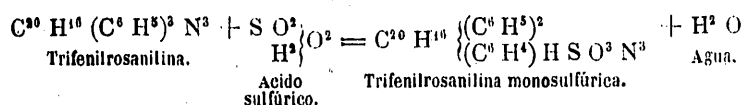


Muchos son los colores azules obtenidos de la anilina, que presentan diversos tonos. Los principales son los siguientes:

Azul soluble.—El azul anterior es soluble en el alcohol, pero no en el agua, y para conseguir este objeto, se le calienta con ácido sulfúrico, á 150 grados, unas dos horas, y añadiendo agua, se obtiene disuelto el azul de que se trata, que es un derivado sulfonado del precedente. La ecuación que sigue expresa la reacción verificada.



Se obtiene otro, la *tritoluilrosanilina* $C^{20} H^{16} (C^7 H^7)^3 N^3$, calentando con toluidina una sal de rosanilina.

CARLOS ALFONSO
Ingeniero de Caminos.

(Se continuará.)

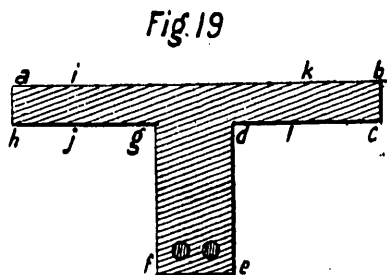
de las construcciones de hormigón de cemento armado ⁽¹⁾.

(CONTINUACIÓN)

Quando las cantidades M , n y h son constantes, el precio por metro lineal de viga varía proporcionalmente al número γ ; es decir, á la razón $\frac{6}{\gamma} = \frac{b h^3}{M}$.

Cuando son constantes n y h , la razón $\frac{\pi}{M}$ varía proporcionalmente a γ . Cuando M , h y γ son constantes, el precio por metro lineal π varía proporcionalmente a $(1 + 60 n)$.

Si las cantidades constantes son h y γ , el precio $\frac{\pi}{M}$ por metro lineal y por kilogramo varía proporcionalmente a $1 + 50n$.



Cuando M y h son constantes, el precio por metro lineal π varía proporcionalmente al producto $(1 + 50n) \gamma$.

(1. Väase et nüm. 1276.

Siendo constante la altura h , el precio $\frac{\pi}{M}$ es proporcional al producto $(1 + 50n) \gamma$.

Peró como se va á ver á continuación (párrafo 15), el producto $(1 + 50n)$ γ es á veces susceptible de un mínimo, y las variaciones de las cantidades γ y $(1 + 50n)$ son de poca importancia cuando el tanto por ciento del metal de las vigas está fijado convenientemente.

Las fórmulas (34), (35) y (36) del párrafo 10 y las (37), (38) y (39) del párrafo 11 atribuyen a n el mismo valor numérico, y difieren solamente en la razón γ , que es igual a 0,000012 en el caso del párrafo 10, y a 0,000015 en el del párrafo 11.

Se tendrá en el primer caso

$$\pi_1 = 60 (1 + 0,02 \times 50) \times 0,000312 \frac{M}{h}$$

y en el segundo

$$\pi_2 = 6) (1 + 0,02 \times 50) \times 0,0010015 \frac{M}{h}$$

Luego

$$\pi_1 = 0,00144 \frac{M}{h}$$

$$\pi_2 = 0,00189 \frac{M}{h}$$

de donde se deduce

$$\frac{\pi_1}{M} = \frac{0,00144}{h}; \quad \frac{\pi_2}{M} = \frac{0,00180}{h}$$

y

$$\frac{\pi_2}{M} - \frac{\pi_1}{M} = \frac{0,00036}{h}$$

y con la expresión (44):

$$\pi_3 = 50 \text{ b h } (1 + 50 \text{ n}) = 9,87.$$

Luogo

$$\frac{\pi_1 - \pi_3}{\pi_1} = \frac{16,98 - 9,87}{16,89} = 0,419.$$

La diferencia entre este cociente y el determinado algebraicamente proviene de la misma causa, explicada en el caso anterior.

Hemos tratado de expresar, por medio de fórmulas análogas, el precio de las vigas constituidas según el método de M. Hennebique; pero nuestras tentativas han sido infructuosas, á causa de lo muy variable que es en estas vigas el tanto por ciento de metal, lo cual nos ha impedido conseguir expresar la ley de esta variación.

Según los casos particulares que conocemos, el precio por metro lineal de las vigas de Hennebique es unas veces mayor y otras, menor que el calculado con las fórmulas (35) y (36); de tal suerte, que hay motivo para creer que el precio medio de unas y otras, por metro lineal, es sensiblemente el mismo, cuando se calculan para resistir al mismo momento flector. La afirmación que acabamos de formular se halla, por lo menos, justificada por los cálculos efectuados más arriba para determinar los precios de las vigas A , A' , A_1 y A'_1 . El cuadro del párrafo 14 muestra que nuestra viga A_1 es más económica que la A de M. Hennebique, y que nuestra viga A'_1 es, en cambio, más cara que la A' de M. Hennebique.

