PUENTES PROVISORIOS

PARA FERROCARRILES DE TROCHA ANCHA

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

POR

RAUL CLARO SOLAR

(Continuacion)

§ III.—Travesaños

1. DESCRIPCION.—Los travesaños son piezas de madera de 40×45 cms. de escuadría, que van colgadas por sus estremos de las vigas principales. Consiraderemos como luz de estas piezas la distancia entre los tirantes intermedios de suspension, que es igual a 5,07 ms. (fig. 6).

2. ESFUERZOS SOLICITANTES.—*a) Peso muerto.*—El peso muerto se compone: de una carga uniformemente repartida debida al travesaño i cuyo valor es

$$0{,}40 \times 0{,}45 \times 700 = 126 \text{ k/m.c.;}$$

de dos fuerzas aisladas trasmitidas por las longuerinas i que valen, segun hemos calculado anteriormente, 400 k. cada una.

El estado de solicitacion del travesaño para el peso muerto, prescindiendo de los trozos de pieza volados, será el que indica la fig. 7.

El momento máximo en el centro valdrá:

$$719{,}41 \times \frac{507}{2} + 400 \times 100 + \frac{1}{2} \times 1{,}26 \times \left(\frac{507}{2}\right)^2 = 10.885 \text{ k. cms.}$$

En cuanto al esfuerzo de corte máximo, que hemos anotado en la fig. 7, vale 719,41 k.

b) Sobrecarga rodante.— La accion de la locomotora se trasmite al travesaño por intermedio de las longuerinas. La solicitacion mas desfavorable corresponderá al caso en que un eje de 18 toneladas caiga a plomo del travesaño, obteniéndose entónces la reparticion de esfuerzos que detalla la fig. 8.

Como se ve, las dos ruedas inmediatas dan sobre el travesaño central una reaccion igual a:

$$2 \times \frac{9.000 \times 0{,}20}{1{,}50} = 2.400 \text{ k.}$$

i la reaccion total de esta longuerina sobre el travesaño será pues:

$$9.000 + 2.400 = 11.400 \text{ k.}$$

El estado de solicitacion de éste será el de la fig. 9 i el momento máximo en la zona central valdrá:

$$11.400 \times 153{,}5 = 1.749.900 \text{ k. cms.}$$

El esfuerzo de corte máximo en el apoyo vale 11.400 k.

c) Accion del viento.—Al calcular la longuerina vimos que la reaccion debida al viento se descomponia en un esfuerzo horizontal i un par vertical; podemos despreciar el primero, cuyo efecto sobre el travesaño es inapreciable, i tomar en cuenta solo el par, cada una de cuyas fuerzas vale 685 k.

El estado de solicitacion ideal debido al viento será el de la fig. 10 i el momento máximo valdrá:

$$270 \times 153{,}5 = 41.445 \text{ k. cms.}$$

El esfuerzo de corte en el apoyo vale 270 k.

d) Lacet.—Hemos visto que el esfuerzo horizontal que por esta causa se ejerce sobre una longuerina es de 900 k.; su insignificancia nos ahorra tomarlo en cuenta para el cálculo de los travesaños.

3. TASAS DE TRABAJO. *a) Trabajo por flexion.*—El módulo de flexion del travesaño segun el eje XX (fig. 11), tomando en cuenta un agujero de 3,2 cms. de ancho para un perno de union con la longuerina, lo que es mui desfavorable, vale:

$$\frac{1}{6}\left(40 - 3{,}2\right) 45^2 = 12.420 \text{ cm.}^3$$

Por otra parte los momentos de flexion calculados anteriormente lo han sido en la hipótesis de que el travesaño descanse libremente por sus estremos; ahora bien, existe casi un empotramiento, i es natural reducir el momento en consecuencia.

