

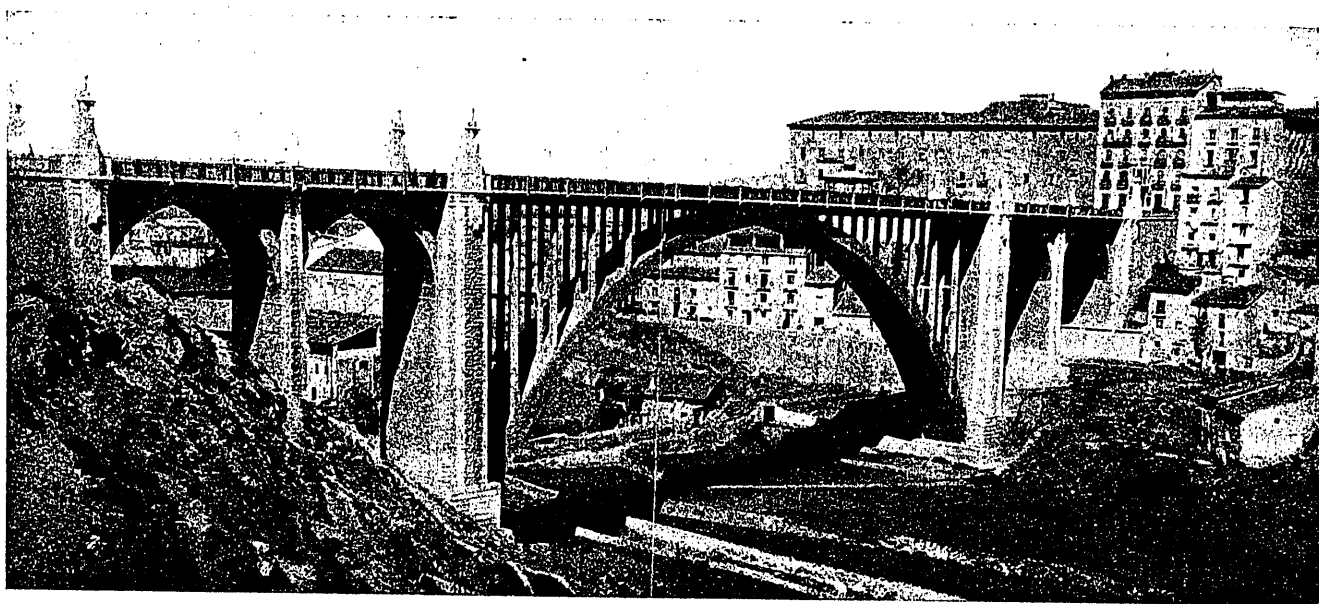
El Viaducto de Teruel

En el número de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS correspondiente al 1.º de mayo de 1928 se publicó un artículo del que suscribe, en el que se daba una idea de la forma y disposición del Viaducto, entonces en construcción, en la variante del kilómetro primero de la carretera de Teruel a Sagunto.

La circunstancia de ser su bóveda principal el arco de hormigón armado de mayor luz construido en España en aquella fecha, y creo que también hasta los

El ancho total entre barandillas es de 8 m, de los que corresponden 5 al firme y 1,50 m a cada uno de los andenes, siendo éstos volados, pues la longitud de cañón de todas las bóvedas, en el trasdós de la clave, es de 5,50 m, teniendo los frentes de dichas bóvedas, como los paramentos de los pilastrones y demás apoyos, el talud de dos centésimas.

Las rasantes están formadas por rampa y pendiente de 0,005, cuyo punto de encuentro y más elevado



Vista general del Viaducto de Teruel

momentos actuales, ha motivado el que se me hayan hecho indicaciones, para mí respetabilísimas, de que amplíe las descripciones contenidas en el citado artículo, dando a conocer mayores detalles de la obra y de su proyecto.

Estos son, pues, el motivo y el objeto del presente escrito, en el que, como sería muy enojoso para el lector ir refiriendo las ampliaciones a cada una de las descripciones antes hechas, de las diferentes partes de la obra, será indispensable incurrir, con respecto a lo dicho en 1928, en numerosas repeticiones.

I

Descripción de la obra

Se compone, según puede apreciarse en el alzado que se representa en la hoja número 1 que se acompaña, de una parte principal o central, constituida por un arco de 79 m de luz y 26,50 de flecha, en su curva de intradós, sobre cuya bóveda se apoya el tablero, por medio de palizadas, descansando los tramos extremos sobre pilastrones que se levantan sobre los estribos del arco, y de otras dos partes laterales, o de avenida, formadas en cada lado por tramos que insisten sobre dos bóvedas de medio punto de 14,40 m de luz.

coincide con el centro de la obra sobre la clave del arco principal.

PARTE CENTRAL.—El arco.—Del proyecto primitivo que redacté en 1920, y cuyas dimensiones principales habían sido tomadas del Viaducto sobre el Sitter construido por Morsch en el cantón de Appenzell, se dibujó la línea media de la bóveda, que me sirvió para el primer tanteo.

