

comienza a ser económica a partir del punto C'' , pues a los mismos gastos de explotación corresponderá mayor tráfico. El punto C' señala el tráfico para el cual se tendrían con la electrificación los mismos gastos anuales de Explotación.

2.º Tráfico T' :

Corresponde, como se ha dicho, al punto C' , y tiene por valor 8 660 millones de ton/km. Es decir, electrificando las líneas dichas, y con los mismos gastos que actualmente, se llegaría a tener un mayor tráfico y, por tanto, aumento de ingresos, aumento de beneficios netos.

3.º Tráfico mínimo económico:

Adoptando la electrificación se tendría el tráfico T' , cuyo valor es dado anteriormente.

Nota importante.—Para poner bien de manifiesto cómo los gastos de primer establecimiento de la electrificación influyen de un modo decisivo en la conveniencia de realizarla, supongamos que en lugar de tomar el 9 por 100 de interés y amortización del capital de dicho establecimiento, se toma el 10 por 100. En este caso, y en el mismo ejemplo anterior, resultaría:

1.º Conveniencia económica: No procede la electrificación, porque la recta CC' corta al tráfico T por encima de M . Para que la electrificación fuese económicamente conveniente, habría de tenerse un tráfico de 6 125 millo-

nes de ton/km brutas, anuales, mayor que el actual, 5.600 millones.

2.º A igualdad de gastos de explotación, con la electrificación sólo se llegaría a tener un tráfico de 5 000 millones de ton/km brutas, inferior al actual, consecuencia recíproca de la anterior.

Por tanto, si sólo con la variación de una unidad en el tanto por ciento supuesto como interés y amortización del capital del establecimiento eléctrico la electrificación deja de ser económica, la influencia del gasto A_e es decisiva en el estudio de las electrificaciones. Esto completa lo que dijimos anteriormente, y la necesidad de proceder en las electrificaciones, huyendo de lo que hemos llamado «electrificación acelerada».

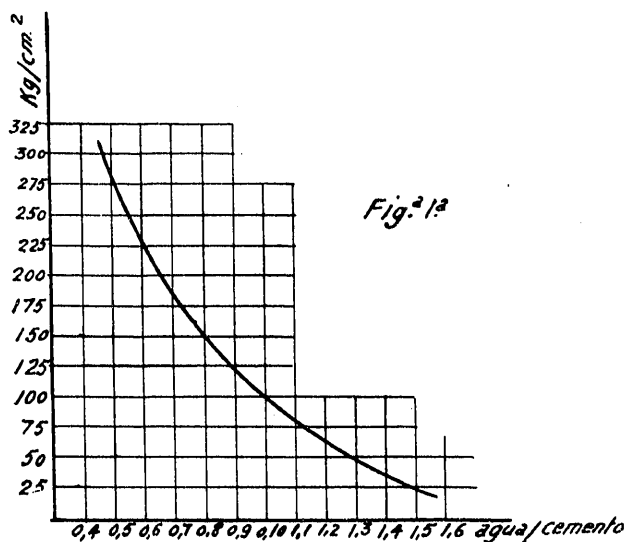
* * *

No creo necesario insistir, después de lo que tantas veces he dicho en la publicación de estos artículos, que nada definitivo se persigue, mejor dicho, nada que tenga el carácter de una rígida exactitud. Sólo se ha mostrado en lo que antecede un método general de investigación, generalidad que no excluye la deducción de consecuencias concretas, directamente aplicables a una explotación ferroviaria. El método, por otra parte, descubre, sin duda alguna, amplio camino para el estudio científico de las explotaciones ferroviarias, con o sin relación con la electrificación de ferrocarriles.

Francisco JIMÉNEZ ONTIVEROS
Ingeniero de Caminos

¿Cuál es la dosificación más económica para el hormigón?

Según las experiencias realizadas sobre las teorías de Abrams sabemos que la resistencia de un hormigón depende de la relación en volumen de agua y cemento. Por lo tanto, para conseguir un hormigón de una resistencia determinada no tenemos más que entrar en la curva (fig. 1.ª) que liga estas dos cantidades y de ella deducimos el valor de la relación



agua-cemento. Si, por otra parte, hemos dosificado el árido en la forma más conveniente, sólo nos queda, para fabricar el hormigón, mezclar el árido con la pasta de cemento. Según en las proporciones que ha-

gamus esta mezcla, el hormigón tendrá una consistencia distinta.

Si, por el contrario, lo que queremos es hormigón para una determinada clase de obra, por ejemplo, para hormigón armado, la consistencia ya viene fijada, pues en este caso habría de ser la pasta fluida. Si queremos conseguirla con una pasta de cemento que su relación agua-cemento sea muy pequeña, nos resultará que necesitamos una relación árido-cemento muy pequeña también, y si, por el contrario, la relación agua-cemento es grande, alcanzaremos una consistencia igual a la anterior con una relación árido-cemento mucho mayor.