Recordemos que, cuando hai empotramiento, el momento máximo debido a una carga aislada P en el medio de una pieza de luz L es la mitad del que corresponde al apoyo. Suponiendo un estado intermedio entre el empotramiento i el apoyo, ese momento máximo podria espresarse por:

$$\frac{1}{2}\left(0{,}25\, P\, L + 0{,}125\, P\, L\right) = 0{,}1875\, P\, L$$

siendo un 25 % menor que el debido al apoyo.

Partiendo de estas observaciones, creemos prudente reducir en un 20 °/₀ los momentos calculados, lo que equivale a multiplicar por $\frac{4}{5}$ las tasas de trabajo correspondientes.

Según esto, los trabajos por flexion valen:

peso muerto: $\frac{4}{5} \times \frac{101.885}{12.420} = 6{,}56$ k./cm.²

sobrecarga rodante: $\frac{4}{5} \times \frac{1.749.900}{12.420} = 112{,}71$ k./cm.

viento (ac. vertical): $\frac{4}{5} \times \frac{41.445}{12.420} = 2{,}67$ k./cm.²

b) *Trabajo por cizalle.*—La seccion transversal del travesaño es igual a

$$40 \times 45 = 1.800 \text{ cm.}^2$$

Aplicando la fórmula

$$\theta_{máx.} = \frac{3}{2} \times \frac{T}{1800}$$

tendremos:

peso muerto: $\frac{3}{2} \times \frac{719{,}41}{1800} = 0{,}60$ k./cm.²

sobrecarga rodante: $\frac{3}{2} \times \frac{11.400}{1.800} = 9{,}55$ k./cm²

viento (ac. vertical): $\frac{3}{2} \times \frac{270}{1800} = 0{,}23$ k./cm.²

c) *Resúmen.*— En el cuadro siguiente hemos reunido 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	119,27	10,15
Viento (ac. vértical)	2,67	0,23
TOTALES	121,94	10,38

CAPITULO II

CÁLCULO DE LAS VIGAS PRINCIPALES

§ I. Esfuerzos solicitantes

Creemos conveniente precisar desde luego la intensidad de las acciones esteriores que se ejercerán sobre las vigas.

1. PESO MUERTO.—Comprende el peso del tablero, el de los contravientos i el peso propio de las vigas principales.

La cubicacion de un ante-proyecto nos hizo fijar en 3000 k. el peso muerto por metro corrido de puente. Despues de terminado el proyecto, se ha podido establecer el peso muerto efectivo que vale 2994 k., lo que confirma la exactitud de nuestros cálculos.

Tenemos así fijado en 1500 k. el peso muerto por metro corrido de viga.

2. SOBRECARGA RODANTE.—En la primera parte de esta memoria, hemos fijado como sobrecarga rodante el tren tipo propuesto por el señor Huet en su «Norma para los cálculos de los puentes metálicos.»

3. ACCION DEL VIENTO. - Hemos fijado la intensidad del esfuerzo desarrollado por e viento i la manera de avaluar las superficies sobre que obra.

Vamos, ahora, a apreciar esos esfuerzos numéricamente.

a) Puente sin sobrecarga.—El esfuerzo del viento, que hemos estimado en 250 k./m², se ejerce sobre las vigas i sobre los travesaños del puente.

La superficie que las vigas presentan a su accion se calcula por la fórmula:

$$F = \left(F'_t - F'_v\right) + \left(F''_t - F''_v\right)\frac{F'_v}{F'_t}$$

En el caso considerado:

$$F'_t = F''_t$$
$$F'_v = F''_v$$

Ademas hemos calculado

$$F'_t = 306{,}00 \text{ m}^2$$
$$F'_v = 214{,}85 \text{ m}^2$$

Luego:

$$F = 91{,}15 + 91{,}15\frac{214{,}85}{306} = 155{,}14 \text{ m}^2$$

o sea por metro corrido de puente:

$$\frac{155{,}14}{48} = 3{,}232 \text{m}^2$$

La superficie de las puntas de los travesaños es igual a 5,76 m² o sea por metro corrido de puente:

$$\frac{5{,}76}{48} = 0{,}120 \text{ m}^2$$

Segun esto tendremos para la presion del viento:

sobre las vigas:	$3{,}232 \times 250 = 808$ k /mc.
» los travesaños	$0{,}120 \times 250 = 30$ »

b) Puente con sobrecarga.—Como en el caso anterior, i prescindiendo por el momento de la carga rodante, tendremos como valores de las superficies espuestas al viento:

para las vigas	3,232 m²/mc.
» los travesaños	0,120 »