Podríamos acabar de justificar nuestra afirmación, multiplicando los ejemplos numéricos. Pero una prueba de esta clase deja siempre subsistir algunas dudas, y hemos creído deber investigar otra.

15. *Estudio del método de cálculo de M. Hennebique.*—Con este objeto hemos estudiado detenidamente el método de Hennebique, estudio que se imponía, además, por otros motivos.

Es cierto, como ya lo explicó M. Considère en el *Génie civil*, número del 18 de Febrero de 1899, que las fórmulas empleadas por M. Hennebique para el cálculo de las vigas de hormigón armado se fundan en dos errores teóricos:

«La uniformidad de la presión en toda la superficie comprimida, y la igualdad de los momentos de las tensiones y de las presiones tomados con relación al eje neutro.» Por consiguiente, estas fórmulas no pueden ofrecer garantías suficientes.

Pero no es menos cierto que las vigas calculadas y construidas por M. Hennebique, resisten muy bien á pruebas muy severas; se ha visto más arriba que para obtener la rotura de las vigas rectangulares de los experimentos de 1898, ha sido menester cuadruplicar la carga de seguridad que estas vigas podían soportar según los cálculos del autor.

Es un resultado tanto más digno de ser notado, cuanto que las vigas metálicas experimentadas en Suiza y en Bélgica se rompieron bajo pesos notablemente inferiores al cuádruplo de la carga práctica total que según los cálculos de los constructores debían poder resistir.

Pero las fórmulas que se pueden establecer hoy para el cálculo de las vigas de hormigón armado son todas imperfectas, por ignorarse cómo se reparten los esfuerzos entre el metal y el hormigón, así como otros muchos puntos. Por consiguiente, no es posible analizar los efectos de estos esfuerzos sobre los dos materiales cuando su adherencia subsiste.

Las diversas hipótesis propuestas son todas discutibles y las que constituyan la base del presente estudio no están exentas de este inconveniente, común á todas.

Hemos supuesto que las barras de hierro embebidas en el hormigón comunican á la parte tendida de la viga una resistencia unitaria, igual á la de la parte comprimida. Esta hipótesis nos ha permitido admitir que la fibra neutra se halle á la mitad de la altura de la viga y ejecutar los cálculos como si se tratase de una viga homogénea de madera ó de hierro. Pero, hay que reconocerlo, nuestra hipótesis, aunque parece justificada por la gran solidez de muchas vigas que están prestando servicio, no puede ser considerada como perfectamente demostrada. Por consiguiente, las fórmulas halladas pueden carecer de base.

Por esta razón hemos creído necesario, antes de publicar nuestras fórmulas, el examinar si las vigas calculadas con su auxilio, ofrecen una estabilidad igual, por lo menos, á las construidas por M. Hennebique. Así nos hemos visto conducidos á estudiar muy detenidamente el método de este inventor.

Las fórmulas de M. Hennebique son las tres siguientes:

$$\frac{M}{2} = b \times 2 H \times H \times 250.000 \quad (49)$$

$$\frac{M}{2} = \omega \times H_1 \times 10.000.000 \quad (50)$$

$$\delta = 2 H + H_1. \quad (51)$$

En estas expresiones, b designa el ancho de la viga;

ω la sección de la armadura $\omega = n b h$;

δ la distancia SE entre el trasdós de la viga, BSB' , y el eje E de su armadura, $\delta = n h$, según las notaciones de § 3;

H la distancia $OC = SC$ (fig. 20) entre el centro de gravedad C de la parte comprimida del hormigón y la fibra neutra FN de la viga;

H_1 la distancia OE entre el eje de la armadura y la fibra neutra.

Las distancias H y H_1 son, según M. Hennebique, los brazos de palanca de las resultantes de las presiones y de las tensiones desarrolladas en la viga por la acción de las fuerzas exteriores Φ .

Los números 250.000 y 10.000.000 representan, respectivamente, las resistencias á la compresión del hormigón y á la ten-

sión del hierro. M. Hennebique escribe generalmente 25 y 10 (en vez de 250.000 y 10.000.000), porque considera las resistencias por centímetro cuadrado en el hormigón y por milímetro cuadra-

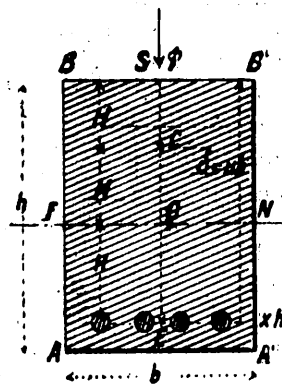


Fig. 20.

do en el hierro. Nosotros preferimos emplear las resistencias referidas al metro cuadrado; lo creemos más ventajoso, porque ocasiona menos errores; además, tenemos que adoptarlo porque todas las demás ecuaciones de este estudio se han escrito con las resistencias por metro cuadrado.

