

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACIÓN TÉCNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

PUENTE DE TALAVERA

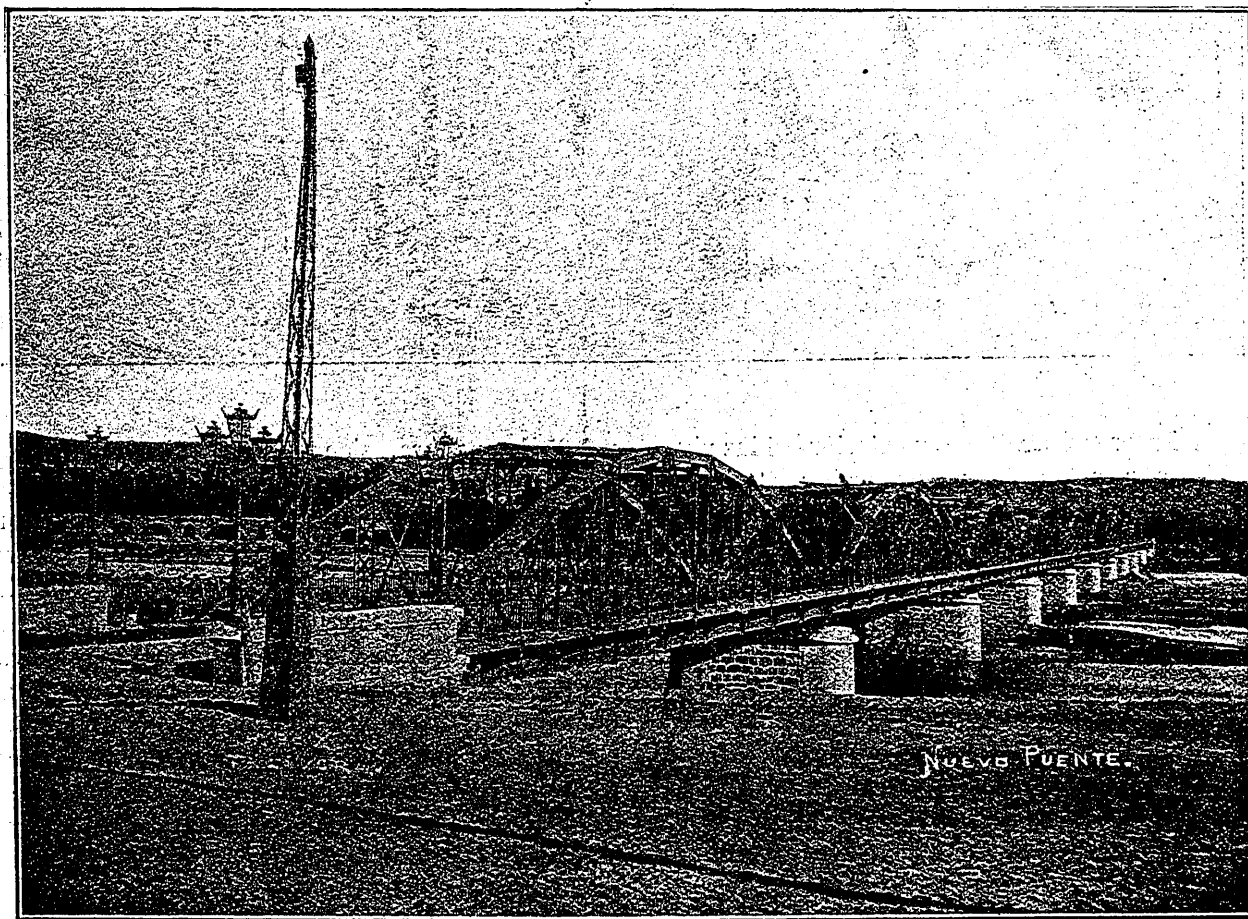
De conformidad con lo que anunciamos en nuestro número anterior al dar noticia de la inauguración de esta importante obra, empezamos hoy su reseña técnica.

Descripción de las obras.

Del folleto impreso con motivo de la inauguración para difundir con excelente idea los datos principales de las obras y su ejecución copiamos lo siguiente relativo á las primeras, y más adelante nos ocuparemos de lo segundo:

Dos avenidas de 8 metros de anchura le ponen en comunicación con la plaza de la Libertad de Talavera de la Reina y con el resto de la carretera, anteriormente construída, resultando una longitud total de 852 metros.

