

Otra cuestión que también se ha examinado, pero que, en realidad, no interesa más que á los teóricos, es la manera como se propagan las ondas en la telegrafía sin alambres. No nos detendremos mucho en el estudio de esta cuestión y nos limitaremos solamente á decir que, según algunos, las ondas resbalan sobre el suelo, y para otros, se propagan por conducción de la atmósfera ó del suelo y del mar, ó de uno y otro á la vez. No olvidamos tampoco la teoría de los que sólo ven en la telegrafía inalámbrica un sencillo fenómeno de radiaciones eléctricas semejantes á la radiación calorífica y luminosa.

En cuanto á las distancias en el mar, *parece*—subrayamos esta palabra—que pueden admitirse todas probablemente, á causa la buena conductibilidad del mar.

Para la prueba que en los ensayos trasatlánticos hizo Marconi, á unos 5.000 kilómetros de distancia, tuvo necesidad de 100 caballos de fuerza.

Los ensayos sobre tierra son raros, y en cuanto á las instalaciones que funcionan comercialmente entre dos puntos situados en el interior, nada hablaremos. Decimos que los ensayos hechos, en los países cálidos sobre todo, dan mucho que pensar, y en el Congo después de tres años se busca en vano la manera de establecer buenas comunicaciones sin hilos á distancias moderadas. Con fuerza suficiente y con antenas altas la Telefunken acaba de establecer comunicaciones entre Berlín y Dresden. Á menos de hacer uso de globos cautivos ó de cometas de papel para sostener las antenas, ó, por lo menos, de emplear energías extraordinariamente grandes, comunicar segura y convenientemente sobre tierra á 50 y aún 40 kilómetros, es ya mucho adelanto y sería muy útil, sobre todo si se pudiese resolver el problema del secreto de los despachos y el de la no interferencia de los mismos, problemas que la sintonización—por otra parte muy útil para alcanzar, á igualdad de energía empleada, distancia de transmisión más grande—no resuelve. Para comunicar en tierra á cualquier distancia hemos inventado, por analogía de la telegrafía habitual, un repetidor para la telegrafía inalámbrica. Su papel es idéntico al del repetidor de la telegrafía ordinaria: permite comunicaciones más rápidas y más económicas; permite, además, comunicaciones á todas las distancias, á las que la transmisión directa no es aplicable. Es fácil, en principio, imaginar un repetidor para la telegrafía inalámbrica. Basta un receptor accionando automáticamente un transmisor, pero es mucho menos sencillo de realizar en la práctica y han tenido que ser vencidas dificultades muy serias en los ensayos que hemos efectuado con este aparato.

Una condición primordial había que llenar, que era la de impedir toda acción del transmisor y del repetidor sobre el receptor del mismo. Sin esta precaución, el aparato, una vez puesto en movimiento por una onda producida á distancia, no se detendría porque el receptor influiría sobre el transmisor, después sería influido por él, después influiría nuevamente y así sucesivamente.

Sería, pues, necesario, en primer lugar, interrumpir «automáticamente» la comunicación entre la antena y el receptor en el instante en que funciona el transmisor, para evitar el quemar el cohesor.

Es preciso, en seguida, sustraer este último á toda influencia del oscilador protegiéndolo por una caja metálica.

En tierra principalmente, como en la telegrafía ordinaria, es cuando el repetidor puede desempeñar un papel importante. Las aplicaciones terrestres de la telegrafía inalámbrica son, en efecto, más interesantes, aunque, por el momento al menos, todavía más restringidas que las aplicaciones en el mar, puesto que en tierra tienen que competir con la telegrafía ordinaria, que ha alcanzado una gran perfección. En tierra, la telegrafía inalámbrica, á pesar de su actual lentitud de transmisión, á pesar de sus demás defectos, puede, sin embargo, prestar grandes servicios en ciertos casos especiales (guerras, etc.) y en ciertos países (África, América del Sur, etc.).

Si se llega, no obstante, á realizar lo que la sintonización no

hace—el secreto absoluto de las comunicaciones—, la telegrafía inalámbrica terrestre no puede menos de tomar un nuevo desarrollo.

Aquel día, el repetidor llegará á hacerse, si no indispensable, por lo menos muy útil. Aquel día comenzará para la telegrafía inalámbrica una era nueva, la era comercial.

EMILIO GUARINI (1).

CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

DE PUENTES METÁLICOS EN ARCO CON PISO SUPERIOR

Y CON ARTICULACIONES EN LOS ARRANQUES (2)

Los puentes metálicos en arco no solamente ofrecen ventajas por lo que se refiere á su coste y facilidad de montaje, sino que también reúnen condiciones artísticas, por cuya razón parece extraño el poco desarrollo que han adquirido, sobre todo si se tiene en cuenta la importancia que se da desde hace algunos años á la parte estética de las construcciones metálicas.

En el supuesto de que los cimientos se puedan construir con condiciones perfectas de estabilidad, lo cual rara vez deja de ser posible, un puente en arco compite favorablemente con otro de vigas rectas; en efecto, la diferencia de coste de los estribos de uno y otro puente, caso de existir, es muy pequeña, y en cuanto al peso, el del puente en arco es siempre menor que el correspondiente al de vigas rectas, existiendo muy poca diferencia entre los costes de uno y otro por tonelada si el estudio se ha hecho con todo cuidado. Un puente en arco de 42 metros de luz construido para el ferrocarril de Benguela costó algo menos que otro de las mismas condiciones, pero de celosía para dicho ferrocarril montado por la misma fábrica que el primero y en la misma época. Un puente en arco del tipo de los que constituyen el objeto de esta Memoria es más rígido que otro de celosía de la misma luz cuyas dimensiones generales sean las debidas.

Cuando las luces son grandes se adopta generalmente el tipo de puente en arco con piso superior, cuyo aspecto general es bastante artístico, que se puede montar con tanta facilidad como los puentes consolas, sin necesidad de aumentar las secciones de las piezas con motivo de las fuerzas que se desarrollan durante el montaje y cuyo peso relativo es menor que el de cualquier otro tipo de puente. Los puentes en arco pueden tener dos ó tres articulaciones; en este último caso los cálculos son relativamente sencillos y no hay que preocuparse de los efectos del calor; pero estas ventajas se compensan con lo que se sacrifica la rigidez de la obra, cualidad de gran valor en toda construcción metálica. Cuando el arco tiene dos articulaciones nada más, los cálculos son más complicados, y es preciso que después de montado el puente se compruebe y rectifique la posición de sus elementos, á fin de que cada uno de éstos trabaje en las condiciones previstas. Por lo que se refiere al peso, las diferencias entre uno y otro tipo de arco son muy pequeñas, tanto que no se deben tener en cuenta. En esta Memoria se explican los principios generales á que debe obedecer el proyecto de un puente en arco con doble articulación, así como los métodos de cálculo que deben seguirse, tratando por último de la manera de vencer con facilidad la dificultad relativa al ajuste de la obra después del montaje, sobre todo cuando se trata de luces pequeñas.

Dimensiones generales.—Las condiciones del emplazamiento de un puente ejercen una influencia muy grande sobre la elec-

(1) De la revista *Ingeniería*.

