2}{3} d_m.$$

El resultado es que sólo conviene construir el acortamiento cuando la densidad de tráfico alcance los siguientes valores:

Para mercancías: $d_m = 4\,681\,369$ toneladas-km/km

Para viajeros: $d_v = 3\,120\,926$ viajeros-km/km

Los ingresos por kilómetro de este tráfico serían 0,10 pesetas ton-km las mercancías y 0,07 pesetas el viajero-kilómetro.

Mercancías.....	468 137	pesetas
Viajeros.....	218 464	»
Total.....	686 601	pesetas

tráfico que *no alcanza* ningún ferrocarril en España y muy pocos en el mundo, si se tiene en cuenta el valor relativo de las monedas.

Los gastos de este ferrocarril serían:

40 000 + 0,03 × 4 681 369 =	180 441
0,01 × 3 120 926 =	31 209
Total.....	211 650

Lo que prueba se explotaría con un coeficiente óptimo del 30,8 por 100, con una utilidad líquida de 474 951 pesetas por kilómetro y un total de pesetas 133 396 182 al año, dando al capital empleado una rentabilidad de $\frac{474.951}{887.000} = 53$ por 100. Algo realmente opíparo.

Ahora bien: el tráfico sólo de mercancías requiere más de 50 circulaciones diarias; la doble vía es indispensable, y como en el cálculo del capital de establecimiento sólo entra la colocación de una, se deduce que ésta es insuficiente y debía planearse un primer establecimiento de mucha más amplitud. Si, en vez de tomar las de amortización de Romera $\frac{1}{50} = 0,02$, aceptamos la de 0,01 para el establecimiento y la de 0,05 para el material móvil, las circunstancias mejoran y el tráfico total necesario disminuye un 20 por 100, pero tiene todavía los caracteres de colosal.

A la vista de estos resultados, perfectamente explicables por la dificultad de poner coeficientes adecuados —y claro es que lo mismo nos podía haber

resultado a nosotros con otra aplicación cualquiera—, se deduce la poca fe y eficacia que puede tenerse en estas teorías, pues si realmente pudiera existir un caso en España de desvío de tráfico de esta magnitud, es obvio que se hubiera realizado la obra aun en contra del parecer de las fórmulas.

En el caso *B*, de existir tráfico local, hemos terminado el ejemplo del Madrid-Burgos con las siguientes hipótesis:

Las densidades de tráfico de viajeros iguales a $\frac{2}{3}$ el de mercancías

$$D_{2m} = \frac{1}{3} d_{2m} \qquad d_{2m} = \frac{1}{4} d_m$$

lo que equivale a admitir la existencia de un tercio de tráfico local.

Con recorridos medios de

$$R_{2m} = 50 = R_{2v} \quad y \quad r_m = 60 = r_v$$

obtenemos

$$d_m = 705\,902 \quad y \quad d_v = 141\,180.$$

Los ingresos totales serían de 80 473 pesetas, y los gastos, de 62 589, con un beneficio líquido de 17 884 pesetas/kilómetro, un coeficiente de explotación de 77 por 100 y una rentabilidad del 2 por 100, guarismos que se separan menos de la realidad que los anteriores.

Finalmente, hemos terminado también el problema del número 5, para un tráfico mixto en que

$$d_v = \frac{2}{3} d_m \qquad r_m = 50 \quad y \quad r_v = 100$$

Nos ha resultado

$$d_m = 163\,132 \text{ toneladas-km/km}$$
$$d_v = 108\,788 \text{ viajeros-km/km}$$

lo que supone un ingreso de

Mercancías.....	16 313	pesetas
Viajeros.....	7 615	»
Total.....	23 928	pesetas

y gastos de

Mercancías.....	44 894	pesetas
Viajeros.....	7 615	»
Total.....	52 509	pesetas

El ferrocarril debe, pues, abandonarse, y, sin embargo, existen actualmente en España varios ferrocarriles, con ingresos sensiblemente de esta entidad, cuya explotación tiene superávit, aunque el rendimiento al capital sea nulo o pequeño. En este caso se encuentran, según los datos del año 1930, Bobadilla-Algeciras, Avila-Salamanca, La Robla, etc.

Ejerce aquí gran influencia la fijación del gasto mínimo de 40 000 pesetas por kilómetro, que, si bien es acertado para las líneas arteriales, resulta excesivamente elevado para ferrocarriles de poco tráfico. Buena prueba de ello el Central de Aragón, que, para un ingreso de 43 147,24 pesetas-kilómetro, só-

lo tiene de gastos, por todos conceptos, 27 877,84 pesetas.

Todo ello nos prueba el cuidado con que deben mirarse los resultados teóricos. Nuestra imperfección, la dificultad de adaptar las hipótesis a los múltiples y complejos enlaces de la realidad, y la mayor de fijar

coeficientes adecuados, aun limitados a un grupo de aplicaciones, hacen que sólo pueda utilizarse los resultados como un norte sujeto a constantes rectificaciones de la realidad y atendiendo muy especialmente a que no esté en contradicción con los principios fundamentales de un buen sentido práctico.

