

PUENTES PROVISORIOS

PARA FERROCARRILES DE TROCHA ANCHA

ESTUDIO JENERAL I APLICACION A UN TIPO DE 48.00 M. DE LUZ TEÓRICA

FOR

RAUL CLARO SOLAR

(Continuacion)

CAPÍTULO SEGUNDO

ESPECIFICACIONES I PRESUPUESTO

§ I. Especificaciones

1. MATERIALES EMPLEADOS.— En conformidad con las conclusiones a que hemos llegado en la primera parte de esta memoria, se han empleado para constituir los diversos elementos del puente los materiales que a continuacion se especifican:

roble-pellin, para los durmientes de la via:

pino oregon, para todas las demas piezas de madera;

fierro elaborado, para los tirantes de las vigas i del contraviento superior, para las diagonales del contraviento inferior i en jeneral para todos los pernos i tornillos empleados;

Fundicion, para los zoquetes.

El puente irá totalmente alquitranado, de acuerdo con las bases jenerales antes establecidas.

2. CUALIDADES DE LOS MATERIALES.—Se atenderá a lo prescrito en las bases jenerales a que nos acabamos de referir.

3. RECEPCION DE LOS MATERIALES.—Se hará tambien de acuerdo con dichas bases i en vista del cuadro de especificaciones que se acompaña en anexo. (*)

4. RECEPCION DE LAS OBRAS.—Nos referimos tambien sobre esta materia a lo establecido en la primera parte de la presente memoria.

(*) No se ha creído necesaria la publicacion de este anexo.

Solo debemos fijar aquí la magnitud de las flechas, en la seccion media del tramo que estudiamos, para los diversos esfuerzos solicitantes.

Hemos hecho el cálculo de dichas flechas en el Capítulo VII de esta segunda parte: él arroja los resultados que siguen:

para el peso muerto solo..... 57 mm.

para el peso muerto i la sobrecarga rodante..... 183 mm.

De acuerdo con lo establecido, las vigas se armarán con una contraflecha en el centro de 18 cms. i de manera que su eje se acerque en lo posible a un arco de círculo. Al terminar la construccion, la contraflecha efectiva en el medio de cada viga debe ser igual a 13 cms., con una tolerancia de 40 % en mas o en ménos.

§ II. Presupuesto

Hemos hecho la cubicacion de los materiales que entran en la construccion del puente, cubicacion cuyo detalle se acompaña en anexo (*). Ella nos permite establecer el presupuesto de las obras.

Debemos observar aquí que los precios unitarios que figuran en dicho presupuesto han sido estudiados prolijamente, partiendo de los precios fijados por los proveedores de los diversos materiales empleados i tomando en cuenta el recargo que experimentan por gastos de preparacion i de transporte. Los resultados así obtenidos se han aumentado en un 15% que se aplica a imprevistos i ganancia del contratista.

Igualmente se ha consultado por separado una partida para armadura i andamios, suponiendo, para avaluar estos últimos, que la obra se ejecute en condiciones ordinarias de trabajo es decir con una altura de andamio inferior a 7,00 m. Como se comprende, la partida de que nos ocupamos es susceptible de modificacion en cada caso de la práctica.

Por fin, réstanos observar que el incremento de los precios unitarios debido a los trasportes se ha establecido sobre la base de que el puente hubiera de construirse en uno de los ferrocarriles que se encuentran en ejecucion en la rejion austral del pais.

El presupuesto de las obras se halla consignado en el cuadro que sigue:

Especificacion de los materiales	Cantidades	Precio unitario	Precio total
Pino oregon..... m ³	154,37	\$ 80,00	\$ 12.349,60
Roble pellín..... m ³	13,77	18,00	247,86
Fierro elaborado..... tons.	27,45	360,00	9.882,00
Fundicion..... tons.	9,79	290,00	2.839,10
Tornillos..... kgs.	360,00	0,60	216,00
Alquitran..... lts.	3.556,00	0,12	426,72
Armadura i andamios..... mts.	50,80	100,00	5.080,00
TOTAL.....			\$ 31.041,28

§ III. Observaciones

1. PESO MUERTO DEL PUENTE POR METRO CORRIDO. —Las especificaciones de los materiales se han establecido consultando las pérdidas por despunte de la madera i otras pequeñas partidas que contribuyen a exajerar el peso muerto de la obra. Por otra parte, figuran en ellas las maderas i fierros de que se formarán los extremos del puente sobre los apoyos.

Resulta de aquí que, al tratar de fijar el peso muerto por metro corrido de puente que debe figurar en el cálculo de las vigas principales, hai necesidad de descontar de los pesos totales que aparecen en la cubicacion las partidas a que se ha hecho referencia. Al mismo tiempo, deberán agregarse a esas cifras las que corresponden al peso de los rieles i accesorios de la via que no se han tomado en cuenta al hacer la cubicacion de los materiales.