Con esta línea media, y tomando espesores que, partiendo de 1,20 m en la clave, llegarán al doble en los arranques, siguiendo una ley lineal, se obtuvieron las curvas de intradós y de trasdós, se establecieron los puntos de carga sobre éste, haciendo la distribución de palizadas, que resultaron separadas de eje a eje 4,80 m, y, por último, se practicó la división en dovelas, por normales a la línea media en los puntos de su intersección con los ejes de las palizadas y con las verticales de los puntos medios de los tramos entre las mismas.

Por otra parte, se fijaron la forma y dimensiones, tanto de las palizadas y tablero, de que más adelante trataremos, como del firme, barandillas y demás.

De esta suerte se pudieron hallar los pesos de las dovelas, teniendo en cuenta las diferentes longitudes motivadas por el talud de los paramentos y las cargas que de un modo permanente se transmiten por las palizadas.

Con estos datos se dedujo la línea de presiones en la bóveda, que, suponiendo fijos los puntos de clave y arranques, no coincidía con la línea media; por lo que, reemplazada ésta por la de presiones hallada, se volvieron a dibujar las curvas de trasdós e intradós y a efectuar las mismas operaciones antes descritas.

Al segundo tanteo la línea de presiones coincidía sensiblemente con la media de la bóveda, y de este modo quedó fija la forma del arco, así como las alturas de las palizadas de apoyo del tablero.

La bóveda principal es, pues, un arco empotrado de 79 m de luz, 26,50 de flecha, 1,20 de espesor en la clave y 2,40 en los arranques, cuya línea media coincide con la de presiones debida a la carga permanente, y los espesores aumentan de la clave a los arranques proporcionalmente a las longitudes medidas sobre la línea media. Por tener los frentes en planos cuyo talud es de dos centésimas, la longitud del cañón varía desde 5,50 m en el trasdós de la clave a 6,608 en el intradós de los arranques.

Los estribos son, en su parte central, de hormigón armado, como la bóveda, lo que constituye el anclaje de ésta, y se completan con mampostería ordinaria en las partes no vistas, paramentándose las que están al exterior con sillería.

Se forman así las dos partes que se aprecian en el dibujo del alzado: la superior a la línea de arranques, que es rectangular, de 11,40 m de longitud en la dirección del cañón, 5,60 de ancho y 4 de altura, revestida en sus paramentos de sillería almohadillada y de cuya arista superior arranca el trasdós de la bóveda, y la inferior, que por el lado del arco retalla 0,40 y de su arista nace el intradós, que tiene sus paramentos revestidos de sillería desbastada de bloques grandes con un talud de un tercio, que lateralmente resalta un metro con el mismo talud, y por la parte posterior presenta escalones que ensanchan la base, de forma que, tanto en la superficie inclinada de su asiento sobre el cimientado de hormigón en masa, como en la de éste sobre el terreno, la curva de presiones pase muy próximamente por el centro, sea normal a las superficies de asiento y produzca sobre el terreno una carga casi uniforme de 3 kg por centímetro cuadrado.

Las armaduras de la bóveda, establecidas en consonancia con los cálculos correspondientes, así como las de los anclajes que aseguran el empotramiento, se representan en la sección de la hoja 2 y están constituidas simétricamente, o sean iguales en el intradós y trasdós.

En uno y otro las barras principales son 18 de 28 milímetros en los anclajes y primer tercio; de 27 en el segundo, y 23 en el tercio central; la equidistancia de las barras va disminuyendo de los arranques a la clave en consonancia con la disminución de longitud del cañón, debida al talud de los paramentos.

Los cambios de sección de las armaduras se establecen de forma que las cuantías estén siempre comprendidas entre 0,0007 y 0,001.

Con la ampliación de sección que las armaduras longitudinales representan se suprimen las tensiones, que sin ellas llegaban en el trasdós de los arranques a 8,26 kg por centímetro cuadrado, y se rebajan las compresiones, que en el trasdós de la clave tenían el máximo de 48,67, de suerte que no llegan para el hormigón a 30 kg ni para la armadura a 450 por centímetro cuadrado.

Los empalmes de las barras, cuyo número se ha re-

ducido todo lo posible, se hacen por yuxtaposición, en una longitud de 50 diámetros, ataduras de alambre y terminación de las barras parciales con sus correspondientes ganchos.

Tanto en el intradós como en el trasdós se colocan barras transversales de repartición con separación de 50 cm y que son de 10 mm de diámetro, excepto en las zonas de apoyo de las palizadas, que son de 18. También se enlazan las armaduras principales con estribos o marcos, como se indica en el dibujo, que comprenden una o dos barras del trasdós e intradós, que van en secciones intermedias a las de las armaduras de repartición y están formados con barras de 8 mm.

En los anclajes se unen las barras de las armaduras con otras horizontales y verticales del modo que indica la figura.

El volumen total de hormigón de la bóveda y sus anclajes es de 1 897,531 m³, y el peso de sus armaduras de 23 798 kg.