Luis R. ARANGO
Ingeniero de Caminos

Teoría del arco¹

IV

EXPERIENCIAS EN EL PUENTE DE "YADKIN RIVER"

Se llevaron a cabo por el "Bureau of Public Roads", en colaboración con el "North Carolina Highway Commission", aprovechando la circunstancia de que este puente—tres arcos de hormigón armado, de 44,60 m de luz, tipo tablero superior, sobre palizadas con juntas de dilatación en el centro, extremos

Para la realización de las cargas se utilizaron dos tanques de madera de $3,80 \times 6,10 \times 5,50$ m, provistos de rodillos para su transporte en vacío, llenándose de agua hasta la altura conveniente para transmitir las cargas de 21, 41, 82 y 124 ton.

Las experiencias se ajustaron al siguiente programa:

Serie 1.^a—La estructura estaba íntegra. Se utilizó uno de los tanques, moviéndolo de montante en montante, desde los extremos hasta el centro.

Serie 2.^a—Se rompió la continuidad de la estructura, cortando el tablero a todo lo largo de su sección transversal en las proximidades de todos los montantes. Se aplicaron las mismas cargas que para la serie 1.^a

Serie 3.^a—Estando la estructura en condiciones idénticas que para la serie anterior (es decir, las más semejantes a las de arco libre), se sometió a la carga de los dos tanques en la posición más desfavorable con la intención de llegar hasta la rotura.

Para los cálculos teóricos se partió de cuidadosas mediciones geométricas de la estructura. Se consideró el arco como empotrado en sus extremos y se calcularon, para cada una de las secciones en que se habían instalado aparatos de medida, los momentos flectores, esfuerzos cortantes y tensiones para las distintas cargas.

Para la medición de las deformaciones verticales se colocaron hilos de acero horizontales, lo mismo que para la observación del deslizamiento de los apoyos. También se seguía la deformación del arco mediante clinómetros y niveles.

Para el ensayo en modelo a escala reducida se ejecutó uno en celuloide, correspondiendo a todo el puente, y en él se hicieron los experimentos:

a) Con el tablero cortado en las juntas de dilatación únicamente.

b) Con el tablero cortado en todos los montantes, pero unido nuevamente a ellos mediante soldadura flexible de tela y celuloide (con objeto de encontrarse en las condiciones más parecidas a las de la serie 2.^a).

c) Con el arco libre de toda superestructura.

Por último, se cortaron cilindros para ensayo en laboratorio del hormigón del arco y de los montantes, que dieron una resistencia media a la rotura de 302 kg/cm^2 .

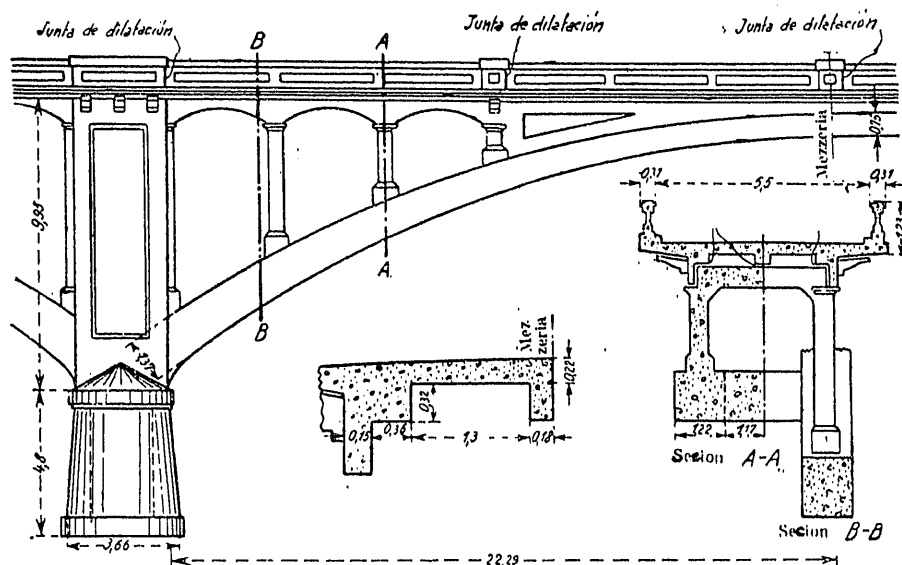


Fig. 13 Puente Yarkin River

y puntos al cuarto de la luz (fig. 13)—iba a desaparecer bajo las aguas de un embalse a los cinco años de construido.

Los puntos de vista directores fueron:

a) Comparación de los valores obtenidos para las deformaciones, aplicando la teoría de la elasticidad, con los medidos directamente en un arco libre de la influencia de la superestructura (tablero y sus soportes) cuando las cargas producen tensiones moderadas.

b) La misma comparación teóricoexperimental anterior cuando las cargas producen tensiones próximas a las de rotura.

c) Determinación de la influencia de la superestructura en el trabajo del arco por medición directa de las deformaciones en las casos de arco libre y estructura completa.

d) Comparación de los resultados obtenidos en la estructura y arco libre con los correspondientes en un modelo a escala reducida.

¹ Véase el número anterior, pág 470.