

Administración en 1889 y 1890. Las reformas esenciales que se introdujeron son las siguientes:

1.º Renovación de las amarras, añadiendo un cable suplementario para poder en todo tiempo extraer uno de estos cables, y, por lo tanto, permitir el reconocimiento y la renovación sucesiva de todos ellos cuando llegue el caso. Se adoptó esta solución en vista de la imposibilidad de disponer galerías visitables.

2.º Colocación de cables oblicuos destinados á sostener directamente las partes del tablero próximas á los apoyos.

3.º Adición de dos cables de acero de alambres retorcidos, sistema Arnodin, uno á cada lado del puente.

4.º Adición de una viga de rigidez, que al mismo tiempo pudiera servir de barandilla.

5.º Sustitución de los apoyos, que eran bielas oscilantes de fundición, por otros fijos de hierro, formados por cuatro montantes de sección L enlazados por celosías.

6.º Sustitución de las viguetas de madera por otras armadas de acero, sistema Arnodin.

7.º Renovación de todas las péndolas, sustituyendo las antiguas flexibles por otras nuevas rígidas.

La barandilla ó viga de rigidez que se había proyectado, era análoga á la del puente de Lamothe; pero se introdujo, al ejecutar las obras, una modificación interesante. El pasamano es un cable atirantado que se amarra por sus extremos á los estribos por medio de ensamblajes cónicos, sistema Roebling, que permiten variar su tensión; los montantes están formados por dobles hierros en C que llevan en sus extremos unas poleas por las cuales pasan unos cables continuos que van del extremo inferior de un montante al superior del inmediato, constituyendo las diagonales de las mallas. La cabeza inferior es un larguero de celosía, cuya altura es la distancia entré la cara superior de las viguetas y el piso de la acera. Las aceras son de palastro estriado.

Las viguetas armadas son de acero. La cabeza superior es un larguero formado por dos piezas en E, y ligeramente bombeado. Dos dobles tornapuntas en forma de V vienen á sostener el larguero en cuatro puntos, que corresponden sensiblemente á los de apoyo de las ruedas de dos vehículos que se crucen sobre la vigueta. Un cable de atirantamiento fijado á los extremos del larguero sostiene los extremos inferiores de las tornapuntas donde éstas concurren dos á dos. Todas estas disposiciones se ven con bastante claridad en el grabado de la página 271, que da idea, además, del aspecto original que presenta el tablero visto por debajo.

Se presentaron, como era natural, tratándose de una obra especialísima, y que debía llevarse á cabo sin interrumpir el tránsito, grandes dificultades de ejecución, cuya descripción detallada no cabe en esta sucinta noticia. Pero la operación más difícil fué, sin duda alguna, la sustitución de las antiguas bielas oscilantes por los apoyos definitivos. Se montaron éstos rodeando á los antiguos y dejando sin cerrar una de las caras de celosía, para poder extraer por ella los apoyos antiguos. Se trasladaron uno á uno los alambres de los cables desde el apoyo antiguo al carretón del nuevo, sosteniendo este carretón con fiadores provisionales, y después se desmontaron las bielas de fundición para poderlas sacar del interior de los apoyos nuevos. Sólo durante esta última operación, que se ejecutaba en algunos minutos, había necesidad de suspender el paso por el puente.

Las pruebas de peso muerto se ejecutaron cargando el tablero á razón de 300 kilogramos por metro cuadrado, y aun debió de aumentar sensiblemente este peso por haber llovido estando cargado el puente. Es de notar que esta sobrecarga equivale á más del doble del peso propio del puente. Los resultados obtenidos fueron completamente satisfactorios, á pesar de estas circunstancias tan desfavorables, y la rigidez de la obra, aunque no es comparable con la de un puente fijo, ha aumentado mucho, sobre todo en las partes próximas á los apoyos sostenidas por los cables oblicuos. Desde que se llevó á cabo la reforma, el puente colgado de Santa Isabel presta un servicio equivalente al de un puente fijo, sin que sea de temer que se reproduzca la situación

anterior puesto que, con las disposiciones adoptadas, es posible ir renovando gradualmente los elementos esenciales á medida que se vayan deteriorando; el coste de la reparación no excedió de una tercera parte del presupuesto del puente metálico.

Los grabados de la primera página del número 9 y superior de la página 271 de éste, representan vistas tomadas durante la ejecución de las obras.