(2) Memoria presentada por Mr. Ralph Freeman en la Institución de Ingenieros Civiles de Londres y publicada en *Minutes of Proceedings* de dicha Institución.

ción del tipo que conviene; el puente en arco con piso superior está indicado para los puentes giratorios, y en todos aquellos casos en que se pueda dar al arco una flecha comprendida entre $\frac{1}{8}$ y $\frac{1}{3}$ de la luz y en que la ordenada de la rasante so-

bre la clave sea próximamente la sexta parte de la correspondiente á la de los arranques. El número de mallas debe ser par, porque de haber una malla en el centro se complicaría el montaje y el ajuste final; el número total de aquéllas depende de la luz y del sistema de piso adoptado, pero no debe ser inferior á seis, porque haría mal efecto la obra, ni excesivamente grande tampoco, porque entonces se dificultarían de una manera extraordinaria los cálculos y la construcción; lo conveniente es no pasar de veinte. El ancho del puente á la altura de la rasante, si es para ferrocarril, debe ser aproximadamente $\frac{1}{12}$ de la luz

y en los arranques este mismo aumentado en la ordenada de la rasante en la clave, á fin de que la obra tenga suficiente estabilidad y de que no pueda producirse efecto alguno de tensión sobre las articulaciones. La curva del arco es por regla general una parábola; el procedimiento para calcular la forma del arco fué explicado por primera vez por Clark Maxwell y se describe brevemente en la *Enciclopedia Británica*, descripción ampliada por Greene (1) en su obra *Trusses and Arches*; un método abreviado puede encontrarse en la de Johanson (2), *Modern Framed Structures*.

Peso propio.—Lo primero que hay que hacer al calcular un puente es fijar la carga permanente.

Se supone que se ha proyectado el piso y el arriostramiento con el detalle suficiente para conocer con la aproximación necesaria su peso. La carga móvil total sobre el puente puede sustituirse por una carga equivalente fija por la adición de un tanto por ciento que se denomina *compensación por vibraciones*, cuya elevación puede hacerse por varios procedimientos, todos dignos de la misma confianza; uno de los más empleados actualmente consiste en añadir á las cargas que producen tensiones ó compresiones de las diferentes piezas del puente la fracción

$$i = \frac{91,5}{91,5 + L}$$

en la cual L es la longitud del tren que produce esfuerzos máximos. Añadiendo á la carga fija equivalente á la móvil el peso del arriostramiento del piso, etc., se obtendrá la *carga útil* total que ha de resistir el puente, la cual se repartirá entre las cerchas que le constituyan, que en la mayoría de los casos son dos.

Sea P_1 el peso del arco en toneladas,

P_2 la carga útil en kilogramos por m. l. para cada cercha,

l la luz del arco

r la relación de la luz á la ordenada de los arranques, con relación á la rasante,

R el coeficiente de trabajo en kilogramos por mm².

Entonces

$$P_t = \frac{P_1 \cdot l^2 \cdot r}{147.323 \times R}$$

Esta evaluación del peso tiene en cuenta la compensación por vibraciones en todos aquellos elementos del puente, en los que la relación de las cargas móvil y permanente que producen los esfuerzos máximos es mayor que la correspondiente á todo el puente; pero se prescinde en dicha evaluación del peso que representa el aumento de sección que necesitan las piezas por efecto de la acción del viento, cuyos esfuerzos no exceden, por regla general, del 25 por 100 de los producidos por las cargas móvil y permanente reunidas, por cuya razón no se considera necesario tenerlos en cuenta; el aumento de peso que representa la acción del viento no pasa del 10 por 100.

El método que se acaba de exponer para tener en cuenta el efecto de las vibraciones es racional y sencillo, empleándole mucho los Ingenieros americanos y habiendo sido adoptado por el Gobierno de la India en el Formulario para la redacción de proyectos de puentes. La compensación por vibraciones es algo crecida en los puentes, cuyas cargas móviles marchan á pequeña velocidad y circulan con poca frecuencia. En el puente de Lengue aquella compensación se redujo á la mitad para las cerchas.

Puentes de arco con piso superior construidos en estos últimos años.—En el cuadro A se especifican las dimensiones más principales y algunos datos de interés relativos á cuatro puentes en arco con doble articulación de alguna importancia.

CUADRO A

PUENTE	DIMENSIONES						Carga móvil por m. l.		Coeficien te de trabajo. — Kilogra- mos por mm ²	Carga permanente.		Carga de prueba. — Toneladas por m. l.	Defor- mación elástica. — Milímetros.
	Luz. — Metros.	Número de mallas.	Ordenadas por bajo de la rasante.		ANCHO		Carga efectiva. — Tone- ladas.	Carga fija equi- valente. — Tone- ladas.		Piso y arrostra- miento. — Tonela- das por m. l.	Cerchas principa- les. — Total toneladas		
			Arran- ques. — Metros.	Clave. — Metros	Arr. n- ques. — Metros.	Clave. — Metros							
Arco del puente sobre el río Lengue en el ferrocarril de Benguela.—Una vía...	42,00	10	9,00	1,50	4,20	4,20	6,50	8,72	12,6	1,33	44,68	"	"
Arco del puente del desfiladero de Moce (Tirol) para carretera de 6,00 metros de ancho.....	61,00	14	11,40	1,90	4,30	4,30	3,00	3,00	8,0	0,50	40,00	3,00	2,10
Arco del puente sobre las cataratas Victoria en el ferrocarril de Rhodesia.—Doble vía.....	152,40	20	32,00	4,57	16,40	8,34	9,32	12,12	11,8	2,73	1066,00	Total sobre una vía: 621,50 Carga del arco = 436,60	25,40
Arco del puente sobre las cataratas del Niágara para un ferrocarril de doble vía para una carretera.	167,64	16	40,84	6,10	17,30	9,15	12,00	21,30	12,6	8,32	1528,00	10,32	20,63

(1) C. E. Greene, «Trusses and Arches Analysed and Designed by Graphical Methods» (vol. 3), New-York, 1884-1890.

(2) J. B. Johanson, C. W. Bryan and F. E. Tarneaire «The Theory and Practice of Modern Framed Structures», New-York, 1893.

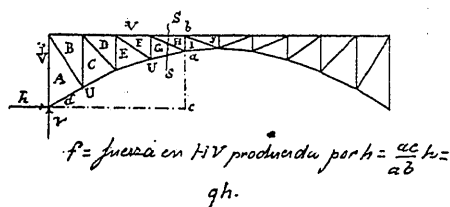
Arco de puente de Lengue.

Para la explicación detallada del procedimiento de cálculo de un puente en arco con piso superior, se tomará como modelo el puente construido sobre el río Lengue para el ferrocarril de Benguela en el África Occidental portuguesa, al cual se refieren los diagramas, cargas y coeficientes de trabajo que figuran en la presente Memoria. Este puente da paso a una sola vía y su constitución es relativamente sencilla; tiene 42 metros de luz, dividida en diez mallas de 4,20 metros; la ordenaia en el arranque tiene 9 metros y la de la clave 1,50; el ancho a la altura de la rasante y en los arranques es el mismo, 4,20 metros. La carga uniforme admitida sobre toda la longitud del puente es 6.493 kilogramos por m. l. y la compensación por vibraciones

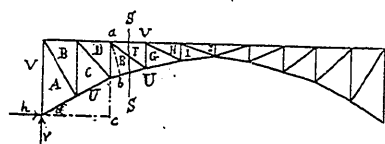
$$\frac{45.75}{91,5 + L} = 34 \text{ por } 100.$$

Las cerchas pesan 41,639 toneladas, las viguetas 9,344, los largueros 13,711 y el arriostramiento 17,265.