La primera fórmula de Hennebique (49) puede escribirse como sigue:

$$\frac{M}{2} = 500.000 b H^2. \quad (52)$$

Combinándola con la (50),

$$\frac{M}{2} = 10.000.000 \omega H_1$$

se obtiene

$$b H^2 = 20 \omega H_1 \quad (53)$$

Además, de la relación (51) se deduce

$$H_1 = \delta - 2 H \quad (54)$$

Introduciendo este valor en la (53)

$$b H^2 + 40 \omega H - 2 \omega \delta = 0$$

de donde se deduce

$$H = \frac{-20 \omega \pm \sqrt{2 \omega (20 \omega + b \delta)}}{b} \quad (56)$$

Reemplazando δ por $u h$ y ω por $n b h$, y desarrollando los cálculos, se llega á las expresiones

$$H = h \left[-20 n \pm \sqrt{20 n (20 n + u)} \right] \quad (57)$$

$$\frac{H}{h} = -2 n \pm \sqrt{20 n (20 n + u)} \quad (58)$$

Se ve así que la relación entre la cantidad H de M. Hennebique y la altura total h de la viga es constante cuando las razones $n = \frac{\omega}{b h}$, $u = \frac{\delta}{h}$ son invariables. Esta observación es importante, porque prueba que se puede calcular *a priori* y una sola vez para siempre, los valores de $\frac{H}{h}$ correspondientes á los

diferentes valores de n y de u . Y conociendo $\frac{H}{h}$, n y u , es fácil, como veremos luego, determinar el momento flector al cual podría la viga resistir, según el procedimiento de cálculo de M. Hennebique, los esfuerzos que este momento desarrollaría en el hormigón y en los hierros de la viga, y finalmente, el precio de la viga por metro lineal y por kilogrametro.

Calcularemos estas diversas cantidades para diferentes valores de n , y así será posible apreciar, sin recurrir á cálculos numéricos, las ventajas y los inconvenientes del sistema de M. Hennebique.

El valor de la razón $u = \frac{\delta}{h}$ es igual á $\frac{5}{6}$ en las vigas que nos proponemos adoptar. Esta razón, en las vigas de M. Hennebique, es unas veces mayor y otras menor que $\frac{5}{6}$; pero su término medio difiere poco de este valor, que puede, por lo tanto, ser considerado como suficientemente exacto. Los lectores que no quieran admitir esta apreciación, podrán repetir los cálculos del cuadro que figura más adelante, atribuyendo otros valores á u , y obtendrán resultados poco diferentes de los que corresponden á nuestra hipótesis. Damos los cálculos para cuatro valores de n , haciendo $u = 0,90$. Se reconocerá que estos cálculos confirman nuestra afirmación. Introduciendo en las expresiones (54)

y (57) $u = \frac{5}{6} = 0,833$, se convierten en

$$H_1 = 0,833 h - 2 H \quad (59)$$

$$H = h \left[-20 n \pm \sqrt{20 n (20 n + 0,833)} \right] \quad (60)$$

Hagamos ahora diversas hipótesis sobre el valor de n , empezando por $n = 0,017$, y la relación (60) dará, ejecutando los cálculos numéricos,

$$H = 2915 h.$$

La fórmula (59) da

$$H_1 = 0,250 h.$$

Resulta de aquí que en las vigas en que $u = 0,83$; $n = 0,017$, la línea denominada fibra neutra por M. Hennebique, ocupa la posición de la recta FN de la figura 21, la cual se halla á una distancia del trasdós $\overline{SO} = 2 H = 0,583 h$, y á una distancia del eje E de la armadura, $\overline{OE} = H_1 = 0,25 h$, y esto, cualesquiera que sean los valores numéricos de b , h y u .