NUEVA CUBIERTA

PROYECTADA PARA EL DEPÓSITO COMERCIAL DEL PUERTO DE BARCELONA

(Continuación.) (1)

Ahora bien; R'_m tiene que pasar por el punto A, porque para que el equilibrio del trozo que estudiamos exista es necesario que dicha fuerza sea igual y contraria á la resultante de (πC_{m+1}) , (πT) y A, que pasan todas por el punto mencionado, como además ha de pasar por (a_{m+2}) , podemos calcular el ángulo que dicha recta forma con el horizonte

$$[23] \quad \text{tang. } (\alpha R'_m) = \frac{(m+1)mL \text{ tang. } \varphi}{\frac{2\left(\frac{n}{2}-1\right)\frac{n}{2}}{\frac{L}{n}(n+1)}} = \text{tang. } \varphi \cdot \frac{m}{\frac{n}{2}-1}$$

una vez conocido este ángulo, tenemos

$$[24] \quad R'_m = \frac{X'_m}{\cos. (\alpha R'_m)}$$

y descomponiendo R'_m en las direcciones de los tirantes t_{m+1} y t'_m su componente, según esta última será la fuerza buscada

$$(\pi t'_m) = R'_m \frac{\text{sen } [(\alpha t_{m+1}) - (\alpha R'_m)]}{\text{sen } [(\alpha t'_m) + (\alpha t_{m+1})]}$$

Cálculo numérico de los esfuerzos.—Como ejemplo de aplicación de los principios expuestos indicaremos la parte principal de los cálculos numéricos, efectuados para comprobar la resistencia de los elementos de la cubierta del «Depósito comercial».

La luz salvada entre los muros será de 15^m,15; pero teniendo en cuenta que los ejes de las piezas se cortan á una distancia de 20 centímetros, contada á partir de los paramentos, hemos tomado como luz la cantidad de 15^m,55.

	Metros.
Luz entre ejes de los apoyos..	15,55
Inclinación de los pares $\varphi = 21^\circ 48' 05''$; tang. $\varphi =$	0,4
Separación de las correas.	en horizontal.. $\frac{15,55}{8} = 1,944$
	según el par. $\frac{15,55}{8 \cos. \varphi} = 2,093$
Separación de las cerchas.	4,25
Idem de los cabios.	0,85

Carga de seguridad del material por milímetro cua-

(1) Véase el número anterior.

drado, 7 kilogramos, que es la adoptada en el proyecto primitivo.

	Kilogramos.
Peso de la teja plana por metro cuadrado. . .	42
Idem de las bovedillas de 0,08 metros de espesor medio. . .	160
Idem de la nieve y esfuerzo del viento. . .	75

Carga total por metro cuadrado. . . 277

La vigueta adoptada para los cabios es de doble T de $\frac{80 \times 45}{6}$ mm. y pesa 8,8 kilogramos por metro. Como pieza inclinada, estará sometida á un momento flector

$$M = \frac{pl^2}{8} \cos. \varphi$$

y á una compresión

$$Q = \frac{pl}{2} \sin. \varphi$$

en estas fórmulas debemos sustituir los valores

$$p = 277 \times 0,85 + 8,8 = 241,25$$

$$l = 2,093$$

y tendremos

$$M = 124 \text{ m kilogramos;}$$

$$Q = 95 \text{ kilogramos.}$$

El trabajo del material será por lo tanto

$$R < \frac{M}{I} + \frac{Q}{\Omega};$$

y como el módulo de resistencia de la sección adoptada

$$\frac{I}{v} = 0,000027$$

y su área

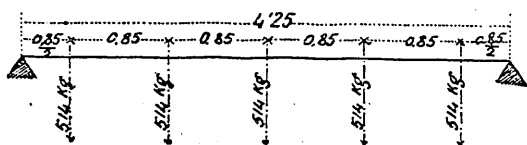
$$\Omega = 0,00111,$$

resulta

$$R < \frac{124}{0,000027} + \frac{95}{0,00111} = 4685000$$

bastante inferior al límite adoptado; pero creemos conveniente este exceso de resistencia por tratarse de un hierro que ha de quedar encerrado entre fábrica, en condiciones no muy buenas para su conservación.

Las correas se han calculado como vigas apoyadas, sometidas á pesos aislados en los puntos donde sostendrán á los cabios, que están dispuestos como se indica en la figura 8.^a



(Fig. 8.^a)

El peso en cada punto se compondrá de dos partes.