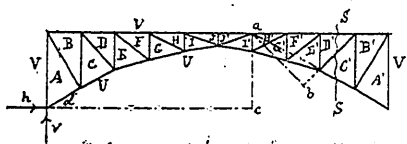
Método general de cálculo.—Supóngase que un arco de la forma que representa la figura 1.^a está fijo de una manera rígida



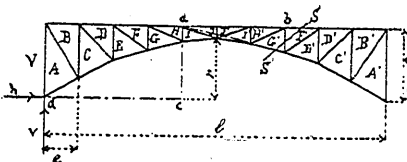
$f_i = \text{fuerza en } HV \text{ producida por } v = \frac{cd}{ab} v = pv.$



$f_i = \text{fuerza en } EU \text{ producida por } v = \frac{cd}{ab} v = pv.$



$f_i = \text{fuerza en } CD \text{ producida por } v = \frac{cd}{ab} v = pv.$



$f_i = \text{fuerza en } FG \text{ producida por } v = \frac{cd}{ab} v = pv.$

Fig. 1.

en uno de sus apoyos y sometido en el otro a acción de un empuje horizontal h ; las fuerzas que actúan sobre las diferentes barras de las cerchas, por efecto exclusivo de h , se pueden determinar gráficamente como se ha hecho en la figura 2.^a, o analíticamente de la manera siguiente:

Si se supone que la cercha se corta por un plano $s-s$ (fig. 1.^a) que encuentre a tres elementos, para que el equilibrio exista, es preciso que la suma de los momentos con relación a un punto

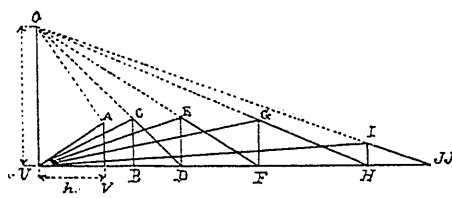


Fig. 2.

cualquiera de las fuerzas que actúan sobre cada uno de aquéllos sea igual al momento de las fuerzas exteriores situadas a uno ó a otro lado de dicho plano.

Si los momentos se toman con relación al punto a en que se encuentran las barras GH , VG , se tiene:

fuerza en $VH \times ab = h \times ac$; fuerza en $VH = h \times \frac{ac}{ab}.$

En las figuras 1.^a se ha indicado la dirección conveniente de los planos de sección para calcular las fuerzas que actúan en cada sistema de barras, así como los valores de cada una de aquéllas.

De una manera análoga se procede cuando el empuje en uno de los apoyos es vertical, representándose en la figura 3.^a el dia-

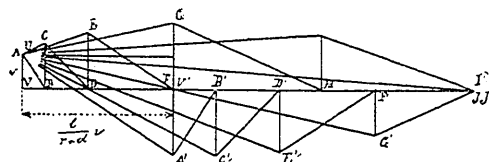


Fig. 3.

grama gráfico correspondiente y en las figuras 1.^a los valores analíticos de las fuerzas que actúan en cada sistema de barras.

Sea f la fuerza que actúa sobre una barra cualquiera, VH , por ejemplo, por efecto del empuje horizontal h , y f_i la producida por un empuje vertical v ; los valores de f y f_i pueden deducirse analítica ó gráficamente y dependen exclusivamente de la forma geométrica de la cercha.

Si

$$f = q \cdot h. \quad f_i = p \cdot v,$$

el valor de la fuerza total sobre una barra cualquiera por efecto de un empuje cuyas componentes sean h y v , será:

$$F = f + f_i = qh + pv. \quad (1)$$

Esta fuerza produce en la barra correspondiente una variación de longitud cuyo valor, según la ley de Hooke, es:

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA} \quad (2)$$

en cuya fórmula:

E , representa el coeficiente de elasticidad.

A , la sección transversal de la barra.

l , la longitud de la misma.

Si se supone que todas las barras de la cercha son rígidas á excepción de una, la VH , por ejemplo, un empuje horizontal h en uno de los apoyos dará lugar á una variación Δl en la longitud de dicha barra, así como á otra en la luz cuya componente

horizontal será ΔS , siendo S la luz del arco. Entonces el trabajo realizado por la fuerza f tendrá que ser igual al hecho por el empuje h ,

$$\frac{1}{2} f \cdot \Delta l = \frac{1}{2} h \cdot \Delta S.$$

$$\Delta S = \frac{f}{h} \Delta l,$$

pero $\frac{f}{h} = q$, luego

$$\Delta S = q \cdot \Delta l. \quad (3)$$

Ahora bien:

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA} = \frac{(qh + p v)}{EA} l,$$

por lo tanto,

$$\Delta S = \frac{q^2 h + p q v}{EA} l, \quad (4)$$

Cada una de las barras de la cercha dará lugar á una variación análoga en la luz del arco, cuya suma representará la variación total de ésta:

$$\epsilon \cdot \Delta S = \epsilon \frac{q^2 h + p q v}{EA} \cdot l \quad (5)$$

suma que debe ser cero, puesto que los apoyos están fijos, luego

$$\epsilon \frac{q^2 h + p q v}{EA} \cdot l = 0$$

$$h = \frac{\epsilon v \cdot \frac{p q l}{EA}}{\epsilon \frac{q^2 l}{EA}}$$

pero en un arco de acero, E es constante para todas las barras, por lo tanto,

$$h = \frac{\epsilon v \cdot \frac{p q l}{A}}{\epsilon \frac{q^2 l}{A}} \quad (6)$$

Cualquiera que sea la distribución de las cargas en los nudos superiores, siempre será posible determinar las reacciones verticales en los apoyos, luego h será conocido siempre que lo sea A . Pero precisamente lo que se trata de calcular es esta última cantidad, y si no fuera por el auxilio que presta el procedimiento que más adelante se describe, sería preciso empezar los cálculos en la hipótesis de que A es la unidad para todas las barras.

Entonces se denuncen los valores de $\frac{p q l}{A}$, $\frac{q^2 l}{A}$, $r \frac{p q l}{A}$, $\sum \frac{p q l}{A}$ y $\sum \frac{q^2 l}{A}$ para todos los elementos del arco, y, por último, los empujes horizontales h , con los cuales pueden ya construirse los diagramas de las fuerzas, los cuales permiten calcular nuevos valores de las secciones A_x que sirven de base para determinar nuevos valores de h y para dibujar otros diagramas. Con otra vez que se repita la operación se obtienen resultados suficientemente aproximados.