Los estribos son con semipila y están contruídos con mampostería ordinaria, con zócalos, tajamares, coronaciones, cadenas y modillones de sillería. Están fundados sobre macizos de hormigón, en recintos de pilotes y tablestacas, y se asientan sobre arcilla de gran dureza. Para la ejecución de estas fundaciones fueron necesarios importantes agota-



El puente tiene una longitud de 426 metros y está constituido por diez tramos metálicos de 41 metros de luz, apoyados sobre estribos y pilas de fábrica.

mientos, habiendo llegado á una profundidad de 6 metros por bajo del nivel de estiaje en el estribo del lado Talavera, y algo menor en el del lado opuesto. Los muros de acompa-

ñamiento también están sólidamente fundados; su longitud apenas llega á 8 metros, y tienen modillones en su coronación.

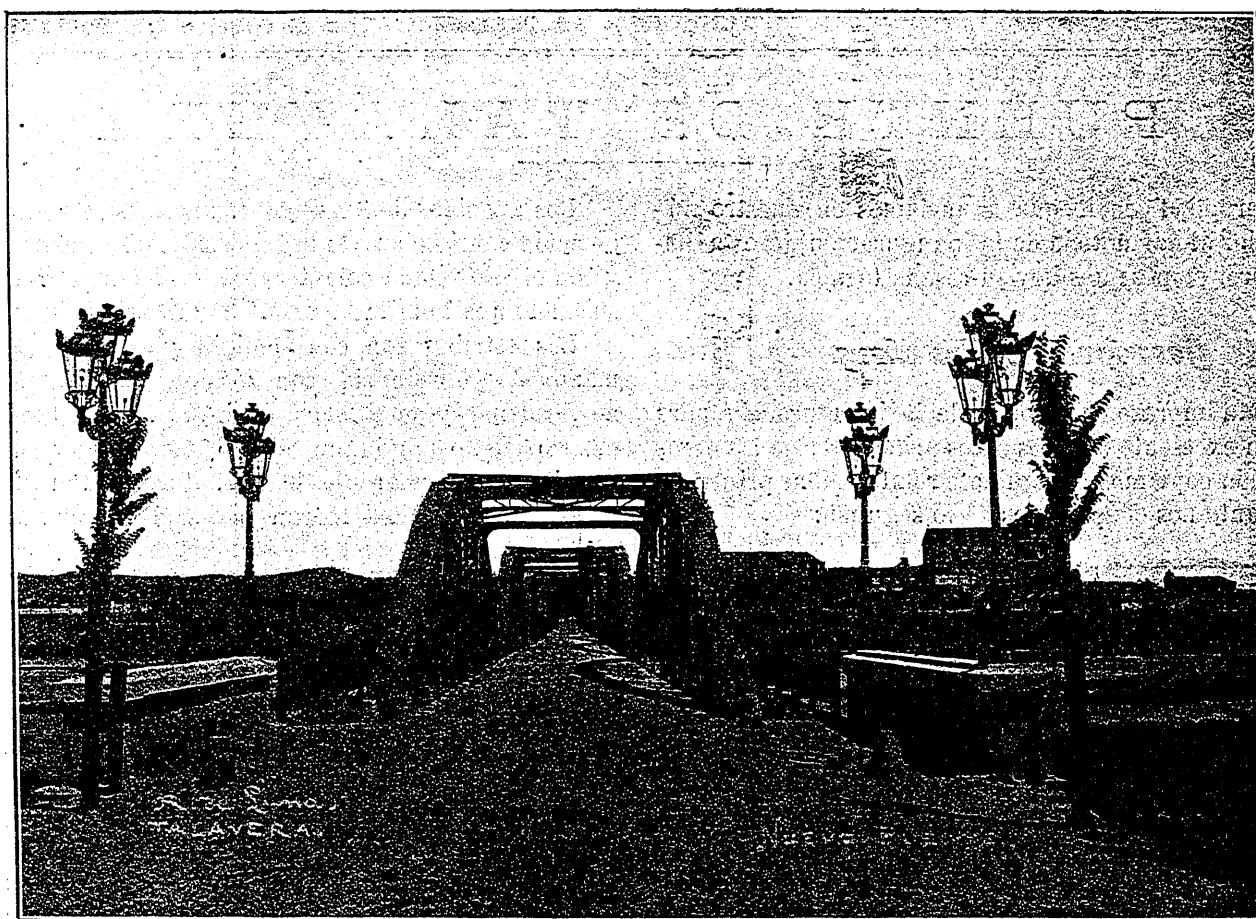
Los tramos metálicos están formados por dos vigas parabólicas de 41 metros de longitud por 6,40 metros de altura máxima en el centro, y se componen de las dos cabezas, montantes armados en celosía y diagonales. El número de montantes es 8, quedando divididas las vigas en tramos de 4, 4,25 y 4,50 metros, llevando diagonales sólo los 7 centrales y arriostramiento superior los 3 más altos.