LAS PALIZADAS Y EL TABLERO.—Sobre la bóveda insisten seis palizadas a cada lado, distantes de eje a eje 4,80 m, y un relleno en la clave que comprende la longitud de tres espacios iguales a los expresados. Cada palizada se forma por cuatro pilares, de los que los centrales son de sección cuadrada de 0,40 de lado y los exteriores se constituyen por un rectángulo de 0,70 paralelamente al paramento y 0,20 de espesor y dos nervios, de los que el interior es de 0,40 × 0,15 y el exterior de 0,30 × 0,15 en la parte superior, pero en el que la dimensión 0,15 normal al paramento va aumentando con arreglo al talud de dos centésimas, pues la cara anterior de estos nervios exteriores está en el mismo plano del paramento de la bóveda.

A los extremos superiores de los pilares se unen los cuatro largueros del tablero, constituido por éstos y por el correspondiente forjado, que en la parte exterior o volada se apoya también sobre ménsulas que forman la prolongación del nervio exterior de los pilares de las palizadas, teniendo también un larguero exterior unido a los extremos de las ménsulas y que forma la imposta sobre la que va la barandilla.

Los cuatro pilares de cada palizada se unen por su parte superior con un arriostramiento transversal, cuyas armaduras se ligan con las de las ménsulas, y además las dos palizadas extremas de cada lado llevan otra riostra a la altura de los arranques de los arcos laterales y las extremas un zócalo con el ancho de 0,70 y altura tal que reduce la de los pilares a 16 m para evitar efectos de pandeo.

La separación de eje a eje de los largueros exteriores del tablero es de 5 m, y la disposición de éste la que se representa en la sección transversal que se acompaña, y que es en un todo análoga a la de los tramos rectos de modelo oficial.

El cálculo, hecho como pórtico múltiple, de las estructuras formadas por cada larguero del tablero y los pilares correspondientes de las palizadas de apoyo, nos dió los momentos flectores y esfuerzos tangenciales máximos, en los distintos tramos de larguero, así como los momentos flectores y reacciones de los pilares.

Con estos elementos se fijaron para los largueros las armaduras, tanto principales como secundarias, que son las que aparecen en el dibujo correspondiente.

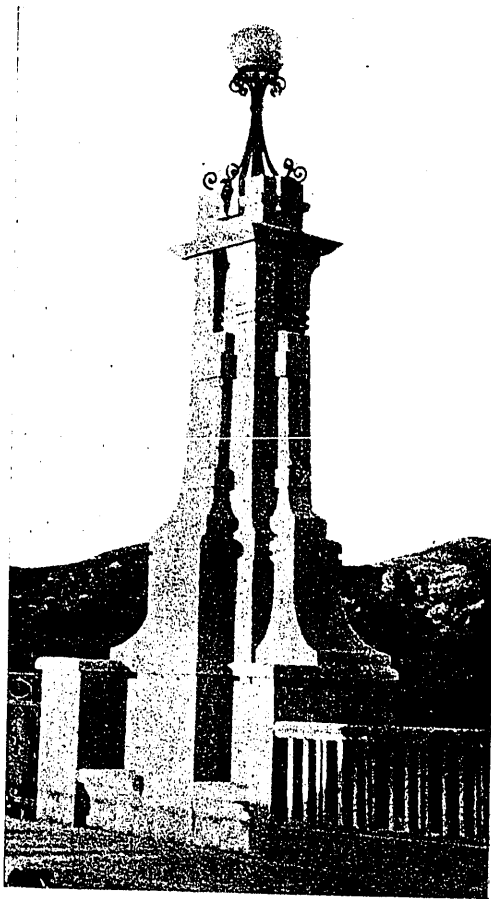
En cuanto a los pilares de las palizadas a las cargas

de flexión, se agregaron las correspondientes a las compresiones axiales y se comprobó si las totales son admisibles, con el coeficiente de seguridad necesario para que no se produzca el pandeo.

Así resultaron las armaduras que se representan, y que se componen de ocho barras en cada pilar, de 23 mm de diámetro, excepto en los pilares centrales de las palizadas números 3 y 8, ó sean las extremas de ambos lados, en que son de 28 mm.

Las armaduras secundarias se forman con marcos hechos con varillas de 8 mm, colocados, como indica el dibujo, cada 15 cm de altura.

En la construcción, los pilares centrales de las palizadas más altas, número 8, que habían parecido algo débiles según el dictamen del Consejo de Obras pú-



Un remate decorativo

blicas, se hicieron de 45 cm de lado, en vez de los 40 proyectados.

El volumen total de hormigón armado de las palizadas y tableros es de 330,471 m³, y el peso de sus armaduras de 27 938 kg.

LOS PILASTRONES Y APOYOS EN ELLOS.—Sobre los estribos del arco, anteriormente descritos, se levantan los pilastrones de mampostería, con aristones de sillería labrada, que están formados por una parte central de 8 m de longitud en la dirección del cañón, 4 de ancho en la parte superior y 4,94 en la inferior, que es lo que corresponde al talud de dos centésimas de sus paramentos para la altura de 23,50 m, y dos partes laterales, en los frentes, de 0,90 m de saliente en la parte superior y 1,385 en la inferior, por razón del talud, y de 3 m en la dirección paralela a los frentes.

Sobre estos pilastrones se apoyan los tramos extremos de los largueros del tablero, por medio de aparatos de acero moldeado del modelo oficial de los tramos rectos de hormigón armado, todos ellos de los que permiten los dos movimientos de deslizamiento y giro.