A primera vista se comprende que el procedimiento explicado es sumamente laborioso, razón por la cual se hicieron trabajos en el sentido de encontrar un método que proporcionara con

relativa facilidad los valores del empuje h . El Profesor Jhonson ha propuesto uno, que, sin duda alguna, constituye un poderoso auxiliar en los cálculos de resistencia de un arco del tipo que se estudia en esta Memoria, pero el cual no evita por completo los

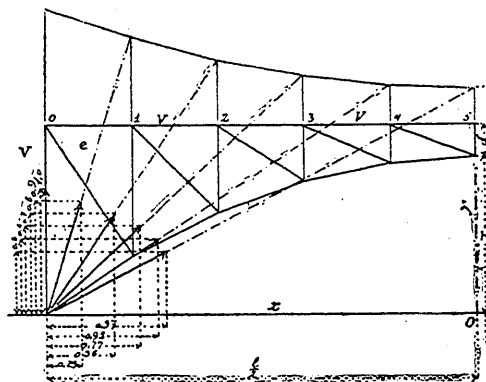


Figura 4

cálculos antes indicados, porque, como se verá más adelante, para deducir los esfuerzos debidos á las variaciones de temperatura hay que formar los valores $\sum \frac{q^2 l}{A}$, y porque es muy conveniente comprobar, por medio de aquel procedimiento, las condiciones de estabilidad del arco, tomando como base los empujes y secciones deducidas por el método de Johnson, en el cual se prescinde de los efectos del calor, ó, todo lo más, se tienen en cuenta de una manera aproximada.

Método de Jhonson para calcular los empujes.—Es un método empírico, que tiene por objeto trazar las direcciones de los empujes en los arranques de un puente en arco con piso superior cargado en los nudos, deduciendo de dichas direcciones los valores de los empujes; su fundamento le constituyen los resultados de los cálculos de resistencia del puente sobre las cataratas del Niágara. Si se trazan las direcciones de los empujes en los apoyos que corresponden á suponer cargado un nudo cualquiera y se determina el punto de intersección de cada empuje con la vertical de la carga que le produce, se ha encontrado que el lugar geométrico de dichos puntos es una curva que coincide aproximadamente con una parábola. La forma de tal curva depende de la del arco; Johnson ha deducido que la del puente del Niágara tiene la siguiente ecuación:

$$y = \frac{2.5 (r - d) x^2}{l^2} + r + 2.2 d,$$

en la cual

x, y son las coordenadas de un punto,

l es la luz del arco,

r es la flecha del arco,

d es la altura del montante central;

y afirma que puede aplicarse á cualquiera otro arco del mismo tipo, en la seguridad de que el error que se comete no pasa del 5 por 100.

Aplicado este método á los arcos de los puentes sobre el río Lengue y sobre las cataratas de Victoria, el error no pasó efectivamente de dicho límite, si se exceptúa la parte central de aquellos donde fué mayor.

Los cálculos relativos al puente sobre las cataratas Victoria se hicieron por el método de Green (1), empezando con secciones unidad y repitiendo los cálculos tres veces; las correspondientes al puente sobre el río Lengue se hicieron por el procedimiento de Johnson, comprobando los resultados con el de Green.

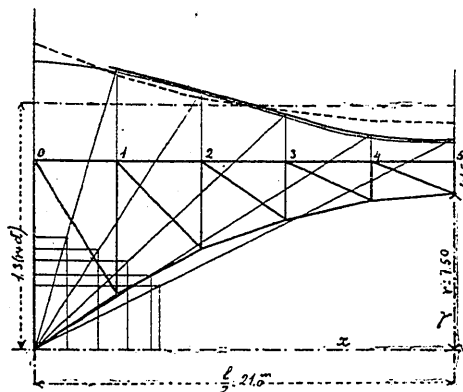
(1) Véase la nota del final del artículo.—(N del T.)

Habiendo dibujado los resultados de todos estos cálculos, encuentra el autor que la parábola de Johnson se separa bastante de la curva efectiva, la cual se puede sustituir con una aproximación mucho mayor, con una curva sinusoidal cuya ecuación sea la siguiente:

$$y = 1,3(r + d) - 0,2(r + d) \operatorname{sen.} \left\{ 90^\circ - \frac{x}{\frac{1}{2}l} 180^\circ \right\}$$

En la figura 5ª se comparan las tres curvas en los puentes sobre el río Lengue y sobre las cataratas Victoria.

Puente de Lengue.



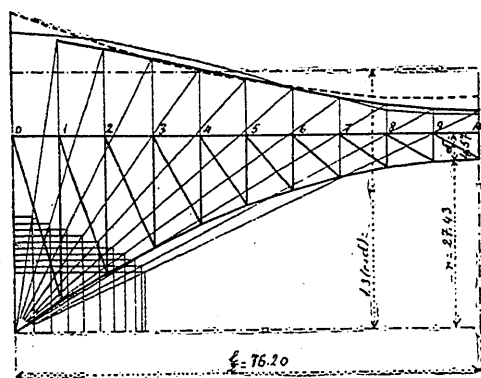
— Curva exacta
- - - de Johnson
- · - del autor

Fig. 5.

En el cuadro II (Apéndice), se consignan los valores numéricos correspondientes, observándose que los de la curva sinusoidal son menos erróneos que los de la parábola de Johnson.

Para obtener el empuje correspondiente a cada carga, se dibuja el arco y se traza la curva cuyas intersecciones con las

Puente de las cataratas de Victoria.



— Curva exacta
- - - de Johnson
- · - del autor

Fig. 5"

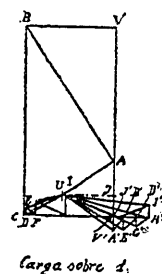
verticales de las fuerzas dan las direcciones de los empujes, cuyos valores se determinan con facilidad, porque las componentes verticales son conocidas; las horizontales pueden deducirse gráficamente, ó por medio de la fórmula

$$h = \frac{\left(\frac{l}{2}\right)^2 - x^2}{ly}$$

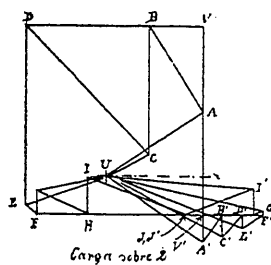
en la cual h es el empuje horizontal producido por una carga igual a la unidad situada a la distancia x del centro del arco.

Determinación de las fuerzas que actúan sobre cada barra.—

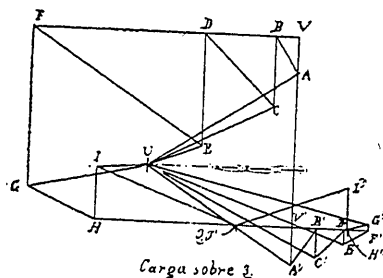
Una vez conocidos los empujes por el método de Johnson, se trazan los diagramas de las fuerzas en una forma análoga a como se ha hecho en la figura 6ª para las cargas móviles; para las



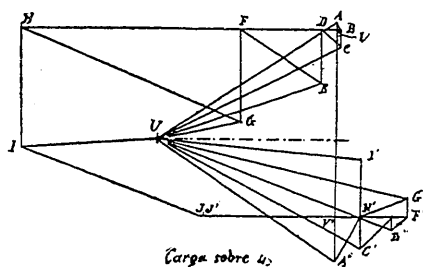
Carga sobre 1.