El tablero es inferior y está formado por largueros y viguetas. El piso lo constituyen hierros zorés y firme macadam.

bles conductores del fluido van colocados por debajo de los andenes, con lo que, además de ir perfectamente resguardado, no afean la construcción.

Toda la estructura metálica del puente está concienzudamente pintada, pues además de las manos de pintura que han recibido las piezas en la fábrica, después de montado el puente se ha limpiado y lavado con aceite de linaza y se han dado dos manos de minio y otras dos de albayalde.

Las pilas son 9 y tienen desde el plano superior de cimientos 5,10 metros de altura. Están constituidas por un macizo de fábrica de mampostería ordinaria, con zócalos, tajamares semicirculares y coronaciones de sillería. Sus dimensiones en el plano de coronación son 8,40 metros de longitud



Los andenes ó aceras son volados y exteriores á las vigas principales. Tienen un metro de anchura, y la parte central afirmada 5 metros, resultando, por tanto, una anchura libre para el tránsito de 7 metros, siendo la total del puente de 8,30 metros.

Los cojinetes de apoyo de los tramos son fijos en uno de los extremos y con rodillos de dilatación en el otro. Todos los tramos se dilatan en el mismo sentido.

El material metálico empleado en cada tramo, incluyendo los cojinetes de apoyo, tiene un peso aproximado de 113 toneladas, y entre los diez tramos, suman 1.136.357 kilogramos, que unidos á los 159.109 kilogramos de hierro de los cajones y cámaras de fundación de las 9 pilas, resulta un consumo total de hierro de 1.385.466 kilogramos.

El puente presenta sus líneas sencillas sin ningún decorado, á excepción de cuatro candelabros, de tres farolas, colocados en cada estribo, y dos columnas con una farola en cada unión de tramos, ó sea un total de 42 farolas.

El alumbrado es eléctrico, de incandescencia, y los ca-

y 2,05 de anchura, siendo ésta la absolutamente necesaria para la colocación de las placas inferiores de los cojinetes de apoyo de los tramos. Su fundación se ha hecho por el procedimiento del aire comprimido. Las cámaras de trabajo tienen la misma forma, en planta, que las pilas, y sus dimensiones son 9,40 metros de longitud por 3 metros de anchura y 2,60 metros de altura. La chimenea es circular y central y el cajón exterior de palastro. Las profundidades á que se han fundado las pilas oscilan entre 6,29 metros y 8,63 metros por bajo del nivel de estiaje, resultando una profundidad media de 7,60 metros. El relleno de la cámara de trabajo y chimenea se ha hecho con hormigón hidráulico, y el del cajón superior de mampostería hidráulica. El enrase de cimientos está situado 0,20 metros por bajo del plano de estiaje.

El importe total de las obras, ó sea el presupuesto de contrata, asciende á 1 024.630,09 pesetas, correspondiendo al puente un coste de ejecución material de 862.491,17 pesetas, con arreglo al cual resulta el metro lineal de puente á unas 2.024 pesetas.

Cálculo del puente.

Del proyecto del Sr. Martínez y Sánchez Gijón extracta -
los datos siguientes.

Vigas principales.

Cálculo de esfuerzo.—Veamos en primer lugar el peso constante que han de sostener las vigas. Sobre cada una de las se apoyan 8 viguetas (no haciendo mención de las extremas que gravitan directamente sobre las pilas), con un peso cada una de 727 kilogramos..... 5.816

Cada una sostiene á su vez una carga de 5.800 kilogramos, que hacen..... 126.400

132.216

Se al repartirse entre las dos vigas, da para cada una un peso de..... 66.108

que agregado el peso propio, que supondremos de..... 20.000

da un peso constante total de..... 86.108

Se produce un momento máximo

$$M = \frac{1}{2} 86,108 \times 40 = 430.540 \text{ kilogramos.}$$

Pasemos ahora á ver los esfuerzos producidos por la carga móvil y examinemos los tres casos correspondientes á las tres pruebas.