Teniendo en vista estas observaciones, se llega a los resultados siguientes:

peso total del tablero.....	55,040 tons.
peso del contraviento superior.....	3,600 »
peso del contraviento inferior.....	5,220 »
peso de las vigas.....	79,870 »
Peso total del puente entre sus apoyos.....	143,730 »

Distribuido este peso en la longitud de 48,00 m. luz teórica del tramo, se obtiene para el peso del metro corrido de puente

$$\frac{143.730}{48} = 2.994 \text{ kilos}$$

2. PRECIO DEL PUENTE POR METRO CORRIDO.—El costo total del puente se eleva a la suma de \$ 31.041,28; como su largo total es de 50,80 m., su valor por metro corrido será:

$$\frac{31.041,28}{50,80} = 611,05 \$$$

SEGUNDA SECCION

CALCULOS JUSTIFICATIVOS

CAPÍTULO I

CÁLCULO DEL TABLERO

Los elementos del tablero cuyo cálculo hacemos en los párrafos que siguen son:
los durmientes;
las longuerinas; i
los travesaños.

§ I.—DURMIENTES

1. DESCRIPCION.—Los durmientes son piezas de roble pellín de 3,60 ms. de largo i de 25 × 15 cms. de escuadría, van espaciados de 0,50 ms. entre ejes; descansan sobre las longuerinas a las cuales se fijan por medio de pernos de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, i reciben los rieles i guarda rieles de la vía.

Como la distancia entre ejes de longuerinas es igual a 2,00 metros i el espesor de estas piezas es de 0,20 ms., quedará entre sus caras interiores un espacio de 1,80 ms. de ancho. Siendo la distancia entre los ejes de los rieles de 1,74 ms., dichos ejes caerán casi a plomo de la cara vertical interior de las longuerinas.

Nos bastará, en consecuencia, calcular la fatiga máxima por cizalle que se produce en dicha seccion bajo la accion de los diversos esfuerzos exteriores. (Fig. 1).

2. ESFUERZOS SOLICITANTES.—Se reducen a la locomotora del tren tipo con ejes recargados de 4 toneladas, pues el precio muerto es despreciable.

La sollicitacion mas desfavorable corresponderá al momento en que un eje de 18 toneladas cae a plomo del durmiente. Entónces el esfuerzo de corte máximo será igual a

$$\frac{18.000}{2} = 9.000 \text{ k.}$$

3. TASA DE TRABAJO.—La seccion transversal del durmiente es de

$$25 \times 15 = 375 \text{ cms.}^2$$

luego la tension máxima de cizalle valdrá:

$$\frac{3}{2} \times \frac{9000}{375} = 36 \text{ k/cm.}^2$$

§ II.—LONGUERINAS

1. DESCRIPCION.—Los durmientes descansan directamente sobre dos filas de longuerinas de 20 × 35 cms de escuadría, cuya distancia entre ejes es igual a 2,00 ms. Las longuerinas se apoyan a su vez en los travesaños espaciados de 1,50 ms. entre ejes, de manera que constituyen piezas sobre varios apoyos; pero, para mayor seguridad, nos limitaremos a estudiarlas como si estuviesen simplemente apoyadas en sus extremos, la longitud de las piezas que vamos a calcular será por consiguiente igual a 1,50 ms.;

2. ESFUERZOS SOLICITANTES. — Las fuerzas exteriores que sollicitan a las longuerinas son:

a) *El peso muerto.*—Este peso se establece como sigue (fig. 2):

$$\text{longuerina: } 1,50 \times 0,20 \times 0,35 \times 700 = 73,5 \text{ k.}$$

$$\text{durmiente: } \frac{1}{2} \times 3 \times 3,60 \times 0,15 \times 0,25 \times 1000 = 202,5 \text{ »}$$

$$\text{riel i guarda riel: } 2 \times 1,50 \times 38,5 = 115,5 \text{ »}$$

$$\text{accesorios, etc.} = 8,5 \text{ »}$$

$$\text{total.....} = 400 \text{ »}$$

El momento debido al peso muerto será máximo en el medio de la pieza i tendrá por valor:

$$\frac{1}{8} \times 4,00 \times 1,50 = 7.500 \text{ k/cms.}$$

b) *La carga rodante.*— Consideremos el caso mas desfavorable en que un durmiente cae en el medio de una longuerina.

La solitacion será la de la figura 3.

El momento máximo se producirá en el medio de la longuerina i valdrá:

$$\frac{1}{4} \times 9000 \times 150 = 337.500 \text{ k. cms.}$$

c) *Viento.*— Como siempre, consideramos la accion del viento sobre el tren como si este fuera un rectángulo lleno de 3,00 ms. de altura cuyo centro de gravedad estuviera a 2,00 ms. por encima del riel.

Hemos calculado gráficamente la parte de ese rectángulo que los montantes i diagonales de la viga del lado del viento cubren; la superficie cubierta es igual a 0,5175 ms.² por metro corrido de tren.