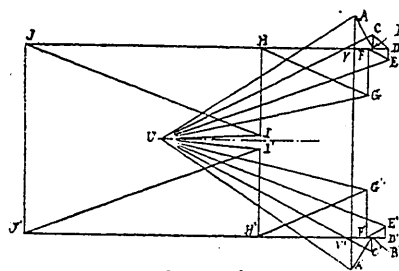
Carga sobre 2.



Carga sobre 3.



Carga sobre 4.



Carga sobre 5.

Fig. 6.

permanentes se ha partido del peso propio que se supone distribuido de una manera uniforme, a excepción del de las cerchas, el cual se divide en dos partes iguales, la primera, que también se distribuye con uniformidad, y la segunda, en razón directa del longitud de los montantes. Las fuerzas producidas por las variaciones de temperatura se calculan, como ya se explicará más adelante. Sumadas todas las fuerzas que actúan sobre cada una de las barras, se calculan las secciones correspondientes, y a con-

tinuación las cantidades $p \cdot q \cdot l$, $\frac{P q l}{A}$, $\frac{q^2 l}{A}$, etc., formando un estado análogo al cuadro I (Apéndice). Con los valores $\Sigma \frac{p q l}{A}$ y $\Sigma \frac{q^2 l}{A}$ se deducen los empujes cuando todos los nudos están cargados. Al hacer todos estos cálculos, las secciones de las piezas estiradas que hay que tomar son las totales, no las netas, porque las cantidades que figuran en la ecuación (6) dependen de la extensión ó contracción elástica de las barras, en la cual no ejercen influencia apreciable los agujeros para roblones de calibre ordinario.

Tomando como base los empujes calculados se trazan los diagramas de la figura 6 y se forma el cuadro III (Apéndice), del cual se deducen las fuerzas que actúan sobre cada barra para una carga igual á la unidad sobre cada nudo, que sirven para redactar el cuadro IV, cuya explicación la dan con toda claridad los epígrafes de las columnas. En los puentes de grandes dimensiones es preciso contar con trenes formados por dos clases de cargas: las de las locomotoras y las de los vagones.

Las fuerzas producidas por el peso propio se obtienen mucho más cómodamente con un solo diagrama considerando todos los nudos cargados (fig. 7), presentando los resultados en una forma análoga á la indicada en los cuadros V y VI (Apéndice).

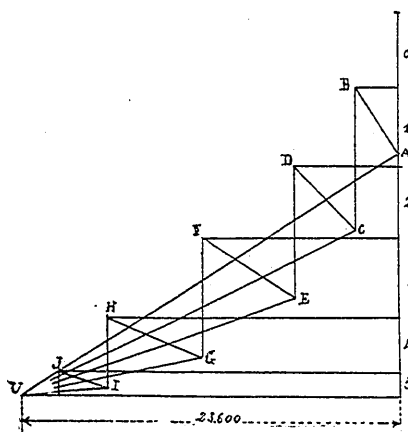


Fig. 7.

Todas las fuerzas que actúan sobre las diferentes barras se suman, deduciendo y componiendo sus secciones según se indica en el cuadro VII, cuyos valores numéricos se refieren al arco del puente sobre el río Lengue.

Fuerzas producidas por las variaciones de temperatura.—Según la ecuación (5) la variación total de luz producida por una distribución de cargas cualquiera es:

$$\Sigma \Delta S = \Sigma \frac{q^2 h + p q^v}{E A} \cdot l$$

Si el arco estuviera libremente apoyado en sus arranques, el resultado de un cambio de temperatura se reduciría á alterar las longitudes de todas las barras sin producir fuerza alguna sobre ellas. La variación de la luz estaría expresada por el producto $\pm a \cdot t \cdot s$, en el cual a es el coeficiente de dilatación, t el incremento de la temperatura por encima ó por debajo de la normal y s la luz del puente. Ahora bien; los arranques están fijos, luego se producirá un empuje horizontal capaz para producir en el arco un cambio de luz $\Sigma \Delta S = a \cdot t \cdot s$, por lo tanto:

$$a \cdot t \cdot s = \Sigma \frac{q^2 h + p q^v}{E A} \cdot l$$

Como el empuje es horizontal, $v = 0$, luego

$$\pm a \cdot t \cdot s = \Sigma \frac{q^2 h}{E A} \cdot l = \frac{h}{E} \Sigma \frac{q^2 l}{A}$$

$$h = + E \frac{a \cdot t \cdot s}{\Sigma \frac{q^2 l}{A}}$$

Fórmula que da el valor de h para una variación de temperatura de t° , puesto que todas las demás cantidades son conocidas. Calculado el valor de h , las fuerzas que actúan sobre las diferentes barras se deducen con auxilio de un diagrama como el de la figura 2, en el cual $h = 1$.

En el puente sobre las cataratas Vic-

toria. $h = 21.300$ kilogramos.

En el puente sobre el río Lengue. $h = 5.080$

Estos dos valores pueden servir de guía para fijar de una manera aproximada el valor del empuje correspondiente á la variación de temperatura en otro arco del mismo tipo, antes de conocer las secciones transversales A . Un error grande en las fuerzas correspondientes afecta en tan poca cantidad á $\Sigma \frac{q^2 l}{C A}$ que no hace falta repetir los cálculos.

Fuerzas producidas por el viento.—La determinación exacta de las fuerzas producidas en los elementos de un arco por la acción del viento, es consecuencia de una serie de cálculos largos y laboriosos cuya explicación no es propia de este lugar. Si las dimensiones generales del puente son las expresadas anteriormente, las fuerzas producidas por el viento no exceden del 25 por 100 de la suma de todas las demás en cada barra, exceptuando los montantes extremos, razón por la cual no hay que tenerlas en cuenta. Suponiendo que los arriostramientos verticales entre los montantes tengan condiciones de resistencia aproximadamente iguales á los establecidos entre las cabezas superiores, una mitad próximamente de las presiones en cada nudo de éstas se transmite á los de la cabeza inferior por el arriostramiento vertical, y el resto de las presiones es transmitido por el segundo arriostramiento á los montantes extremos, los cuales tendrán que resistir la mitad de la presión que el viento produce sobre la parte superior del puente y la correspondiente á la carga móvil. Las fuerzas que estas presiones producen sobre los montantes extremos se deben calcular porque pueden ser mayores que el 25 por 100 de todas las demás, en cuyo caso es preciso tenerlas en cuenta al calcular las secciones de dichos montantes.

Aproximación del procedimiento de cálculo explicado.—Es muy posible que á todas aquellas personas acostumbradas á hacer los cálculos de estabilidad de los puentes con el absurdo grado de exactitud generalmente empleado, les merezcan muy poca confianza los resultados obtenidos con el que se acaba de explicar. Poco hay que reflexionar para adquirir el convencimiento de que todo el trabajo que se emplee con objeto de obtener un grado de aproximación que sea inferior al 2 por 100, es inútil y completamente perdido. En efecto; en el proyecto de un puente se necesita partir de varias hipótesis que llevan consigo errores conocidos y desconocidos; se supone que la carga móvil está constituida por un tren de una cierta composición cuyo peso se distribuye de esta ó de la otra manera; la carga de rotura admitida para el material con que se ha de construir el puente puede diferir entre límites bastante extensos de las efectivas, como que las diferencias entre aquéllas y éstas puede llegar al 5 por 100, y, por último, en el laminado de las barras se cometen errores que suponen diferencias de 2,5 por 100 entre las áreas de las secciones transversales.