El espacio entre el extremo del tablero y la parte superior del pilastrón, dejado para el juego de dilatación, ha sido de 10 cm, que se cubrió con una plancha de palastro. Sobre ella se colocó la capa de hormigón, que forma la base del pavimento de losetas de asfalto comprimido, dejando reducida la junta entre las dos partes a 5 cm para la temperatura media de 15° a que se construyó, no coincidiendo el espacio vacío verticalmente con el hueco antes referido; por último, para tapar la junta en la superficie de rodadura, se colocaron cantoneras y pletinas.

Los pilastrones llevan en su parte superior salientes de sillería en sus frentes y sobre ellas las hiladas de coronación y la imposta que, con retallos sucesivos, hacen que, a la altura de la rasante del andén, se tenga el ensanchamiento necesario para la colocación de los remates decorativos, terminados en farolas, sin que se ocupe parte alguna del andén.

RESUMEN DE LA PARTE CENTRAL.—Como resultado de las cubicaciones practicadas de toda la parte central descrita, o sea sin incluir los remates de sillería, ni las barandillas de hierro, aunque sí las pilastras de hormigón armado de éstas, que van unidas a las ménsulas del tablero, se tienen las cifras siguientes:

Excavación	2 572,330 m ³
Mampostería ordinaria	2 338,143 "
Hormigón en masa	1 210,530 "
Hormigón armado	2 228,002 "
Sillería desbastada	72,446 "
Sillería recta labrada	222,572 "
Sillería aplastillada labrada	6,939 "
Acero en armaduras	72 908,714 kg
Hierro laminado	507,174 "
Acero moldeado en apoyos	1 883,576 "

PARTES LATERALES.—Constan éstas por cada lado de dos arcos de medio punto de 14,40 m de luz, que se apoyan de un lado, respectivamente, en el pilastrón y estribo de la margen que corresponde, y de otro, en la pila intermedia.

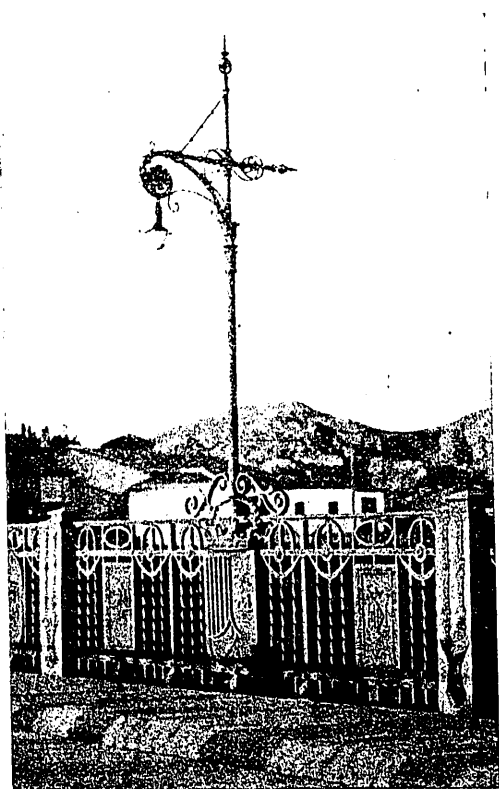
PILAS.—Son éstas de mampostería con aristones de sillería labrada, sección rectangular con un ancho de 1,75 m a la altura de los arranques de los arcos y una longitud de 6,88, que hace destacar los aristones sobre el paramento de las bóvedas, teniendo las cuatro caras el mismo talud de dos centésimas.

Las dos pilas tienen igual altura, 9,20 m, con la sola diferencia de que la del lado de Teruel se asienta sobre un zócalo paramentado con sillería almohadillada y el cimientto es más profundo, y en la del otro lado el asiento es directamente sobre el cimientto, que es de poca altura.

ESTRIBOS.—Tienen una longitud en la dirección del cañón de 8 m, llevando en sus frentes pilastras con el mismo saliente y de igual forma que los pilastrones del arco principal, con la sola diferencia de que su dimensión en el frente es sólo de 2,50 m, que da mejor aspecto, ya que la altura es bastante menor que la de los pilastrones.

Los estribos se unen a los correspondientes muros de acompañamiento de talud de un décimo y para-

mento interior escalonado, terminándose estos muros por tres de sus lados (el otro se une al muro de una casa) en pilastras de 2,50 m de ancho y 0,60 de saliente en la parte superior, que disminuye por la diferencia de taludes del décimo en el muro y dos centésimas en la pilastra.



Detalle de la barandilla

simas en la pilastra. Estas llevan, como las de los estribos, aristones de sillería.

Las pilastras de los estribos tienen en su parte superior los sillares salientes y las hiladas de sillería

de radio 10,15, longitud de cañón en el trasdós de la clave 5,50 m y paramentos de los frentes con el talud de dos centésimas.

TABIQUES Y TABLERO.—Sobre las bóvedas van tabiques de dos clases, los principales, que se prolongan en ménsulas iguales a las del tablero del arco principal y que están separados de eje a eje 5 m, y los secundarios, que dividen en tres partes iguales cada tramo, tienen menor espesor y se prolongan formando ménsulas menos salientes.