Calculemos ahora la influencia del tren considerada en relacion con el impulso del viento.

Para esto equiparamos al tren con un rectángulo lleno, contínuo, de 3,00 m. de altura, cuyo centro de gravedad se encuentra a 2,00 m. por encima de los rieles; debemos ademas tener en cuenta que la viga que da frente al viento cubrirá parte de la superficie del tren i que esta última cubrirá a su vez parte de la otra viga.

Una construccion gráfica nos ha permitido obtener, como término medio, para la superficie del tren protejida de la accion del viento por los montantes i diagonales de la viga:

$$\frac{25{,}23}{48} = 0{,}525 \text{ m.}^2/\text{m. c.}$$

de modo que la superficie de tren espuesto al viento es:

$$3 - 0{,}525 = 2{,}475 \text{ m.}^2/\text{m. c.}$$

Por otra parte, como acabamos de verlo, la porcion de viga del lado opuesto al viento, que el tren tapa, vale:

$$0{,}525 \text{ m.}^2/\text{mc.}$$

Como, al apreciar la superficie de vigas espuestas al viento, hemos prescindido de la presencia del tren, al considerar a éste será necesario rebajar de aquella superficie la que corresponde a la porcion de viga que el tren cubre, avaluada por supuesto de la misma manera que lo hicimos al calcular la primera; la superficie de que se trata valdrá:

$$0{,}525 \times \frac{214{,}85}{306} = 0{,}369 \text{ m.}^2 \text{ m. c.}$$

Por convenir asi al procedimiento de cálculo que mas adelante hemos adoptado, vamos a tomar en cuenta esta reduccion de superficie espuesta al viento como una accion negativa, móvil con el tren; en otros términos, vamos a admitir que la superficie del tren espuesta al viento vale:

$$2{,}475 - 0{,}369 = 2{,}106 \text{ m.}^2/\text{m. c.}$$

Esta manera de apreciar la descarga de que se trata no es rijurosa por cuanto tiene como consecuencia no descargar el contraviento superior de las vigas, que en realidad es descargado por ella, i descargar demasiado el inferior; pero la poca importancia de dicha descarga, i el deseo de simplificar los cálculos nos han hecho aceptar la hipótesis espuesta mas arriba.

De lo anterior se deduce que la presion del viento con el puente cargado vale:

sobre	las vigas:	$3{,}232 \times 150 = 485{,}0$ k/m. c.
»	los travesaños:	$0{,}120 \times 150 = 18{,}0$ »
»	el tren:	$2{,}106 \times 150 = 315{,}9$ »

Por fin, i aparte de estas acciones, la presion del viento sobre el tren tiene por efecto recargar la viga del lado opuesto. Al hacer el cálculo del travesaño, hemos podido ver que el recargo de que se trata vale:

$$\frac{270}{1{,}50} = 180\text{k/m. c.}$$

Esta será una carga móvil que se deberá tomar en cuenta de una manera análoga a como se hará para la carga rodante.

c) Resúmen.—Cuando el puente está descargado, el impulso del viento fatiga esclusivamente a los contravientos superior e inferior, no interesando a las vigas sino en cuanto sus cabezas son, al mismo tiempo, cabezas de dichos contravientos.