El momento resistente de esta viga, valuado conforme al método de M. Hennebique, se determina del modo siguiente, aplicando las fórmulas (49) y (50):

Momento resistente producido por el.....	hormigón comprimido:	$\frac{M}{2} = b \times 0,583 h \times 0,2915 h \times 250.000 = 42,486 b h^3$
	hierro tendido:	$\frac{M}{2} = 0,017 b h + 0,25 h + 10.000.000 = 42,500 b h$
	Momento resistente total	$\frac{M}{2} + \frac{M}{2} = 84,986 b h^3$

Tenemos, pues,

$$M = 84,986 b h^3$$

de donde se saca el valor γ de la ecuación (45):

$$\gamma = \frac{b h^3}{M} = \frac{1}{84,986} = 0,00001177$$

y

$$b h^3 = 0,00001177 M.$$

Así; conociendo las razones n y u , se puede, aplicando extensamente las reglas de M. Hennebique, y sin necesidad de nuevas hipótesis, obtener relaciones análogas á las de los párrafos 10, 11 y 12 para la valuación del momento resistente M y de la sección $b h$ de la viga. Esto es interesante, porque transformadas de este modo las fórmulas de M. Hennebique, es fácil comparar las consecuencias de su método con las del nuestro.

(Se continuará).

BIBLIOGRAFIA

MANUEL DU SERRURIER-CONSTRUCTEUR, par LEON GRIVEAUD.—Un vol. en 8° de 600 págs. con 250 figuras intercaladas.—Ch. Beranger, editor.—15, rue des Saints-Pères.—Paris, 1900.—20 francos.

El objeto de este manual es proporcionar á los que se ocupan en construcciones metálicas, medios sencillos para determinar las dimensiones de las diferentes partes de la construcción que han de ejecutar, de suerte que tengan todas las garantías necesarias de duración y estabilidad.

Ha procurado el autor evitar todas las demostraciones abstractas, para no dar más que la fórmula ó la construcción gráfica inmediatamente aplicable.

El Ingeniero encontrará rápidamente en este libro la fórmula ó construcción gráfica que hubiera olvidado; á los prácticos que no tienen más que una instrucción elemental, les permitirá resolver rápidamente la mayor parte de los problemas de construcción de obras corrientes, facilitando además este trabajo el gran número de ejemplos y aplicaciones numéricas que en el libro aparecen.

En la primera parte, el autor trata del conocimiento de los materiales metálicos, coeficientes de resistencia, centros de gravedad, momentos de inercia y determinación de las cargas ó esfuerzos.

En la segunda parte, estudia la resistencia de los materiales, tracción, compresión, flexión, etc.

Finalmente, en la tercera parte se agrupan todos los cuadros y datos prácticos necesarios para proyectar construcciones metálicas.

REVISTA EXTRANJERA

La tracción eléctrica por unidades independientes en los caminos de hierro.

Creemos interesante para los lectores de la REVISTA DE OBRAS PUBLICAS el siguiente breve resumen de una conferencia dada por mister Sprague en la Institución americana de Ingenieros electricistas.

Mr. Sprague es uno de los promovedores de la tracción eléctrica en América; á su Compañía la «Sprague Electric Railway and Motor Co.», debe la instalación en 1887 del primer tranvía importante de los Estados Unidos en Richmond (Virginia), y después todas las disposiciones para la tracción eléctrica en camino de hierro metropolitano de Chicago «South Side Elevated Railroad.»

Mr. Sprague reivindica para sí el mérito de haber sido el primero que puso en práctica el sistema de tracción eléctrica por unidades independientes.

Este es el sistema que describe en su conferencia de Nueva York.

Se compone el tren de un número indeterminado de vehículos automóviles que constituyen cada uno por sí una unidad completa, es decir, con uno ó más motores, con aparato de toma de corriente y con regulador de marcha. Cuando hay varios vehículos enganchados, funcionan todos simultáneamente como automotores, y los reguladores de todos los coches se maniobran á distancia por el maquinista del coche delantero.

Según el autor, las principales ventajas de este sistema son dos: en primer lugar, la posibilidad de hacer que sean motores todos ó parte de los ejes del tren, según se desee; en segundo lugar, la facilidad de constituir los trenes con un número más ó menos considerable de vehículos (según las necesidades de momento), con supresión casi total de las maniobras de formación, puesto que las unidades que han de añadirse ó quitarse, son todas semejantes.

Los inconvenientes del sistema se reducen, igualmente, á dos principales: 1.º, la complicación de los aparatos; y 2.º, la división de la potencia en un gran número de motores pequeños, cuya conservación debe suponerse *a priori* más costosa que la de motores en menor número y más potentes.

M. Sprague desarrolla las ventajas y refuta los argumentos de sus detractores.

1. Aumento del peso sobre ejes motores con relación al peso total.—

La teoría y la experiencia están de acuerdo para demostrar que no se pueden obtener á la vez una máquina económica y una velocidad comercial elevada, sino por el método llamado del «acting», que consiste en alcanzar rápidamente, desde el arranque, una velocidad determinada, en general superior en un 30 á 50 por 100 á la velocidad comercial, y dejar correr después, en virtud de la velocidad adquirida, hasta el momento en que han de funcionar los frenos.

Cierto es que cuanto más rápidamente se obtenga una gran aceleración, más pronto se llegará á la velocidad máxima, que se conservará