Como se ve en el dibujo, los tabiques llevan en su parte superior armaduras que enlazan las de las ménsulas de uno a otro lado y las de las losas que forman el forjado y cuya luz es sólo de 1,26 m.

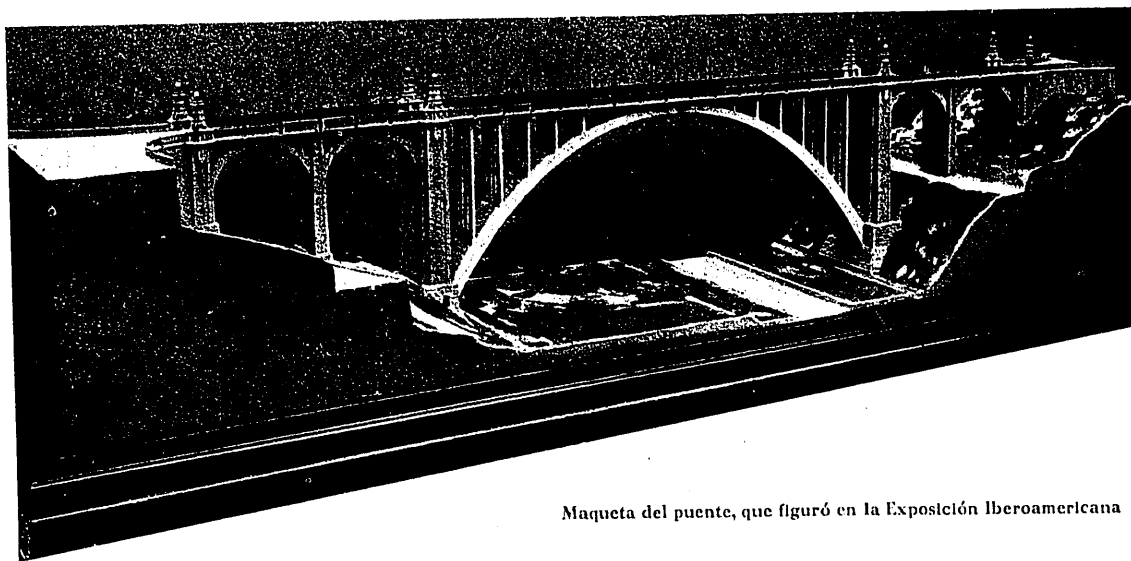
En el dibujo se aprecian las armaduras y su disposición, que no ofrecen ninguna particularidad digna de mencionarse.

RESUMEN DE LAS PARTES LATERALES.—Las cubricaciones de las obras que constituyen estas partes, sin comprender, como en la central, los remates ni las barandillas, dan los resultados que siguen:

Excavación	2 556,670 m ³
Mampostería ordinaria	2 878,608 »
Hormigón en masa	1 134,330 »
Hormigón armado	204,590 »
Sillería desbastada	21,533 »
Sillería recta labrada	151,056 »
Sillería aplantillada labrada	19,363 »
Acero en armaduras	9 130,074 kg

CORONACIÓN.—Todo lo anteriormente reseñado comprende la obra hasta la imposta de coronación inclusive, o sea hasta la altura de las rasantes de andenes.

Sobre ella van los remates de sillería terminados en farolas, cuyas líneas generales fueron tomadas de los proyectados y construidos en el puente de Elche por el ingeniero D. Mariano Luján, contratista de la obra de que ahora se trata. Su aspecto puede apreciarse con algún detalle en la fotografía que se acompaña.



Maqueta del puente, que figuró en la Exposición Iberoamericana

que retallan, del mismo modo que en los pilastrones del arco principal, para dejar espacio suficiente a los remates, que terminan en farolas.

BÓVEDAS.—Son de hormigón en masa, con espesor en la clave de 0,60 metros, trasdosados según un arco

En cuanto a la barandilla de hierro, se tuvo en cuenta, al proyectarla, que debía ser alta, 1,30 m, y robusta, y que para que pudiera percibirse bien a distancia, convenía tuviese partes macizas que se destacaran. Por ello se adoptaron las placas rectangu-