Cuando se considera la presencia del tren sobre el puente, las acciones horizontales debidas al viento cargan de igual modo a los contravientos; pero ahora las vigas se encuentran directamente solicitadas por la accion vertical debida al empuje del viento sobre el tren i que vale 180 k/m. c. Mas adelante, al hacer el cálculo de los contravientos, avaluaremos la importancia del trabajo que corresponde a las cabezas de las vigas principales por las circunstancia de ser tambien cabezas de los contravientos.

En el presente capítulo solo estudiaremos el efecto sobre las vigas de la accion vertical debida al viento, a que nos acabamos de referir.

4. LACET.—Segun hemos dicho, lo estimamos en 5 % de la carga rodante.

Para calcularlo hemos colocado sobre el puente esta carga de manera a obtener sobre él el mayor peso, lo que se verifica cuando el segundo eje de la primera locomotora del tren tipo cae a plomo de un apoyo.

Entónces el peso de que se trata (fig. 12) es de 260 tons., lo que nos da para el esfuerzo de lacet:

$$\frac{260.000}{48} \times 0{,}05 = 271\text{k/m. c.}$$

Como lo observamos para el empuje horizontal del viento, el lacet fatiga a las vigas solo porque sus cabezas forman parte del contraviento inferior. Avaluaremos, pues, esa fatiga al calcular dicho contraviento; por el momento no tendremos que tomar en cuenta el lacet.

(Continuará)