Coficiente de trabajo.—Puesto que las cargas móviles se transforman en otras fijas equivalentes, un solo coeficiente de trabajo se empleará en todos los cálculos, tanto para las barras comprimidas como para las estiradas; el adoptado es 12,60 kilogramos por milímetro cuadrado.

En las barras comprimidas puede reducirse el coeficiente de trabajo empleando la fórmula

$$R = 12,6 - \frac{1}{25,4} \frac{l}{r},$$

en la cual l es la longitud de la barra y r el radio de giro.

Secciones de las barras.—Puesto que los resultados de los cálculos de estabilidad son más ó menos aproximados, es tiempo perdido el que se gaste en tratar de que las secciones de las barras sean precisamente las que den coeficientes de trabajo exactamente iguales al aceptado. Las obras deben ser económicas, no en material, sino en el coste que éste representa, y estar dispuestas en forma tal que se constituyan y monten con facilidad y prontitud; las partes que las constituyen serán de forma y peso tales que su manejo y transporte pueda hacerse sin dificultades. La economía y la rapidez en la construcción sólo se consiguen con el empleo del menor número posible de perfiles y con la absoluta supresión de todo trabajo de forja en la obra.

Las secciones de las cabezas conviene que tengan forma de cajón, constituida por dos hierros en C , con los brazos hacia el exterior, enlazadas entre sí por dos sistemas de diagonales, forma que tiene, entre otras ventajas, la de que los empalmes y uniones con otras piezas se hacen sin dificultad, y la de permitir variar la superficie de la sección con mucha facilidad, aumentando los espesores de los hierros en C ó agregando palastros que deben colocarse siempre por la parte exterior, porque si se pusieran en la parte interior se alteraría el espacio libre de la sección, que debe ser constante, y si en la superior ó en la inferior, aquélla no sería simétrica y las uniones con otras piezas se harían con dificultad; la sección abierta tiene, además, la ventaja de que permitiendo el libre paso del aire impide los depósitos de humedad, así como las de facilitar el roblonado, la inspección y la pintura; dicha sección puede formarse también con palastros y hierros en ángulo.

La sección de los montantes puede tener la forma que se acaba de describir ó la de I , si el puente es de poca luz, lo cual, aunque teóricamente no es la mejor para las piezas comprimidas, proporciona gran rigidez al puente y facilita las uniones. Las diagonales deben formarse con hierros perfilados que les permitan resistir sin deformación cualquier compresión que pudieran experimentar. Con objeto de reducir la longitud de los montantes se suelen poner barras horizontales entre cada dos de éstos, las cuales dejan libres á las diagonales. El empleo de estas secciones permite proyectar los empalmes y uniones de manera que los roblones se distribuyan con uniformidad y simetría, así como hacer el roblonado con comodidad y facilidad. Las articulaciones son de forma sencilla y tienen un pequeño juego lateral y horizontal para ajustar su posición; se hacen en varios trozos de fácil manejo.

Tramos de avenida.—Estos se suelen apoyar sobre una viga que enlaza los extremos superiores de los montantes extremos, los cuales, en este caso, no necesitan cables de retención durante la construcción. El peso de aquella viga se compensa con lo que disminuye el de las viguetas, porque el ancho de los tramos de avenidas puede ser mucho menor que el de la parte de puente en arco, sin perder nada la estabilidad de la obra con relación á la acción del viento.

Fuerzas producidas durante el montaje.—En los puentes en arco del tipo descrito, todos los elementos tienen secciones suficientes para resistir las fuerzas anómalas desarrolladas durante el montaje, exceptuando las primeras barras de la cabeza superior.

Ajuste de la obra después de terminado el montaje.—En los puentes en arco es de mucha importancia colocar el último elemento en forma tal, que la fuerza que sobre él actúe sea conocida é igual á la calculada, teniendo en cuenta la carga fija y las variaciones de temperatura. La barra más conveniente para este fin es una de las del centro de la cabeza superior, procediéndose de la siguiente manera: á la barra elegida se le asigna una longitud inferior en unos cuantos centímetros á la que le

corresponde; mientras existe tal huelgo, aquélla no sufre esfuerzo alguno, el arco se presenta como si tuviera tres articulaciones, y las fuerzas que actúan sobre la cabeza superior son más pequeñas que lo previsto. Si el huelgo es menor que el calculado se hace que adquiera el valor debido por medio de una fuerte presión. Cuando la obra se ha montado con todo cuidado y no se ha cometido falta alguna, el error de longitud de la última barra es el calculado, de lo contrario, la diferencia representará la suma de los errores cometidos. Tanto en un caso como en otro se introduce una cuña entre las dos barras cuyo espesor sea el huelgo calculado, después se hacen los agujeros, y, por último, se roblona. El ajuste de la construcción asegura una exacta distribución de las fuerzas sobre todas las barras, y constituye una operación de mucha importancia en este tipo de arcos. En los puentes de luces pequeñas, cuyo modelo es el de Lengue, existe una temperatura para la cual el esfuerzo total es cero, en cuyo caso basta medir el huelgo á dicha temperatura.

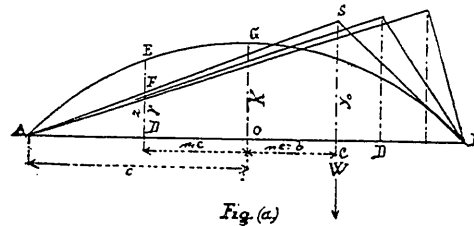
NOTA

El método de Green para hacer los cálculos de estabilidad de los puentes en arco con desarticulaciones tiene por fundamento las ecuaciones siguientes

$$(1) \quad H = \frac{1-n^2}{2} \times \frac{5(5-n^2)}{32} \times \frac{cW}{K} \quad \text{Fig. (a)}$$

en la cual

H es el empuje horizontal en un apoyo producido por una carga W , cuya distancia al centro del arco es nc .



c la mitad de la luz.

K la flecha del arco OG .

$$(1) \quad M = H(y-z) \quad \text{Fig. (b)}$$

en la cual

M es el momento flector en un punto cualquiera del arco, producido por la carga W .

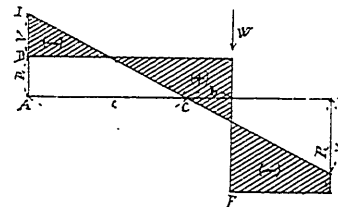


Fig. (b)

y la ordenada del funicular de las fuerzas correspondiente á la abscisa del punto del arco cuyo momento se considera. En el punto de aplicación de la carga W , $y_0 = \frac{32}{5(5-n^2)} K$.

z la ordenada del eje del arco correspondiente á la misma abscisa.

$$(3) \quad V = P_1 - Y_1 = \frac{c \pm bW}{2c} - \frac{2KH}{c} \quad \text{Fig. (b)}$$

En la cual: V es el esfuerzo cortante en el apoyo de la izquierda producido por la carga W .