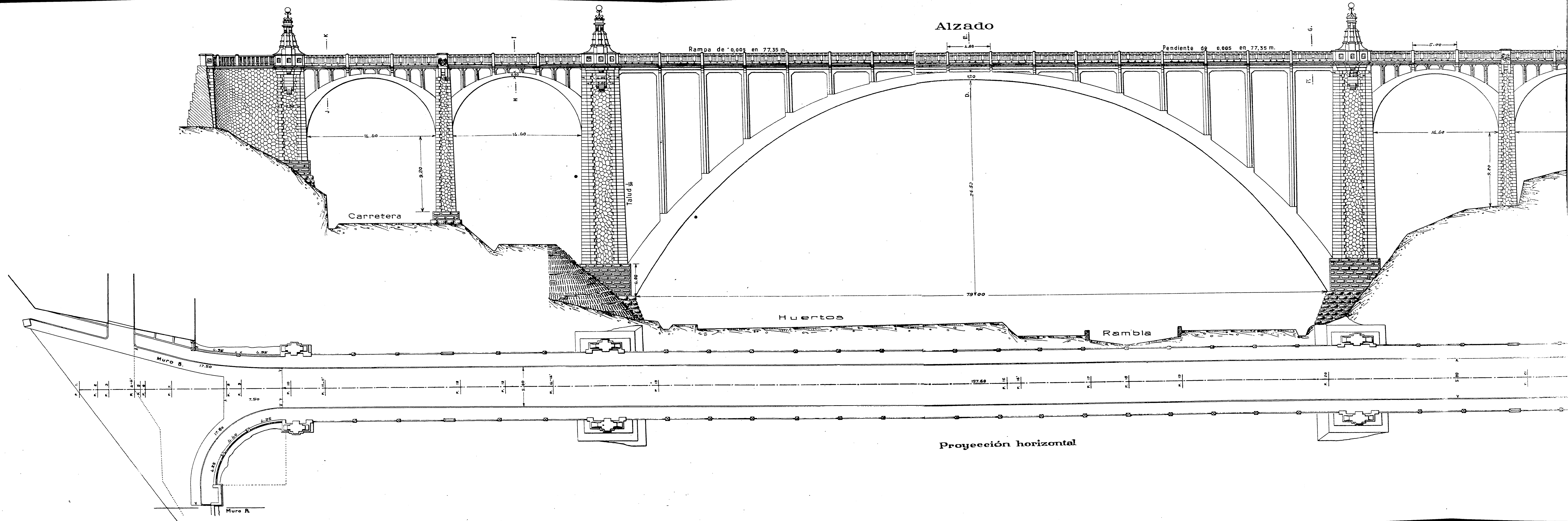
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