Y de estos razonamientos surge el siguiente problema: Tenemos que construir una pieza que resista un cierto esfuerzo P , por compresión; si fijamos un hormigón de gran resistencia según la curva de la figura 1.ª, la relación agua-cemento será pequeña y la sección de la pieza tendrá un cierto valor S , también pequeño, y para que el hormigón nos dé una consistencia de 15 cm de aplastamiento, por ejemplo, necesitaremos una relación árido-cemento que ha de ser pequeña.

Si ahora fijásemos una resistencia menor que la anterior la relación agua-cemento será mayor, y al permanecer constante el esfuerzo, la sección S' de la pieza será también mayor; pero para conservar la consistencia de antes la relación árido-cemento puede ser también mayor, lo que naturalmente nos da una cantidad de cemento por unidad de volumen menor. Pero si la sección S' es mayor habrá mayor volumen de hormigón; por tanto, no sabemos, *a priori*, cuál es más económico, porque en el primer

caso hay menor número de unidades de dosificación mayor y en el segundo el número de unidades es mayor pero la dosificación por unidad es más pequeña.

Como a menor cantidad absoluta de cemento empleado la obra será más económica, podemos hacer el cálculo de cuál es la resistencia que nos da un hormigón más económico para cada compacidad de la siguiente forma:

Sea P = esfuerzo a que está sometida la pieza.

» S = sección de la pieza.

» H = Altura.

» R = carga práctica de resistencia.

» α = relación árido-cemento.

» V = volumen de cemento.

Por resistencia de materiales sabemos que

$$\frac{P}{S} = R \quad [1]$$

El volumen de la pieza es

$$S \times H$$

El volumen de cemento es

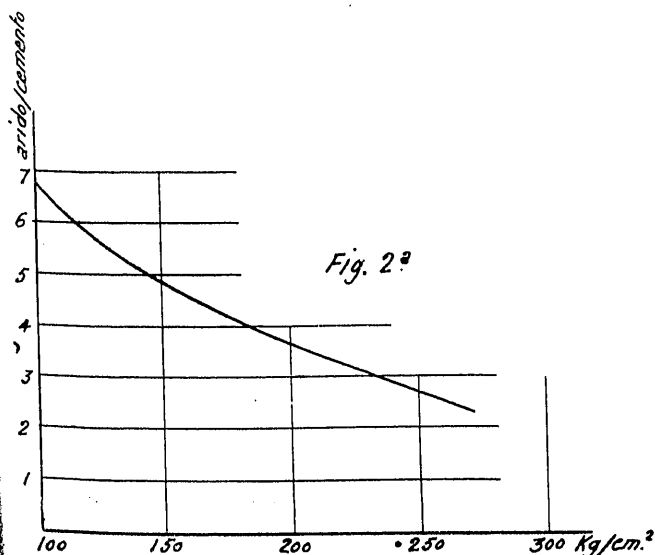
$$V = \frac{S \times H}{\alpha}$$

porque el volumen que se obtiene de hormigón es sensiblemente el del árido.

Si ahora en el valor de V ponemos en lugar de S su valor deducido de [1] encontramos

$$V = \frac{\frac{P}{R} \times H}{\alpha} = \frac{P \times H}{R \times \alpha}$$

Esta fórmula, en la que P y H son dos constantes, nos dice que la cantidad de cemento es inversamente proporcional al producto $R \times \alpha$, o sea, que cuando este producto pase por un máximo el valor de V es

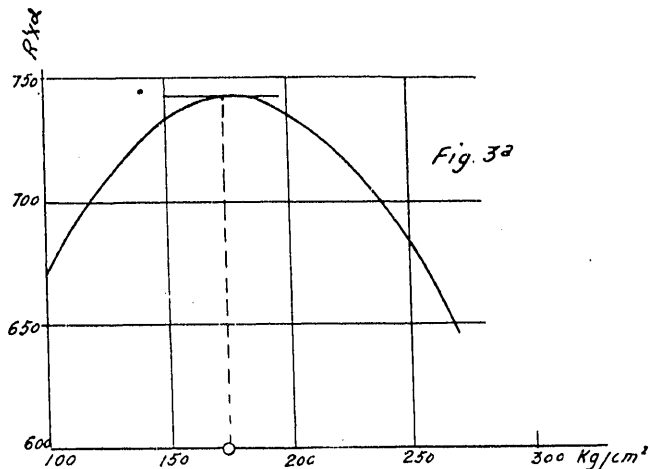


el mínimo y la dosificación correspondiente la más económica.