P , la reacción vertical en el mismo apoyo.

Y , la reacción vertical en el apoyo que combinada con la horizontal H produce un empuje tangente a la parábola que constituye el eje de arco.

Con la fórmula (1) se calcula el empuje horizontal en los apoyos y con las (2) y (3) los momentos flectores y esfuerzos cortantes en cualquier punto del arco y sea la que fuese la distribución de cargas, con cuyos elementos es muy sencillo calcular las fuerzas en los diferentes elementos del arco.—2.

APENDICE

CÁLCULOS DE ESTABILIDAD DEL ARCO DEL PUENTE SOBRE EL RÍO LENGUE

CUADRO I

Fuerzas producidas por cargas iguales a la unidad.

Valores de l , p , q , $q^2 l$, $p q l$, A (1), $\frac{q^2 l}{A}$, $\Sigma \frac{q^2 l}{A}$, $\frac{p q l}{A}$, $\Sigma \frac{p q l}{A}$

BARRAS	l Metros.	p	q	$q^2 l$	$p q l$	A (1) mm ²	$\frac{q^2 l}{A}$	$\Sigma \frac{q^2 l}{A}$	$\frac{p q l}{A}$	$\Sigma \frac{p q l}{A}$
BV.....	4,20	0,6	0,43	0,9	1,2	9870	94,6	"	141,9	141,9
DV.....	"	2,0	1,15	5,4	9,6	9870	567,6	"	993,3	1135,2
FV.....	"	4,7	2,36	23,1	45,9	9870	2365,0	"	4730,0	5865,2
HV.....	"	9,2	4,04	67,5	133,6	13676	5013,8	"	11441,6	17311,8
JV.....	"	14,0	5,00	104,7	289,8	13676	7757,2	15798,2	21568,8	38880,6
L'V.....	"	14,0	5,00	"	289,8	13676	"	$\times 2 =$	21568,8	60449,4
H'V.....	"	14,0	4,04	"	234,3	13676	"	31596,4	17453,7	77903,1
F'V.....	"	10,9	2,36	"	106,5	9870	"	"	10973,6	88876,7
B'V.....	"	8,0	1,15	"	38,1	9870	"	"	3925,9	92802,6
B'V'.....	"	6,0	0,43	"	10,8	9870	"	"	1135,2	93937,8
AU.....	5,00	0,0	1,20	7,2	0,0	19612	378,4	"	0,0	0,0
CU.....	4,70	0,7	1,60	11,7	5,1	14772	804,1	"	331,1	331,1
EU.....	4,45	2,1	2,30	23,1	21,0	14772	1608,2	"	1466,3	1797,4
GU.....	4,33	4,8	3,42	49,8	72,9	14772	3405,6	"	5013,8	6811,2
IU.....	4,24	9,3	5,06	106,5	196,5	13676	7899,1	14095,4	14615,7	21426,9
I'U.....	4,21	14,0	5,06	"	295,5	13676	"	$\times 2 =$	21994,5	43421,4
G'U.....	4,33	11,2	3,42	"	163,2	14772	"	28190,8	11257,4	54678,8
E'U.....	4,45	8,5	2,30	"	85,5	14772	"	"	5865,2	60544,0
C'U.....	4,70	6,8	1,60	"	50,4	14772	"	"	3452,9	63996,9
A'U.....	5,00	5,6	1,20	"	33,0	19612	"	"	1702,8	65699,7
VA.....	9,00	1,0	0,65	3,72	57,6	9870	378,4	"	614,9	614,9
BC.....	6,28	1,3	0,72	3,21	57,9	9805	331,1	"	614,9	1229,8
DE.....	4,20	1,7	0,77	2,46	54,0	9353	283,8	"	567,6	1797,4
FG.....	2,71	2,0	0,72	1,88	38,4	8834	141,9	"	425,7	2223,1
HL.....	1,80	1,6	0,36	0,24	10,2	8322	47,3	1182,5	141,9	2365,0
H'I.....	1,80	0,0	0,36	"	0,0	8322	"	$\times 2 =$	0,0	2365,0
F'G.....	2,71	1,3	0,72	"	24,9	8834	"	2365,0	283,8	2618,8
D'E.....	4,20	1,8	0,77	"	57,3	9353	"	"	614,9	3263,7
B'C.....	6,28	2,0	0,72	"	89,1	9805	"	"	946,0	4209,7
V'A.....	9,00	2,0	0,65	"	115,2	9870	"	"	1182,5	5392,2
AB.....	7,56	1,2	0,78	4,53	69,6	6644	709,5	"	1040,6	1040,6
CD.....	5,94	1,9	1,02	6,09	114,3	6644	946,0	"	1750,1	2790,7
EF.....	4,97	3,2	1,43	9,99	224,1	6644	1513,6	"	3452,9	6243,6
GH.....	4,57	5,0	1,82	14,88	409,5	7354	2033,9	"	5676,0	11916,6
IJ.....	4,51	5,0	1,02	4,62	226,2	13676	331,1	5534,1	1702,8	13622,4
I'J.....	4,51	0,0	1,02	"	0,0	13676	"	$\times 2 =$	0,0	13622,4
G'H.....	4,57	3,3	1,82	"	271,2	7354	"	11068,2	3689,4	17311,8
E'F.....	4,97	3,4	1,43	"	234,6	6644	"	"	3642,1	20953,9
C'D.....	5,94	2,8	1,02	"	167,1	6644	"	"	2554,2	23508,1
A'B.....	7,56	2,4	0,78	"	139,5	6644	"	"	2128,5	25636,6

(1) A es la sección total. $\Sigma \frac{q^2 l}{A}$ (total) = $31.596,4 + 28.190,8 + 2.365,0 + 11.068,2 = 73.240,4$.

CUADRO II

Empujes producidos por cargas iguales a la unidad en los nudos.

POSICION DE LA CARGA	Reacciones v.	VALORES DE $\sum \frac{p q l}{A}$					$r \sum \frac{p q l}{A}$	$\sum \frac{v p q l}{A}$	$h = \frac{\sum \frac{p p q l}{A}}{\sum \frac{q^2 l}{A}}$	Valor de h según el método de Johnson.	Valor de h según la ecuación sinusoidal.
		Tirante.	Arco.	Montantes.	Diagonales.	TOTAL.					
Nudo 1.....	0,9	141,9	0,0	1.229,8	1.040,6	2.412,3	2.171,1	20.528,2	0,28	0,29	0,28
	0,1	92.802,6	63.996,9	3.263,7	23.508,1	183.571,3	18.357,1				
Nudo 2.....	0,8	1.135,2	331,1	1.797,4	2.790,7	6.054,4	4.843,5	39.448,2	0,54	0,56	0,54
	0,2	88.876,7	60.544,0	2.648,8	20.953,9	173.023,4	34.604,7				
Nudo 3.....	0,7	5.865,2	1.797,4	2.223,1	6.243,6	16.129,3	11.290,5	56.963,1	0,78	0,77	0,78
	0,3	77.903,1	54.678,8	2.365,0	17.311,8	152.258,7	45.677,6				
Nudo 4.....	0,6	17.311,8	6.811,2	2.365,0	11.916,6	35.404,6	23.042,8	70.986,1	0,97	0,92	0,98
	0,4	60.449,4	43.421,4	2.365,0	13.622,4	119.858,2	47.943,3				
Nudo 5.....	0,5	38.880,6	21.426,9	2.350,0	13.622,4	76.294,9	38.147,5	76.295,0	1,04	0,97	1,06
	0,5	38.880,6	21.426,9	2.365,0	13.622,4	76.294,9	38.147,5				

CUADRO III

Fuerzas producidas por una carga igual a la unidad en cada nudo.