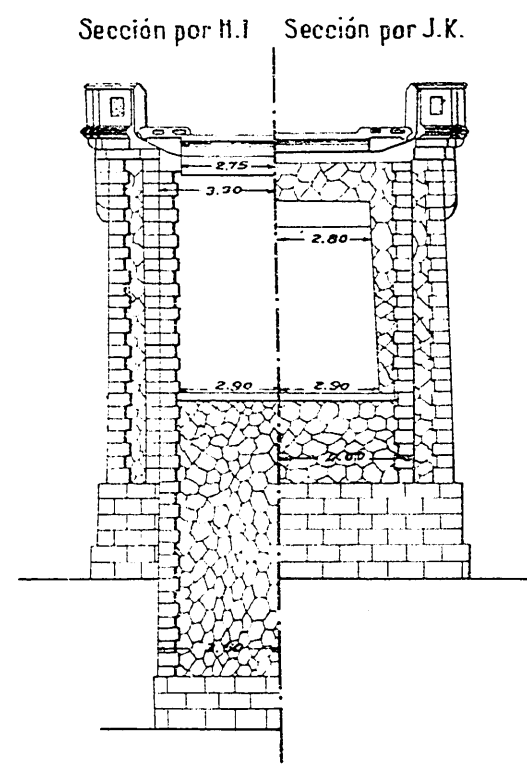
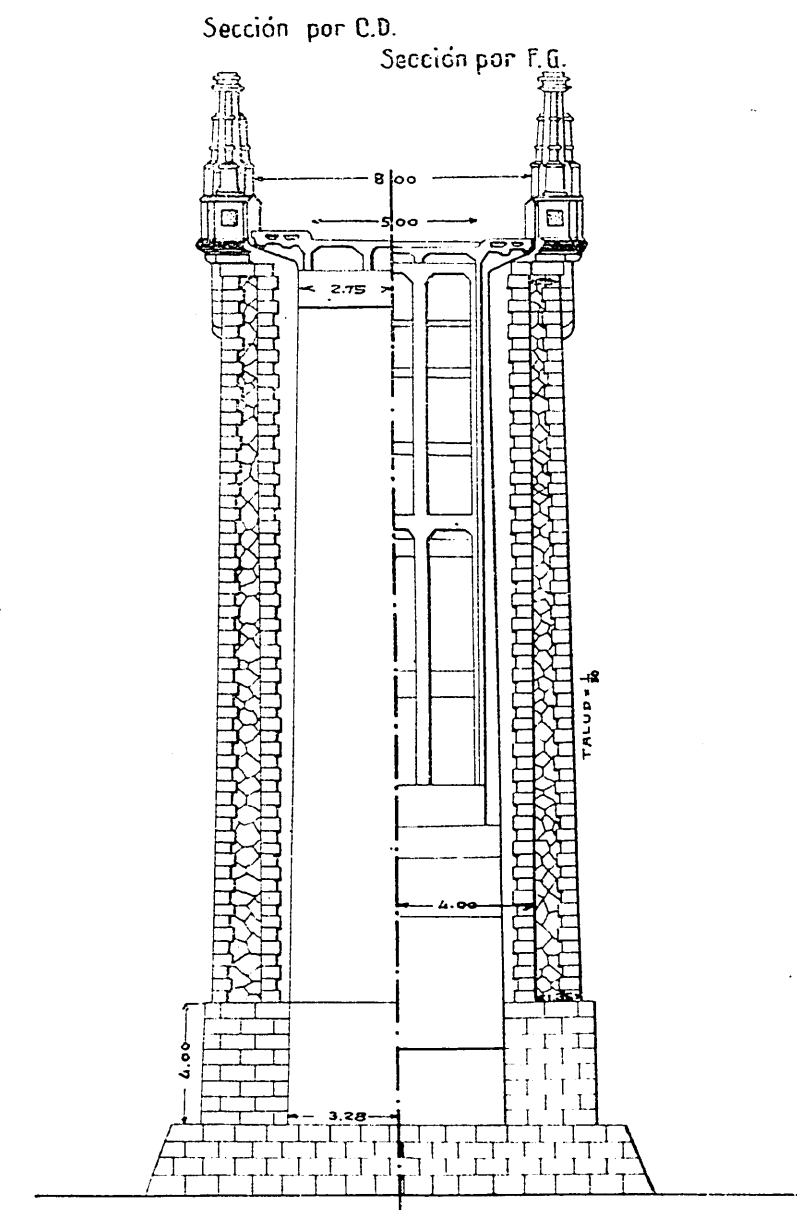
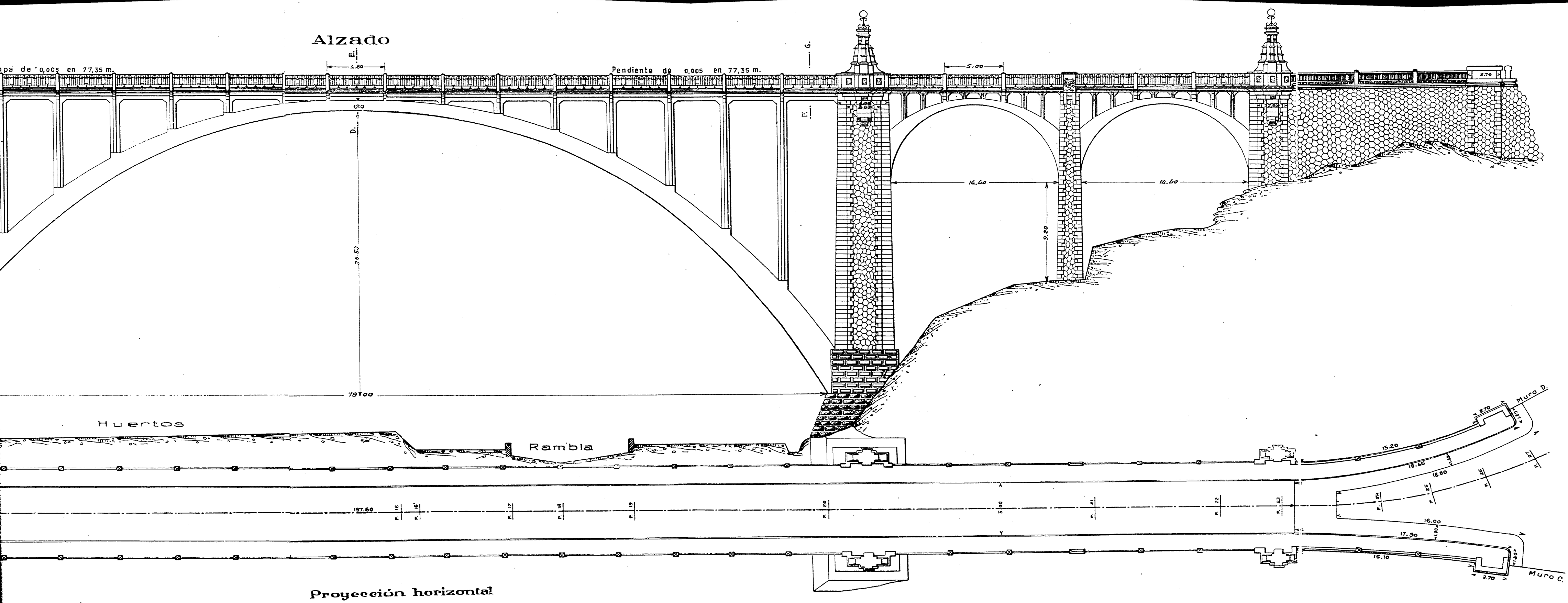
(Núm. 20, 15-X-1931)