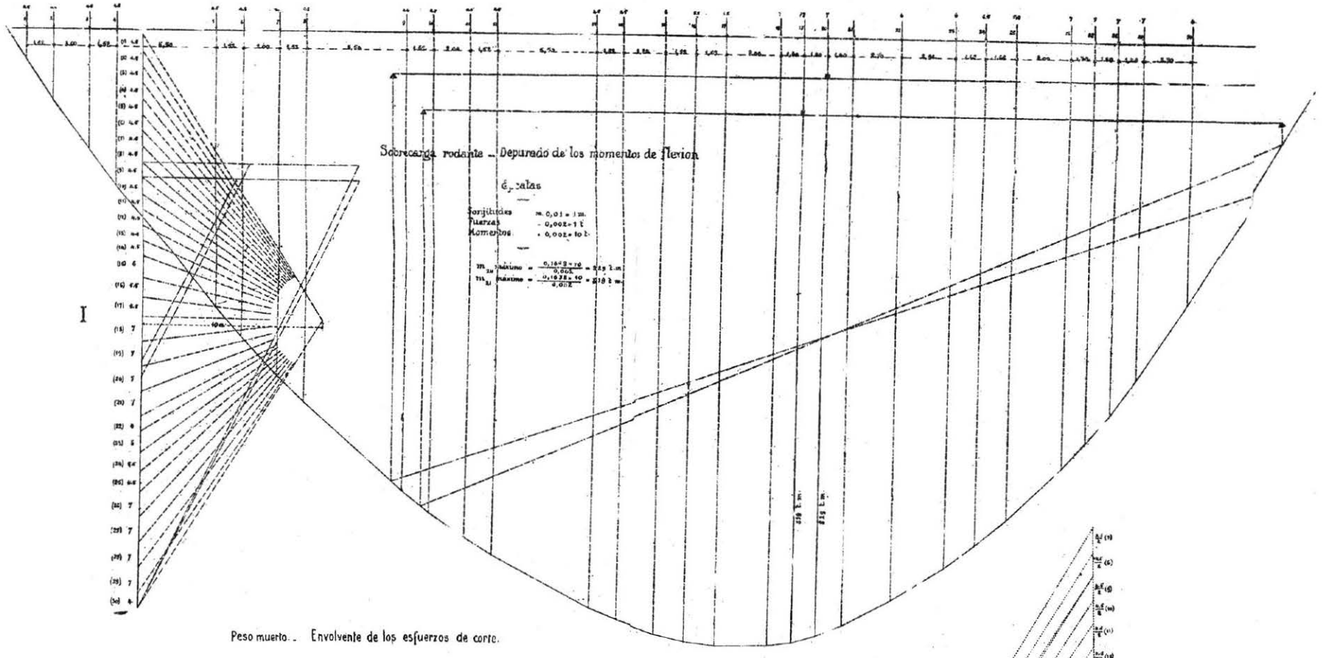
I II III IV V DERIVADOS RELATIVOS A LAS VIGAS

Sobrecarga rodante—Depurado de los momentos de flexion

PUENTES PROVISORIOS PARA FERROCARRILES DE TROCHA ANCHA

Raul Claro Solar

I

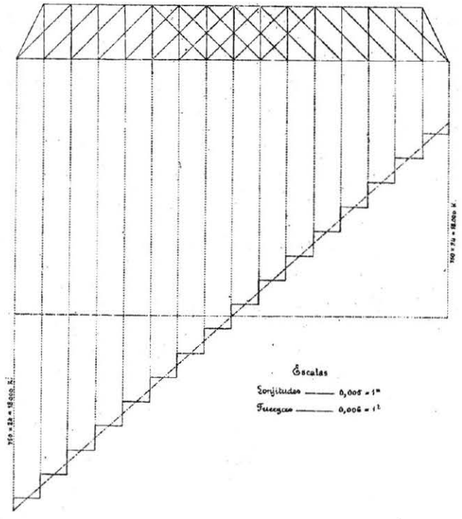


Peso muerto. — Envolvente de los esfuerzos de corte.

Sobrecarga. — Envolvente de los esfuerzos de corte.

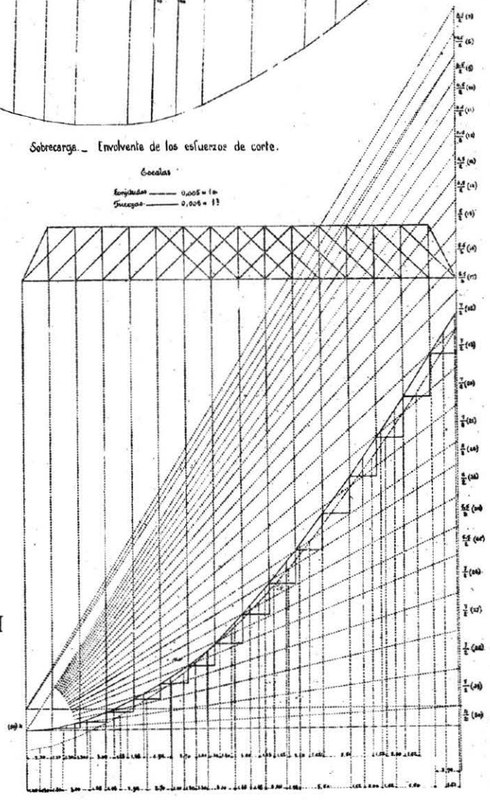
Escalas
Longitudes ..... 0,005 = 1 m
Fuerzas ..... 0,005 = 1 t