POSICION DE LA CARGA.	BARRAS									
	BV	DV	FV	HV	JV	AU	CU	EU	GU	IU
Nudo 1.....	+ 0,48	+ 0,47	+ 0,42	+ 0,26	- 0,02	+ 0,33	- 0,22	- 0,20	- 0,14	+ 0,02
Idem 2.....	+ 0,30	+ 0,98	- 0,91	+ 0,63	+ 0,10	+ 0,61	+ 0,27	- 0,47	- 0,38	- 0,09
Idem 3.....	+ 0,13	+ 0,51	+ 1,45	+ 1,08	+ 0,30	+ 0,93	+ 0,73	+ 0,29	+ 0,63	- 0,29
Idem 4.....	- 0,02	+ 0,09	+ 0,53	+ 1,72	+ 0,75	+ 1,16	+ 1,11	+ 0,94	+ 0,46	- 0,74
Idem 5.....	- 0,11	- 0,19	- 0,11	+ 0,51	+ 1,79	+ 1,74	+ 1,20	+ 1,30	+ 1,16	+ 0,54
Idem 6.....	- 0,15	- 0,32	- 0,40	- 0,15	+ 0,75	+ 1,16	+ 1,20	+ 1,37	+ 1,41	+ 1,13
Idem 7.....	- 0,13	- 0,29	- 0,41	- 0,30	+ 0,30	+ 0,93	+ 1,03	+ 1,14	+ 1,22	+ 1,09
Idem 8.....	- 0,10	- 0,21	- 0,32	- 0,28	+ 0,10	+ 0,64	+ 0,71	+ 0,80	+ 0,88	+ 0,83
Idem 9.....	- 0,05	- 0,12	- 0,18	- 0,18	- 0,02	+ 0,33	+ 0,37	+ 0,48	+ 0,47	+ 0,47
Suma + ...	+ 0,91	2,05	3,31	4,12	4,09	7,16	6,47	6,26	5,80	4,06
Suma -	- 0,56	1,13	1,42	0,91	0,02	"	0,22	0,67	1,20	1,12

La fuerza producida en 33' por la carga del nudo 5, es igual a 1.

POSICIÓN DE LA CARGA	BARRAS									
	VA	BC	DE	FG	HI	AB	CD	EF	GH	IJ
Nudo 0.....	+ 1,00	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Idem 1.....	+ 0,72	+ 1,00	- 0,03	- 0,08	- 0,10	- 0,86	+ 0,01	+ 0,06	+ 0,18	+ 0,29
Idem 2.....	+ 0,45	+ 0,68	+ 0,96	- 0,12	- 0,19	- 0,54	- 0,96	+ 0,08	+ 0,80	+ 0,57
Idem 3.....	+ 0,20	+ 0,98	+ 0,60	+ 0,85	- 0,28	- 0,24	- 0,53	- 1,12	+ 0,41	+ 0,82
Idem 4.....	- 0,03	- 0,10	+ 0,29	+ 0,50	+ 0,65	+ 0,03	- 0,15	- 0,52	- 1,29	+ 1,03
Idem 5.....	- 0,17	- 0,08	+ 0,07	+ 0,26	+ 0,46	+ 0,20	+ 0,11	- 0,11	- 0,66	- 1,36
Idem 6.....	- 0,23	- 0,16	- 0,06	+ 0,11	+ 0,32	+ 0,27	+ 0,23	+ 0,10	- 0,28	- 0,95
Idem 7.....	- 0,20	- 0,16	- 0,08	+ 0,05	+ 0,22	+ 0,24	+ 0,22	+ 0,15	- 0,12	- 0,64
Idem 8.....	- 0,15	- 0,12	- 0,07	+ 0,02	+ 0,14	+ 0,18	+ 0,17	+ 0,12	- 0,04	- 0,40
Idem 9.....	- 0,08	- 0,07	- 0,07	"	+ 0,06	+ 0,09	+ 0,09	+ 0,07	"	- 0,18
Suma + ...	2,87	2,16	1,95	1,79	1,85	1,01	0,82	0,44	0,89	2,71
Suma -	0,86	0,59	0,28	0,20	0,57	1,64	1,64	1,75	2,39	3,53

La fuerza producida en I J por la carga del nudo 5 es igual a 1.
 Una carga sobre el nudo 0 produce un empuje pequeño y fuerzas tan pequeñas sobre las barras, excepto sobre la VA, que pueden despreciarse.

CUADRO IV

Fuerzas máximas y mínimas producidas por la carga móvil.

BARRAS	Fuerzas producidas por la carga unidad.	Nudos cargados.	Longitud del tren. — Metros.	Carga uniforme equivalente — Kgs. por m. l.	Com- pensación por vibraciones — Por 100.	CARGA FIJA EQUIVALENTE		Fuerza total. — Toneladas.
						Por metro lineal. — Kgrs.	Por nudo y cercha. — Toneladas.	
AU.....	+ 7,36 "	0 a 10 "	42,00 "	6490 "	34 "	8686 "	18,0 "	+ 132 "
CU.....	+ 6,47 - 0,22	2 a 10 0 a 1	33,60 4,20	6723 11648	37 48	9219 17272	19,1 35,8	+ 132 8
EU.....	+ 6,26 - 0,67	3 a 10 0 a 2	29,40 8,40	6756 8753	38 46	9318 12780	19,3 26,5	+ 121 18
GU.....	+ 5,80 - 1,20	4 a 10 0 a 3	25,20 12,60	6856 7721	39 44	9551 11116	19,8 23,0	+ 115 83
IU.....	+ 4,06 - 1,12	5 a 10 1 a 4	21,00 12,60	7115 7721	41 44	9851 11116	20,4 23,0	+ 83 26
BV.....	+ 0,91 - 0,55	0 a 3 4 a 10	12,60 25,20	7721 6856	44 39	11116 9551	23,0 19,8	+ 21 11
DV.....	+ 2,05 - 1,13	0 a 4 5 a 10	16,80 21,00	7188 7115	42 41	10217 9851	21,2 20,4	+ 44 23
FV.....	+ 3,31 - 1,42	0 a 4 5 a 10	16,80 21,00	7188 7115	42 41	10217 9851	21,2 20,4	+ 70 29
HV.....	+ 4,12 - 0,91	0 a 5 6 a 10	21,00 16,80	7115 7183	41 42	9851 10217	20,4 21,2	+ 84 19
JV.....	+ 4,09 - 0,02	1 a 8 9 a 10	29,40 4,20	6756 11648	38 48	9318 12780	19,3 26,5	+ 79 1

(Se continuará.)