	Kilogramos.
1. ^a Peso transmitido por el cabio, que vale $244,25 \times 2,093$. . .	511
2. ^a Peso del soporte. . .	3
TOTAL. . .	514

El momento flector valdrá

$$M = 514 \left[\frac{4,25}{4} + \frac{0,85}{2} + \left(\frac{0,85}{2} + 0,85 \right) \right] = 1421 \text{ m kg.};$$

á este momento hay que agregar el debido al peso propio de la vigueta, cuyas dimensiones son $\frac{225 \times 70}{9}$ mm. y que pesa 26,9 kilogramos por metro lineal.

$$M_2 = \frac{pl^2}{8} = \frac{26,9 \times 4,25^2}{8} = 61 \text{ m kilogramos;}$$

el total será:

$$M = M_1 + M_2 = 1482 \text{ m kilogramos}$$

y el esfuerzo del metal resultará

$$R = \frac{M}{I} = \frac{1482}{0,000222} = 6.700000$$

ó sean 6,7 kilogramos por milímetro cuadrado.

La determinación de los esfuerzos de las piezas de la cercha la efectuaremos por dos procedimientos: el primero consiste en aplicar los coeficientes de nuestro cálculo gráfico y el segundo en deducirlos de las fórmulas generales del estudio analítico.

El peso que actuará sobre un nudo se compondrá de los siguientes sumandos:

	Kilogramos.
1. ^o Peso transmitido por los cabios. 514×5 . . .	2570,0
2. ^o Peso propio de las correas. $26,9 \times 4,25$. . .	114,6
3. ^o Peso del egión. . .	7,1
4. ^o Precio propio de la cercha, deducido de la cubicación de la obra. . . $\frac{1835,05}{8}$	229,3
TOTAL KILOGRAMOS. . .	2921,0

Obtenida esta cifra nada más fácil que calcular los esfuerzos de las piezas, multiplicándola sucesivamente por los coeficientes que figuran en el cuadro A; de esta manera tendremos el siguiente estado:

PIEZAS	ESFUERZOS EFECTIVOS QUE RESISTIRÁN
T	$2921 \times 5 = 14605 \text{ kg.};$
t_1	$2921 \times 8,75 = 25559 \text{ kg.};$
t_2	$2921 \times \sqrt{15,0625} = 11337 \text{ kg.};$
t_3	$2921 \times \sqrt{18,0625} = 12414 \text{ kg.};$
t_4	$2921 \times \sqrt{23,0625} = 14028 \text{ kg.};$
$C_1, C_2, C_3 \text{ y } C_4$	$2921 \times \sqrt{88,8125} = 27528 \text{ kg.};$
$c_1, c_2 \text{ y } c_3$	$2921 \times 1 = 2921 \text{ kg.}$

Para determinar las tensiones de las diagonales θ debemos encontrar el peso máximo que puede actuar aisla-

damente en un nudo. En primer lugar es evidente que debemos prescindir del peso propio de la cercha, que siempre cargará por igual; tampoco debemos ocuparnos del peso de las correas porque es relativamente pequeño, y aunque se colocarán sucesivamente estarán todas en su lugar cuando se comience la construcción de las bovedillas; estas últimas deben construirse entre cada dos cabios en toda su longitud y procediendo por capas sucesivas de rajuela; pero aun suponiendo que avanzase la construcción por bandas horizontales, el peso de una capa de rajuela, que equivale próximamente al de la teja, será el máximo desigualmente distribuido que puede actuar en la cubierta; su cuantía para cada nudo ascenderá á

$$42 \times 4,25 \times 2,093 = 370 \text{ kilogramos.}$$

(Se continuará.)

FERNANDO ROJO Y SOJO.

UN APUNTE DE LAS CANTERAS DE TALIM ⁽¹⁾

Como la teoría que se ha seguido para determinar las cargas, debida al ilustre Ingeniero, honra y prestigio verdaderos que fué del Cuerpo, D. Francisco Prieto (2), está fundada en la hipótesis de que durante la combustión *Los gases se desarrollan por capas esféricas y concéntricas, conservando una temperatura media constante, hipótesis admisible en atención al cortísimo tiempo que dura el fenómeno y permite la aplicación de la ley de Mariotte*, diremos algunas palabras sobre el asunto antes de entrar en materia.

Según las teorías de Berthelot, y concretándonos al estudio de la fuerza explosiva de las pólvoras, sabemos que son necesarias para determinar aquéllas los datos siguientes: composición química de la materia explosiva, composición de los productos de la explosión, cantidad de calor desprendido en la reacción y volumen de los gases formados.