II

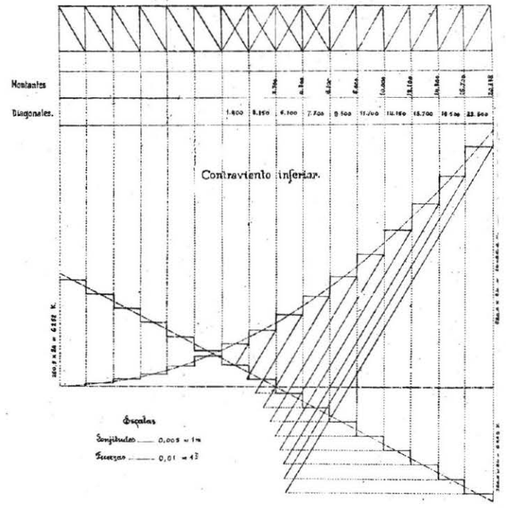


Escalas
Longitudes ..... 0,005 = 1m
Fuerzas ..... 0,005 = 1t

III

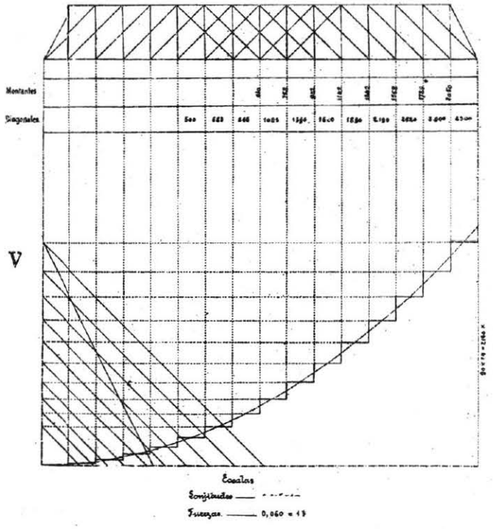


Viento, con sobrecarga y lacet. — Envolvente de los esfuerzos de corte

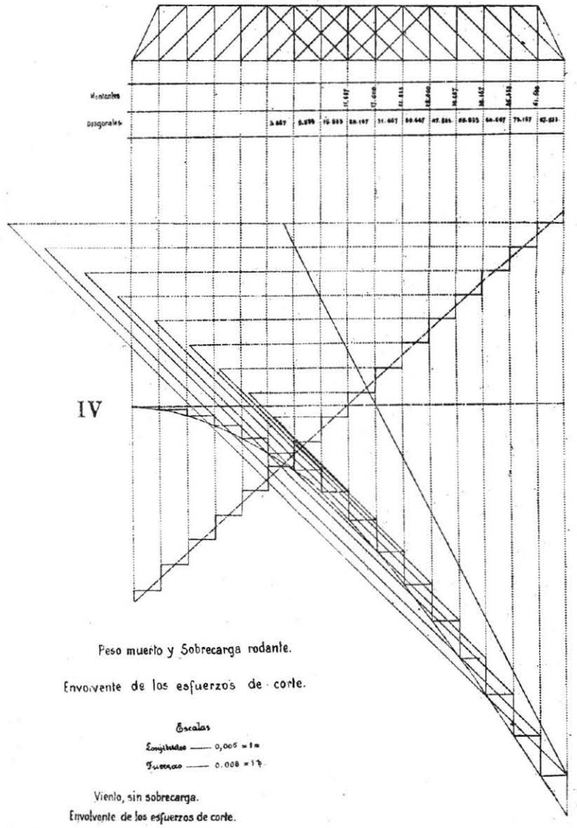


Accion vertical del viento.
Envolvente de los esfuerzos de corte.

V



IV

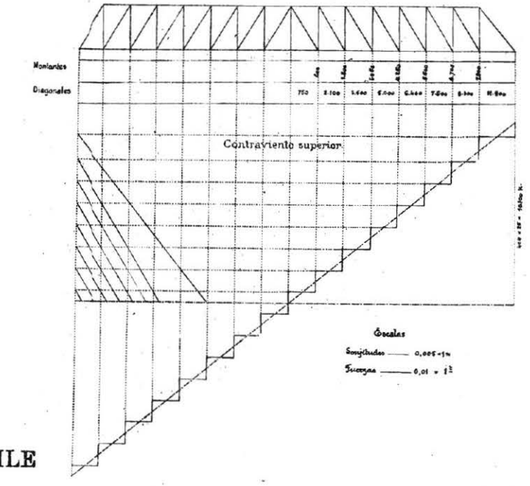


Peso muerto y Sobrecarga rodante.

Envolvente de los esfuerzos de corte.

Escalas
Longitudes ..... 0,005 = 1m
Fuerzas ..... 0,008 = 1t

Viento, sin sobrecarga.
Envolvente de los esfuerzos de corte.