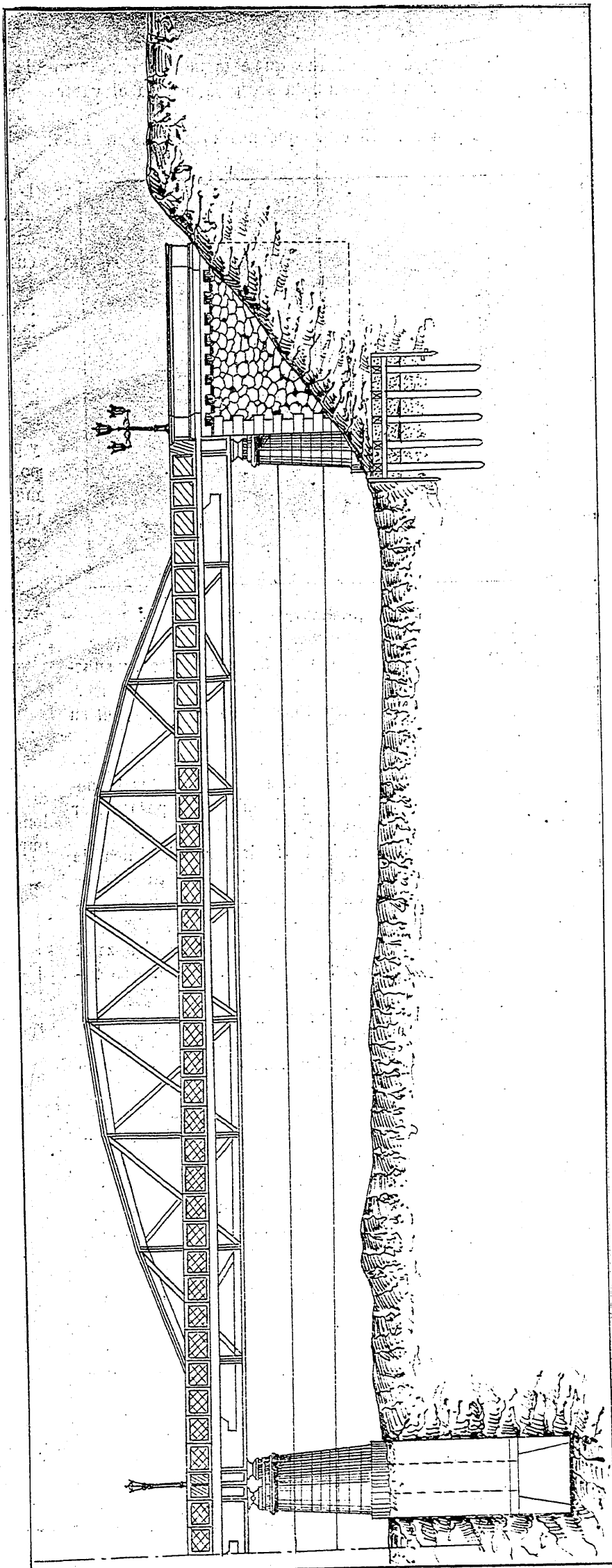
Primera prueba.—Sobre cada viga carga un peso de $100 \times 2,5 \times 40 = 30.000$ kilos, lo que produce un momento máximo de

$$M = \frac{1}{2} 30.000 \times 40 = 150.000 \text{ kilográmetros.}$$

Segunda prueba.—Supondremos el carro tipo de 3 metros de largo con un solo eje, que no se diferencia del adoptado en los textos y cálculos franceses más que en que el tiro le suponemos doble, es decir, que en vez de tres caballos consideramos necesario seis para el arrastre del carro de 9 toneladas, aun así creemos difícil encontrar en nuestro país caballos que desarrollen el esfuerzo que se supone en estos carros tipos, puesto que resulta á 1.500 kilos por caballería; pero como esto favorece al cálculo de resistencia por caber más carros en el puente, supondremos que los caballos empleados son de la raza conveniente, y que, por tanto, cada carro completo ocupa sólo 11,50 metros.

En tales condiciones, caben dentro del tramo de 40 metros 8 carros colocados cada dos en una sola sección transversal, y, por tanto, teniendo sólo cuatro líneas de acción, pues para limitar el número de éstas y facilitar así el cálculo gráfico supondremos sumados al peso del carro los de la tracción que tomaremos de 0,75 toneladas por tronco.

En la figura (1) hemos trazado la línea de máximos momentos flectores en los diversos puntos de la viga deducida del polígono funicular correspondiente, y de mover la carga móvil para deducir la posición que en cada punto elegido de la viga produce el mayor momento. En el cuadro que acompaña á la figura se ve el valor de dicho momento en cada una de las posiciones de la carga para un solo punto, en el que sucesivamente han ido pisando los diferentes vehículos.