Respecto al primer punto, consideramos la pólvora usada clasificada como de mina; por lo tanto, la formación dominante de sulfato de potasa y ácido carbónico en los productos de la combustión, harán desprender por kilogramo de pólvora 536.000 calorías, y la de carbonato de potasa, por kilogramo también, 485.000; pero como se formarán al propio tiempo el sulfato y el carbonato y las acciones secundarias, debidas al azufre y carbono en exceso, no cambiarán sensiblemente aquellos valores, puede suponerse que se obtendrá un número intermedio; mas admitiendo que el nitro suministra en esta combustión los mismos productos que en las pólvoras de caza y guerra, se encuentra por proporciones un número aproximado al término medio de antes, ó sea 509.000 calorías por kilogramo de pólvora. El volumen de los gases será 173 litros por kilogramo también y á cero y 0^m,760.

La composición química de los productos de la explosión, no bastando el oxígeno para una total oxidación, variará con la temperatura, presión, expansión, efectos mecánicos, etc. Nosotros, repetimos, nos hemos atendido á los datos consignados por Berthelot (*Anales de Física y*

Química, cuarta serie), como resultado de sus experiencias.

La cantidad de calor desprendido es proporcional al trabajo máximo que puede efectuar la pólvora. Potencial de una pólvora es el trabajo máximo que la unidad de peso del explosivo puede efectuar, suponiendo una conversión total en gas y una expansión adiabática indefinida; es proporcional á la cantidad de calor desprendido por el explosivo, tomado á la presión y temperatura ambiente, y sus productos reducidos á las mismas condiciones. Es, por tanto, igual á E Q.

La fuerza es la presión, por unidad de superficie, de los gases de la unidad de peso del explosivo, ocupando á la temperatura de la combustión la unidad de volumen; su medida es el producto del número de calorías desprendidas por el volumen de los gases, reducido á la temperatura cero y á una presión uniforme. Está dada por la fórmula de Vieille y Sarrau

$$P = \frac{V_0 \left(1 + \frac{Q}{275 \cdot c} \right)}{V - v}$$

en la que V_0 es el volumen reducido á cero y 0,760 de los gases de la unidad de peso, Q las calorías desprendidas por la unidad de peso, c el calor específico ó volumen constante, V la capacidad en m.³ de la unidad de peso del explosivo y v el volumen ocupado por las materias inertes.

Si se conociese con precisión la temperatura de los gases en el instante de la explosión y la ley que enlaza las presiones con las temperaturas, se deduciría exactamente la presión desarrollada á volumen constante; la temperatura se obtendría, si se conocieran los calores específicos (1) de los productos gaseosos; pero éstos no se conocen y además son variables con la temperatura (2) y presión, y, por último, las leyes de Gay-Lusac y Mariotte, cuando se trata de gases comprimidos á miles de atmósferas, no tienen aplicación. Por todo se deduce que el problema no puede resolverse con exactitud; sin embargo, puede adoptarse, dice Berthelot (3), como término de comparación entre las presiones desarrolladas por un mismo peso de materia explosiva, cuya deflagración se verificará en la misma capacidad, el producto del volumen de los gases (á cero y á 0,760) por la cantidad de calor desprendido.

Las verdaderas presiones que se desarrollen serán superiores á las calculadas, por la cantidad de calor desprendido á la temperatura máxima (4), y en cambio serán

(1) La termodinámica nos da la fórmula $c = C - AT \cdot p \times \frac{\alpha'}{1 + \alpha' t} \times \frac{\alpha'}{1 + \alpha' t}$

para la determinación de los calores específicos de los gases á volumen constante, á la presión p y á la temperatura t ; pero es necesario conocer los datos siguientes: calor específico del gas á la presión constante p , coeficiente de dilatación de gas al volumen constante v , su densidad y coeficiente de dilatación á la presión constante p .

Estos cuatro elementos son conocidos para algunos gases, gracias á las investigaciones de Regnault.

(2) Según Leygne y Champion, esta temperatura es para la pólvora de caza de 288°, para la de cañón 295° y para la formada de partes iguales de clorato de potasa y azufre 200°.

(3) Fuerza de la pólvora y de las materias explosivas.

(4) Nota de Berthelot á la Academia de Ciencias de París acerca de la escala de temperaturas y sobre los pesos moleculares.

«Hemos establecido que el calor específico de los gases simples, tomados á la densidad que poseen en las condiciones normales, crece con la temperatura lentamente; pero según una progresión que se hace considerable á una alta temperatura, hasta triplicarse, por ejemplo, á los 4500° para el ázoe, oxígeno é hidrógeno. Esta variación se traduce en una desagregación molecular digna del mayor interés. En efecto, hacia 4500°, durante cada intervalo del primero, el calor consumido por el trabajo interior de dilatación, correspon-

(1) Véase el número anterior.

(2) REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, año 1889, pág. 44.