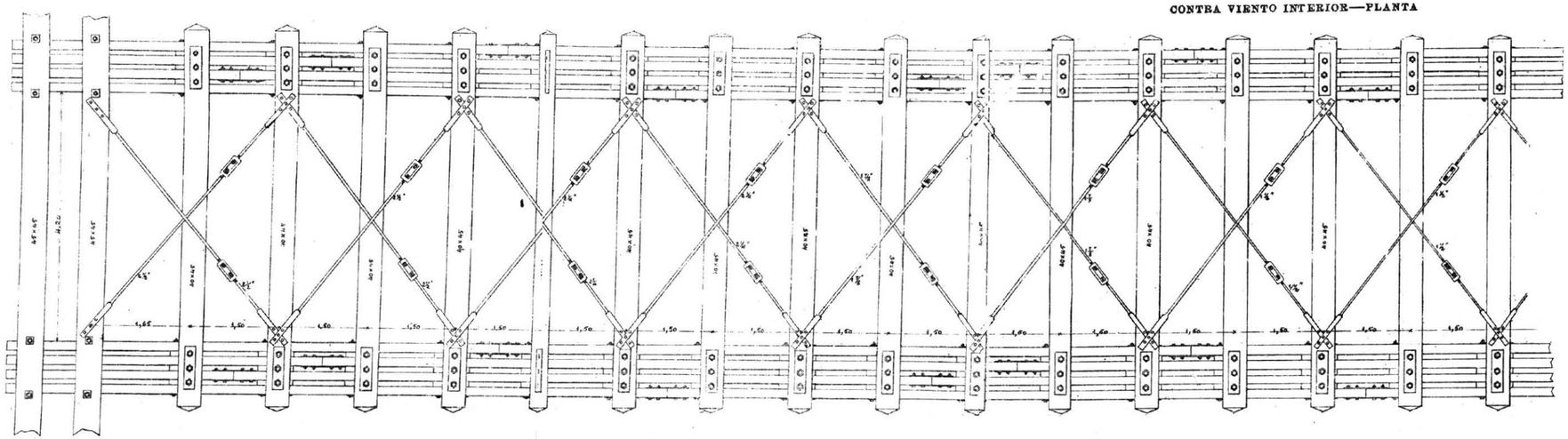


NOTA — Las escalas indicadas corresponden a los depurados orijinales

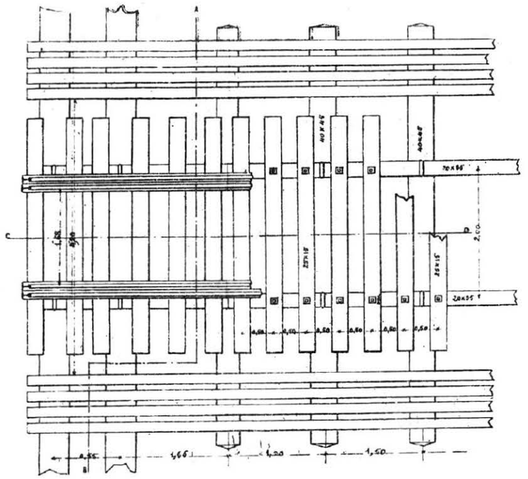
PUENTES PROVISORIOS PARA FERROCARRILES DE TROCHA ANCHA

Raul Claro Zdar

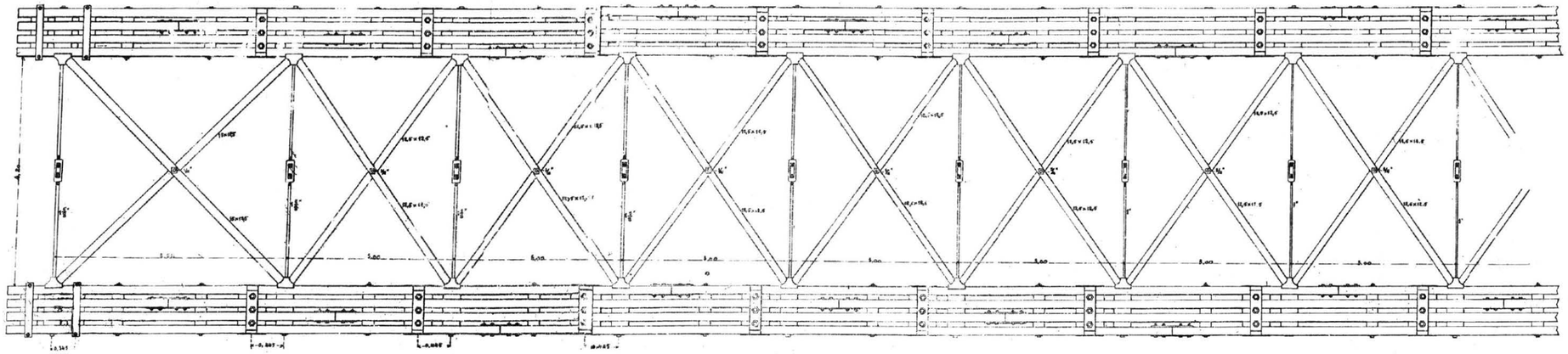
CONTRA VIENTO INTERIOR—PLANTA