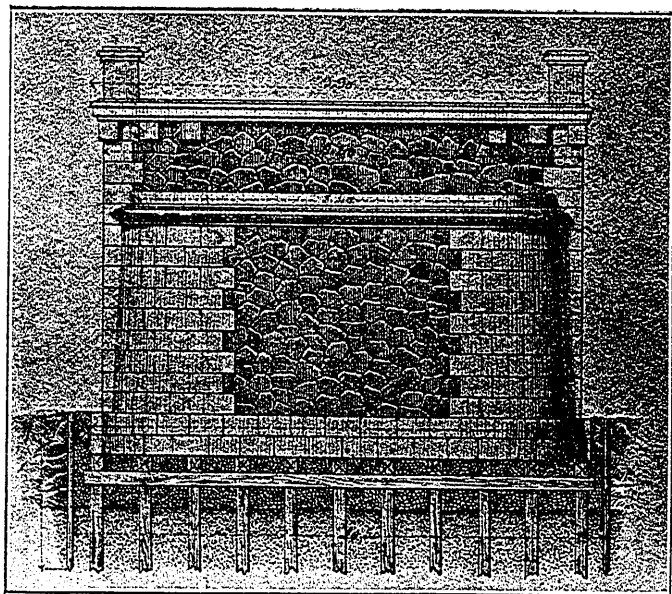


Vista de un tramo.

(1) Las figuras del cálculo gráfico se acompañarán al número próximo.

De la citada curva se deduce que el momento máximo en el centro de la viga toma en esta segunda prueba el valor de $M_2 = 212.000$ kilogramos.

Tercera prueba.—El carro que nos ha servido de base



Frente de un estribo y semipila.

para el cálculo es el de dos ejes separados 3 metros, y suponiendo el mismo esfuerzo de tracción que en el caso anterior, serán necesarios cuatro troncos, ocupando un carro con su motor 17,25 metros.

Análogamente al caso anterior hemos construido el polígono de fuerzas incluyendo en cada una, á más de las 6 toneladas que corresponden á cada eje, la mitad del peso motor total, ó sea 1,50 toneladas por eje.

Construido el correspondiente funicular y la línea de máximos momentos flectores deducida de la figura, resulta para el centro de la viga un valor $M_2 = 192.000$ kilográmetros.

Vemos pues, que con la segunda prueba se alcanza el mayor valor de M_2 , y este será por consiguiente el que tomemos.

Cada viga sostiene además un andén completo, y por consiguiente, á los dos momentos que hemos hallado ya, hay que agregar el producido por aquél con su carga de prueba, ó sean 300 kilos por metro cuadrado.

Según veremos más adelante al describir los andenes, se componen estos de 10 ménsulas (prolongación de las viguetas) con un peso de 156 kilogramos..... 1.560
2 largueros, á 684..... 1.368
40 metros lineales de palastro estirado, á 45.. 1.800
40 ídem íd. de barandilla, á 18..... 720

Total.....	5.448
Más el peso de prueba 40×300	12.000
En total.....	17.448

que da un momento flector

$$M = \frac{1}{8} 17.448 \times 4 = 87.440 \text{ k} \times \text{m.}$$

El momento total será, pues, la suma de los tres momentos debidos á la carga permanente de entramado y firme, á

la carga móvil y al andén, que en este caso tiene un valor de

$$M_T = 430.540 \times 212.000 \times 87.440 = 729.980 \text{ k} \times \text{m.}$$

Á fin de facilitar el cálculo de los diversos esfuerzos á lo largo de las piezas que forman la viga, sustituiremos el peso móvil por uno uniformemente repartido, que será distinto cuando busquemos la equivalencia en momentos flectores y cuando la queramos en esfuerzos constantes.

El peso que produce en el centro de la viga un momento máximo igual al producido por el paso de carros de 9 toneladas será