Segun esto, la presion del viento que debemos considerar será:

$$150 (3 - 0,5175) \times 150 = 559 \text{ k.}$$

Este esfuerzo tratará de hacer deslizar el tren en el sentido horizontal i ademas de volcarlo en torno del riel opuesto. Equiparando para nuestro estudio el eje del riel con el de la longuerina correspondiente, vemos que la accion del viento sobre el tren se traducirá por un esfuerzo horizontal de 559 kgs. que tenderá a flexionar las longuerinas en su misma direccion i por un par $559 \times 2,45$; este par desarrollará sobre las longuerinas un par ideal de fuerzas V que tendrán como resultado recargar la longuerina A i descargar la B (Fig. 4). Las fuerzas V de que se trata valdrán:

$$V = \frac{559 \times 2,45}{2} = 685 \text{ k.}$$

Resulta de aquí que la accion del viento sobre el tren se traduce para la longuerina A en:

un esfuerzo horizontal de 559 k.

» » vertical de 685 »

En realidad, el primero obra sobre el conjunto de ambas longuerinas que, consideradas en combinacion con los durmientes, formarian una viga horizontal que resistiria tales esfuerzos; pero creemos prudente admitir que, en un momento dado, todo ese esfuerzo puede obrar sobre una sola longuerina.

El momento máximo debido al esfuerzo vertical vale:

$$\frac{1}{4} \times 685 \times 150 = 25.692 \text{ k. cms.}$$

En cuanto al esfuerzo horizontal, que hemos considerado aplicado en el eje de la seccion media de la longuerina, da un momento máximo de:

$$\frac{1}{4} \times 559 \times 150 = 20.962 \text{ k. cms.}$$

d) *Lacet*.—Este movimiento se traduce por un esfuerzo horizontal aplicado en el medio de la longuerina e igual a:

$$0,10 \times 9000 = 900 \text{ k.}$$

El momento máximo que le corresponde valdrá:

$$\frac{1}{4} \times 900 \times 150 = 33.750 \text{ k. cms.}$$

3. TASAS DE TRABAJO.—Considerando la accion simultánea de los diversos esfuerzos solicitantes, vemos, por el estudio anterior, que la longuerina se encuentra solicitada por esfuerzos horizontales i verticales.

Es fácil darse cuenta de que, produciéndose simultáneamente ambas solicitaciones, habrá en la longuerina dos fibras extremas opuestas segun una diagonal para las cuales se sumarán los trabajos máximos por estension o compresion correspondientes a los esfuerzos verticales i horizontales; del mismo modo, hácia el eje de la pieza habrá una fibra para la cual se sumarán los deslizamientos producidos por los esfuerzos de corte.

a) *Trabajo por flexion*.—El módulo de fleccion de la longuerina segun el eje *XX* (fig. 5.), tomando en cuenta un agujero de 2,5 cms. de ancho para el perno que la une con el durmiente, vale:

$$\frac{1}{6} (20 - 2,5) \overline{35}^2 = 3573 \text{ cm.}^3$$

Ese mismo módulo segun el eje *YY* es igual a:

$$\frac{1}{6} 35 \times 20 \overline{2}^2 = 2333 \text{ cm}^3$$

Segun esto los trabajos por fleccion valen:

para las fuerzas verticales:

$$\text{peso muerto: } \frac{7500}{3573} = 2,09 \text{ k/cm}^2$$

$$\text{sobrecarga rodante: } \frac{337500}{3573} = 94,46 \text{ »}$$

$$\text{viento (ac. vertical): } \frac{25692}{3573} = 7,19 \text{ »}$$

para las fuerzas horizontales:

$$\text{viento (ac. horizontal): } \frac{20962}{2333} = 8,98 \text{ »}$$

$$\text{lacet:} \quad \frac{33750}{2333} = 14,47 \quad \gg$$

b) *Trabajo por cizalle.*—La seccion trasversal de la longuerina es igual a:

$$35 \times 20 = 700 \text{ cms.}^2$$

Como se trata de una seccion rectangular, el trabajo máximo por cizalle será, para un esfuerzo de corte T :

$$\theta_{\text{máx.}} = \frac{3}{2} \frac{T}{700}$$

Para las fuerzas verticales:

$$\text{peso muerto:} \quad \frac{3}{2} \frac{200}{700} = 0,43 \text{ k/cm}^2$$

$$\text{sobrecarga rodante:} \quad \frac{3}{2} \frac{4500}{700} = 9,64 \quad \gg$$

$$\text{Viento (ac. vertical):} \quad \frac{3}{2} \frac{343}{700} = 0,73 \quad \gg$$

Para las fuerzas horizontales:

$$\text{viento (ac. horizontal):} \quad \frac{3}{2} \frac{280}{700} = 0,60 \quad \gg$$

$$\text{lacet:} \quad \frac{3}{2} \frac{450}{700} = 0,96 \quad \gg$$

c) *Resúmen.*—En el cuadro siguiente hemos resumido las tasas de trabajo que corresponden a los diversos esfuerzos solicitantes.

ESFUERZOS	TASAS DE TRABAJO EN K/CM ²	
	POR FLEXION	POR CIZALLE
Peso muerto i sobrecarga rodante	96,55	10,07
Viento (ac. vertical).....	7,19	0,73
» (ac. horizontal).....	8,98	0,60
Lacet.....	14,47	0,96
TOTALES.....	127,19	12,36

(Continuará)



Puentes provisionales para ferrocarriles de trocha ancha

Raul Claro Solar