Vamos a suponer en todo lo que sigue que el tamaño máximo de la grava que empleamos (porque es el que hemos empleado) es de 3 cm, y la compa-

ración relativa que vamos a hacer puede extenderse a otros áridos.

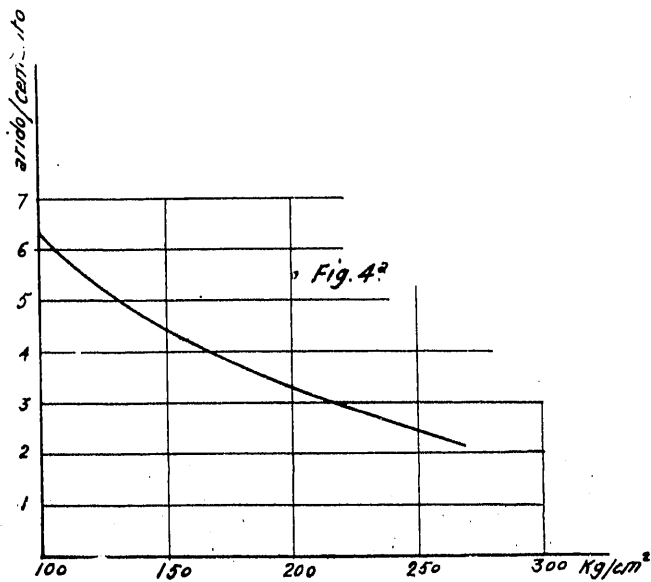
Si queremos que el hormigón tenga una consistencia tal que su aplastamiento sea de 5 cm (por ejemplo, para pavimentos), experimentalmente podemos obtener la curva (fig. 2ª) en la cual las abscisas son resistencias en kg/cm^2 , las ordenadas



relaciones árido-cemento en volumen y en todos la consistencia fija de 5 cm de aplastamiento.

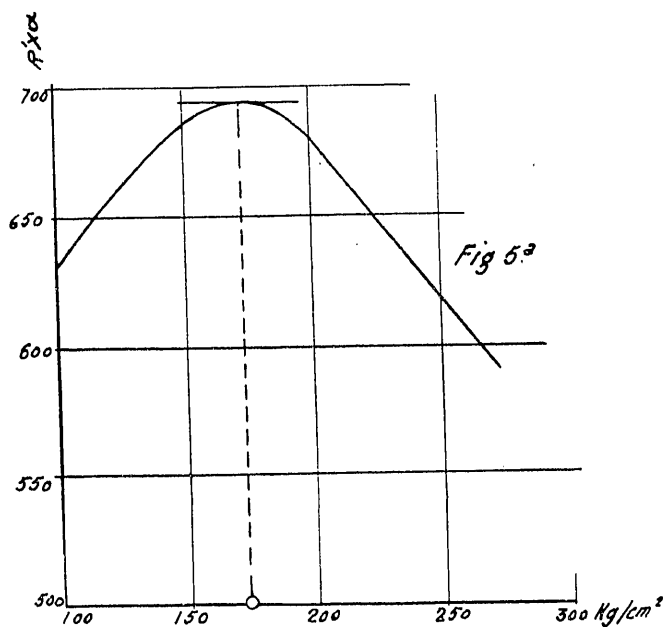
Esta curva es muy sencilla de obtener, porque para conseguir una resistencia, por ejemplo, de 100 kilogramos por centímetro cuadrado de carga de rotura no tenemos más que entrar en la curva (figura 1ª), y en ella encontramos la relación agua-cemento; si ahora vamos formando hormigones con una cantidad de árido fija y distintas de esta pasta de cemento hasta encontrar el que nos da los 5 cm de aplastamiento, la relación árido-cemento que entonces exista es la que llevamos a la curva.

Una vez que la tenemos construída, y recordando la fórmula antes encontrada que nos daba el volumen de cemento empleado en función del producto de la carga, por la relación árido-cemento (aunque allí nos referíamos a la carga práctica de resistencia y aquí a la de rotura, la cuestión es la misma, porque la relación entre una y otra es una cantidad constante que vale el coeficiente de seguridad; formamos la curva (fig. 3ª) que nos da estos productos, y encontramos que pasa por un máximo para un valor



de la abscisa que representa una carga de rotura de 175 kg/cm^2 , y si ahora vamos a la curva de la figura 1.^a encontramos en ella que esta resistencia corresponde a una relación agua-cemento que aproximadamente vale 0,75. Lo cual nos dice que para esta relación agua-cemento la curva cuyas ordenadas son los productos $R \times \alpha$ pasa por un máximo y, por tanto, el volumen de cemento que varía de una manera inversamente proporcional a él pasa por un mínimo y esta dosificación es la más económica para el aplastamiento de 5 cm que habíamos fijado.