$$P_m = \frac{8 \times 212.000}{(40)^2} = 1.060 \text{ kilogramos,}$$

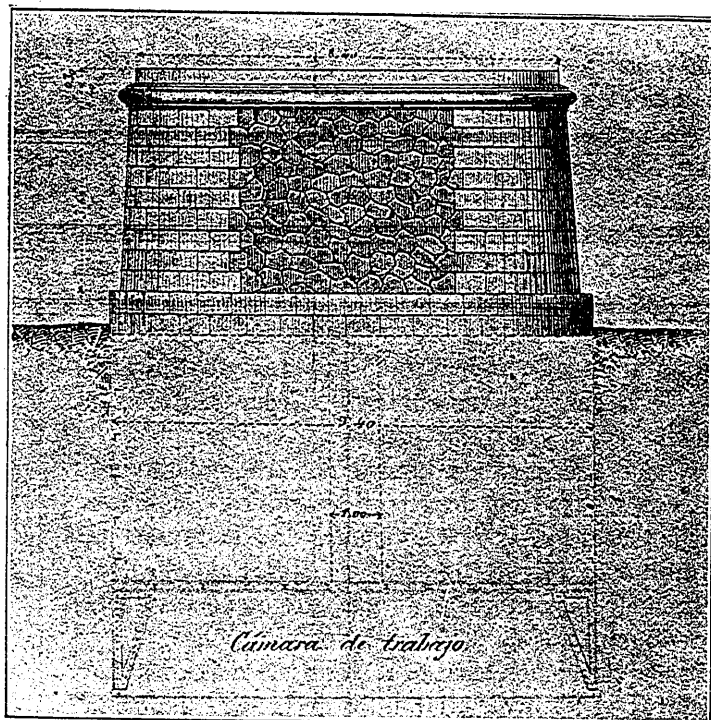
y podemos sin inconveniente sustituirle á la carga móvil porque la curva que hemos hallado anteriormente de momentos máximos, coincide sensiblemente en una gran longitud de viga con la parábola correspondiente al peso uniforme y se separa muy poco de ella en una pequeña longitud.

El peso uniformemente repartido que produce el mismo esfuerzo constante máximo que la carga móvil, tendrá por expresión

$$P_e = \frac{2 \times 22.500}{40} = 1.125 \text{ kilos.}$$

CÁLCULO DE LAS LONGITUDES DE LAS PIEZAS

Sabemos que en un puente parabólico los esfuerzos en las diversas piezas que le componen son proporcionales á su longitud tomada de nudo á nudo y por lo tanto es de gran importancia determinar la magnitud exacta de las piezas.



Alzado lateral de una pila.

Por más que en una escala apropiada puede apreciarse bien las diferentes longitudes, hemos querido comprobar numéricamente los resultados obtenidos en el dibujo y hemos calculado las dimensiones en el supuesto de dar á la viga en su

centro una altura de seis metros y colocar los montantes á 4,50 metros unos de otros.

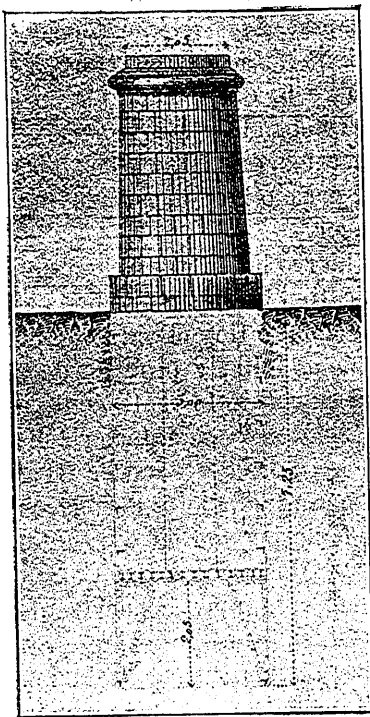
Montantes.—Fórmula general $h_m = \frac{4m(N-m)}{N-1} h$.

Números 1 y 8..... $h_1 = 2,40$

2 y 7..... $h_2 = 4,20$

3 y 6..... $h_3 = 5,40$

4 y 5. $h_4 = 6,00$



Frente de una pila.

Cabeza superior.—Fórmula $l_m = \sqrt{(h_m - h_{m-1})^2 + l^2}$.

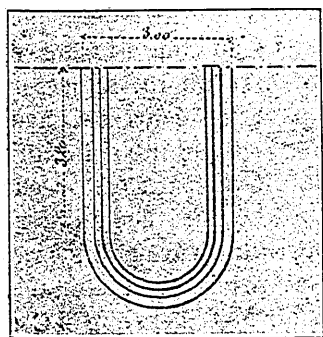
Lados 1 y 9..... $l_1 = 5,10$

2 y 8..... $l_2 = 4,85$

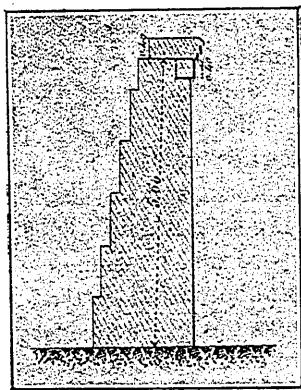
3 y 7..... $l_3 = 4,65$

4 y 6..... $l_4 = 4,57$

5..... $l_5 = 4,50$



Planta de media pila.



Sección de los muros de acompañamiento

Diagonales.—Fórmula $ld_m = \sqrt{h_m^2 + l^2}$.