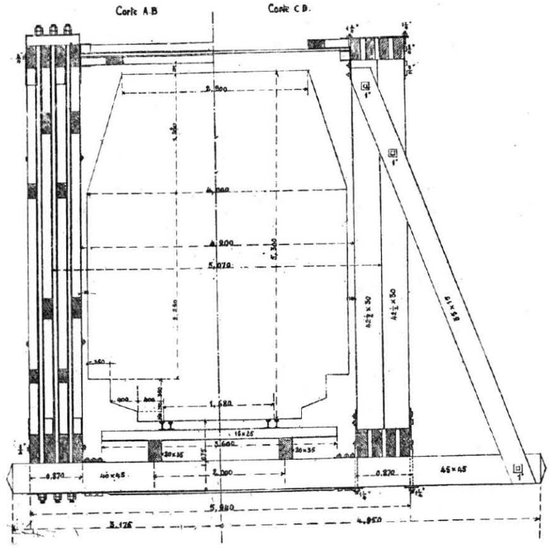
TABLERO—PLANTA



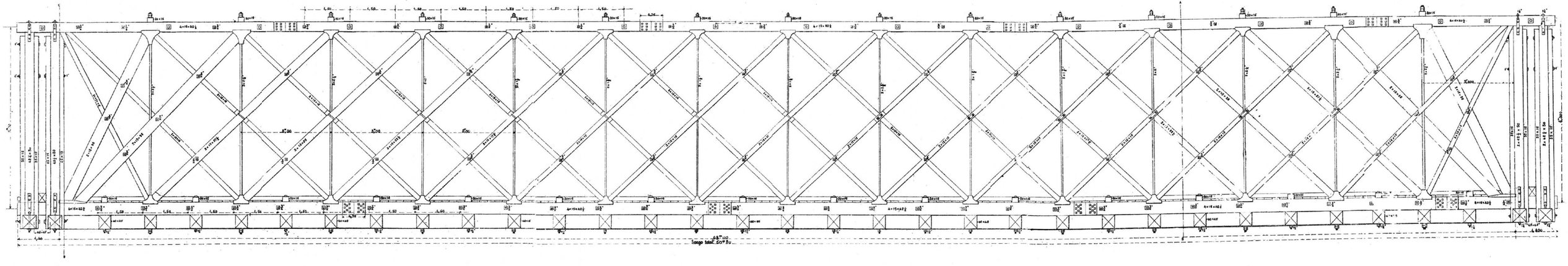
CONTRA VIENTO SUPERIOR—PLANTA



SECCION TRASVERSAL



PUENTES PROVISORIOS PARA FERROCARRILES DE TROCHA ANCHA

Raul Claro Solar

Tramo de 48, 00 m. de luz.—Vista lonjitudinal