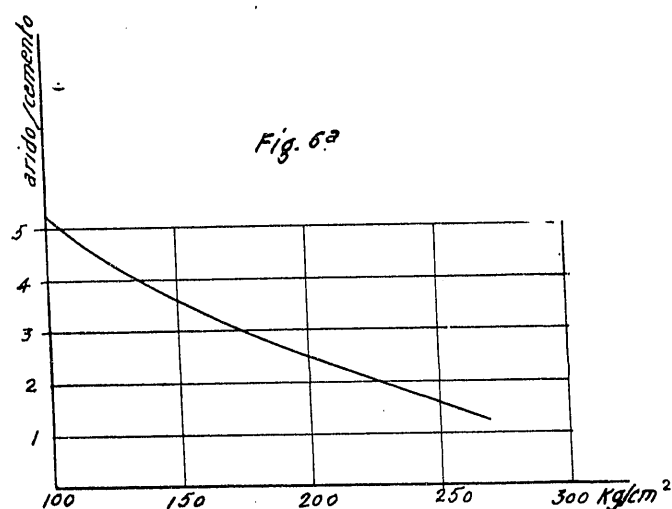
Si ahora queremos hacer el estudio para una consistencia tal que el aplastamiento valga 10 cm, siguiendo el procedimiento anteriormente dicho, podemos construir la curva de la figura 4.^a, en la cual las abscisas son carga de rotura en kg/cm^2 y las ordenadas relaciones árido-cemento, y todos ellos para



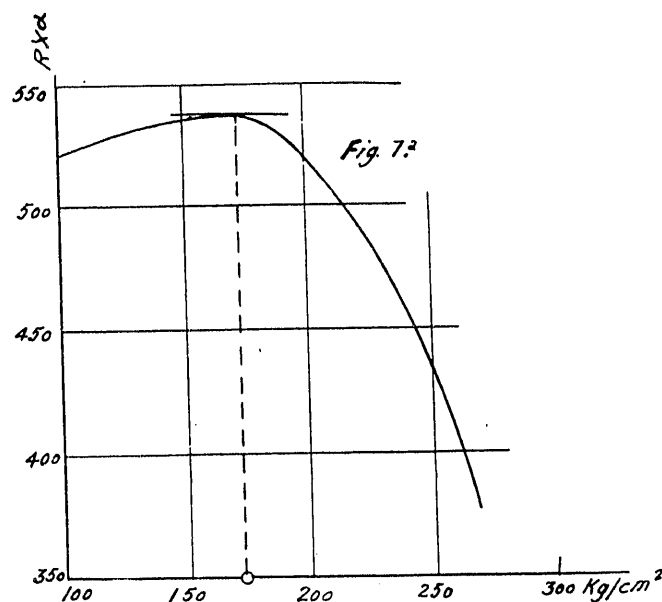
un aplastamiento de 10 cm; de ésta deducimos la curva (fig. 5.^a) que tiene por abscisas las cargas de rotura y por ordenadas los productos $R \times \alpha$, y en ella vemos que el máximo se presenta para un valor sensiblemente igual al anterior, o sea, para una relación agua-cemento de 0,75.

Por último, vamos a hacer el estudio para hormigones cuya compacidad sea tal que dé lugar a un aplastamiento de 15 cm. Construimos la curva (figura 6.^a) de relación entre las cargas de rotura y las relaciones árido-cemento. De ella deducimos los productos que trasladamos a la figura 7.^a tomando estos productos por ordenadas y por abscisas las cargas de rotura en kg/cm^2 . Y por razonamientos anteriormente expuestos, vemos que también aquí la relación agua-cemento más conveniente es la de 0,75.

Por tanto, al hacer el proyecto de una obra, para que nos resulte lo más económica posible, fijaremos



para el hormigón una carga de rotura de unos 175 kilogramos por centímetro cuadrado que, al dividirla por un coeficiente de seguridad algo mayor que 3, nos da una carga práctica de resistencia de 50 kilogramos por centímetro cuadrado, que es la que tendremos en cuenta en los cálculos, y por la forma que presentan las curvas vemos que para resistencias mayores decrecen rápidamente, lo que lleva consigo un aumento grande de la cantidad de cemento; en cambio, para resistencias menores, las curvas de-



crecen más lentamente y la cantidad de cemento aumenta también de una manera más lenta.

Luis SIEFRA
Ingeniero de Caminos

Marañón y la ingeniería

Es asombrosa la actividad mental del Dr. Marañón. Después de su improbable labor de clínica y consulta médica diaria, dedica sus ocios, tan bien ganados, a dar conferencias y escribir libros de estudio y crítica en los

que, si bien la estructura en que se sostienen es la de sus profundos conocimientos biológicos, se complace en explorar, como recreo de su espíritu selecto, los campos de la historia, de la filosofía, del arte y, en general,