1 y 8..... $ld_1 = 5,10$

2 y 7..... $ld_2 = 6,15$

3 y 6..... $ld_3 = 7,03$

4 y 5..... $ld_4 = 7,50$

Determinadas ya las longitudes pasemos á calcular los esfuerzos en las diversas piezas y ante todo veamos cuál es el peso total por metro lineal de viga. Vimos que el peso constante debido al entramado del puente y vigas, era de..... 86.108 kg. y el debido al andén..... 5.488

que hacen un total constante de..... 91.596

equivalente á un peso de 2.290 kg. por metro lineal.

Hemos visto también que para el cálculo de las cabezas en que sólo se tienen en cuenta momentos flectores, había que considerar una sobrecarga por metro lineal de 1.060 kilogramos, luego el peso total por metro

$$P_e = 2.290 + 1.060 = 3.350 \text{ k}$$

nos servirá para el peso de las cabezas: el peso

$$P_m = 2.290 + 1.125 = 3.415 \text{ k.}$$

será utilizable para el cálculo de los montantes y

$$P_d = 1.125 \text{ k.}$$

para las diagonales, puesto que éstas no resisten nada del peso permanente.

Con los anteriores pesos por metro lineal tendremos tres valores correspondientes para el peso que gravita sobre cada nudo, y serán respectivamente

$$P_e = 3.350 \times 4,5 = 15.075 \text{ k}$$

$$P_m = 3.415 \times 4,5 = 15.368$$

$$P_d = 1.125 \times 4,5 = 5.062$$

hallados los cuales calcularemos muy brevemente los esfuerzos.

(Se continuará.)

CARRETERAS

El Congreso de carreteras.

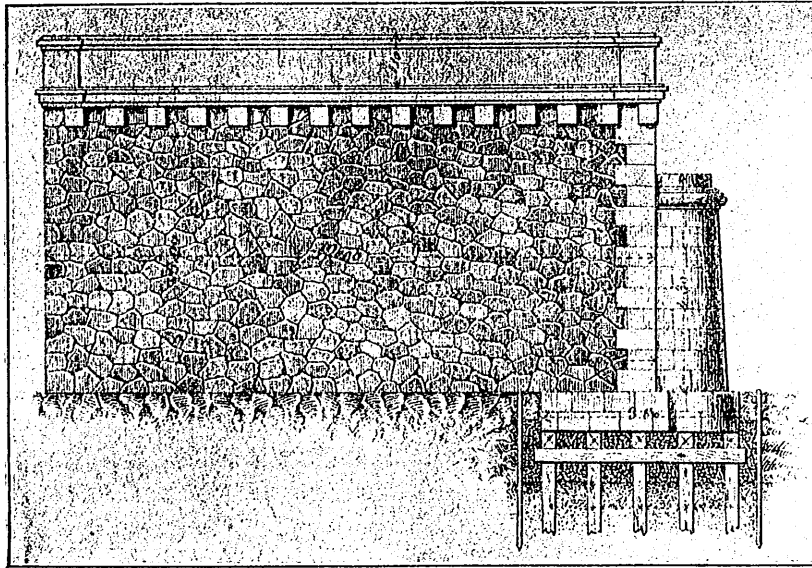
«Et, pour sauver la route, éviter la routine!»

(De la poesía recitada por Mme. Bartet en la Comédie-Française, en la función de gala celebrada en honor de los congresistas.)

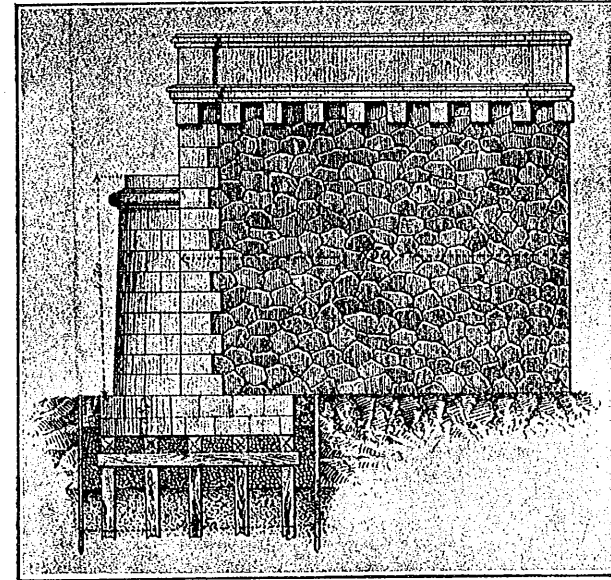
No es mi propósito describir en este artículo lo que ha sido el Congreso de la carretera, ni tratar de sus consecuencias. Sólo me propongo exponer algunos juicios particulares que me ha sugerido mi asistencia al Congreso.

Extensos son los dominios de la rutina en el mundo, de su señorío no se libran ni los países más cultos y adelantados; pero en el nuestro tiene poder tan fuerte, que es una de las causas primordiales de nuestro atraso. Hasta por rutina se atribuye éste á otros motivos cuando ella misma produce el daño é impide el remedio. En el servicio de Obras públicas tanto arraigo tiene, que ha dificultado el progreso de los procedimientos modernos, al menos con la rapidez necesaria para que hoy nos aproximemos siquiera á los sistemas seguidos en el extranjero. Y, á mi juicio, cabe decir que precisamente en el servicio de carreteras, y muy particularmente en cuanto se refiere á la construcción y conservación

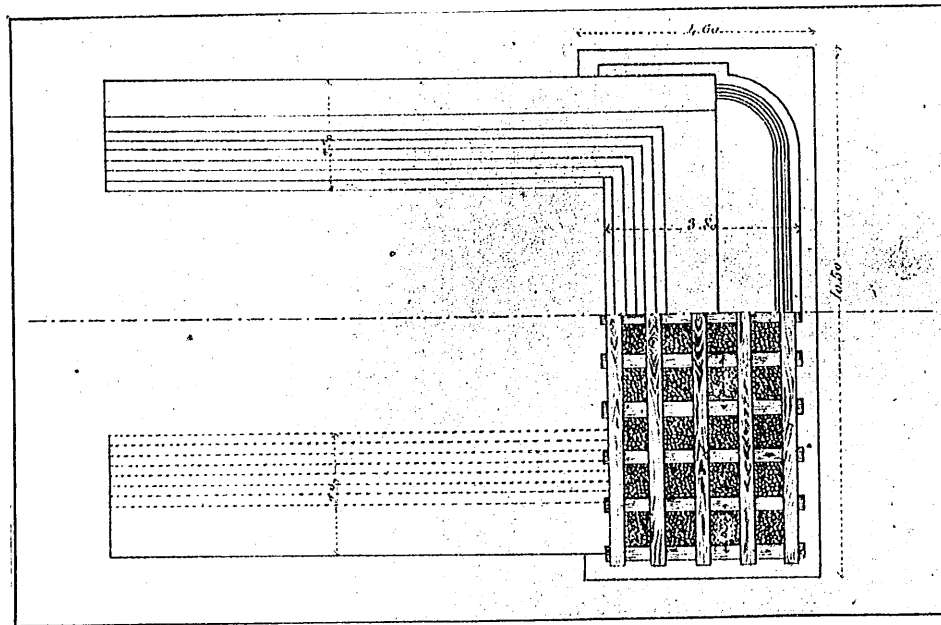
PUENTE DE TALavera



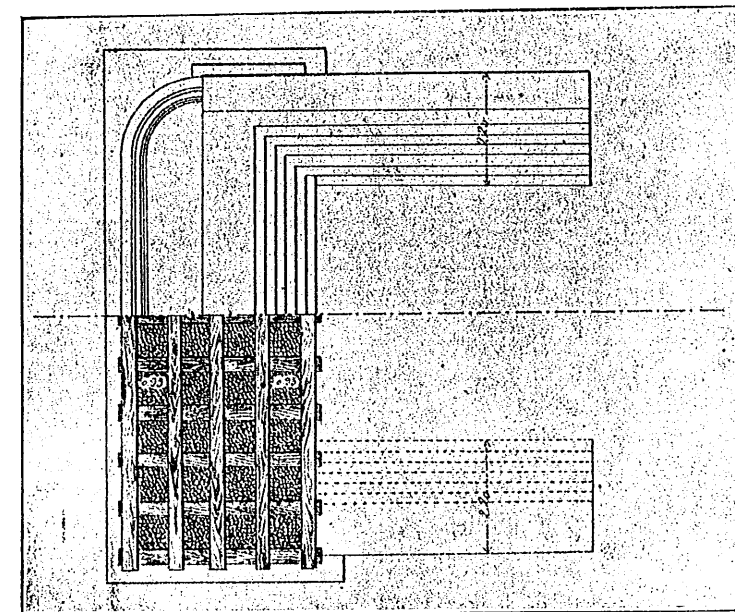
Estribo del lado de Navalmorales y muros de acompañamiento.



Estribo del lado de Talavera y muros de acompañamiento.



Planta del estribo de Navalmorales



Planta del estribo de Talavera.