VIADUCTO DE TERUEL

Por D. FERNANDO HUE

Hoja 1.^a Alzado general, planta y secciones

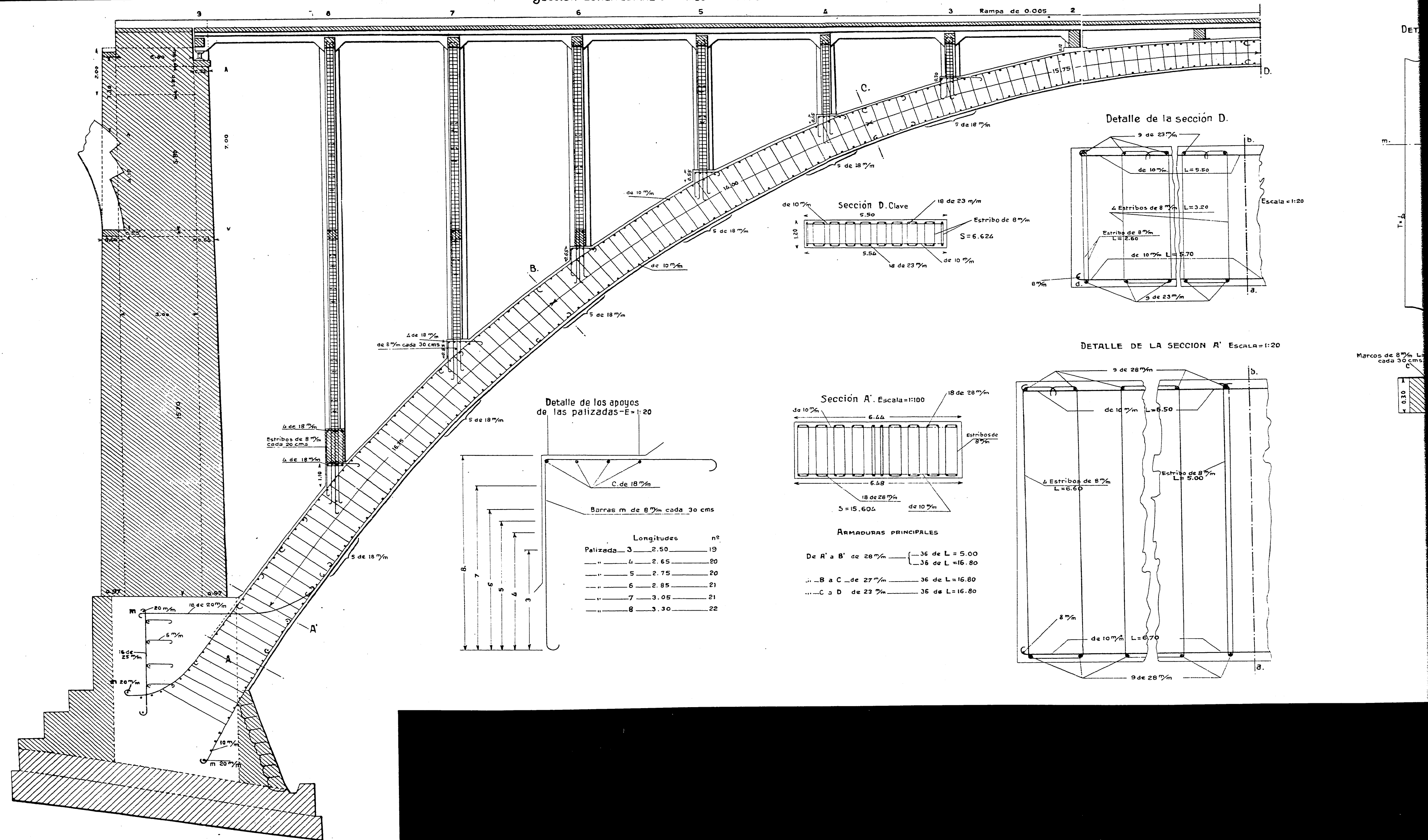


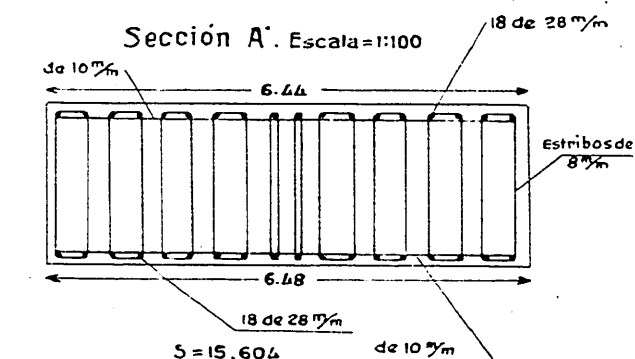
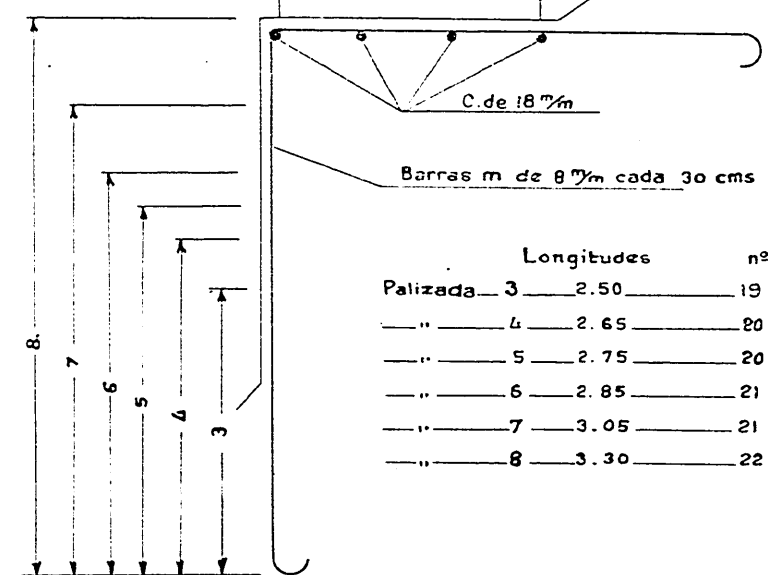
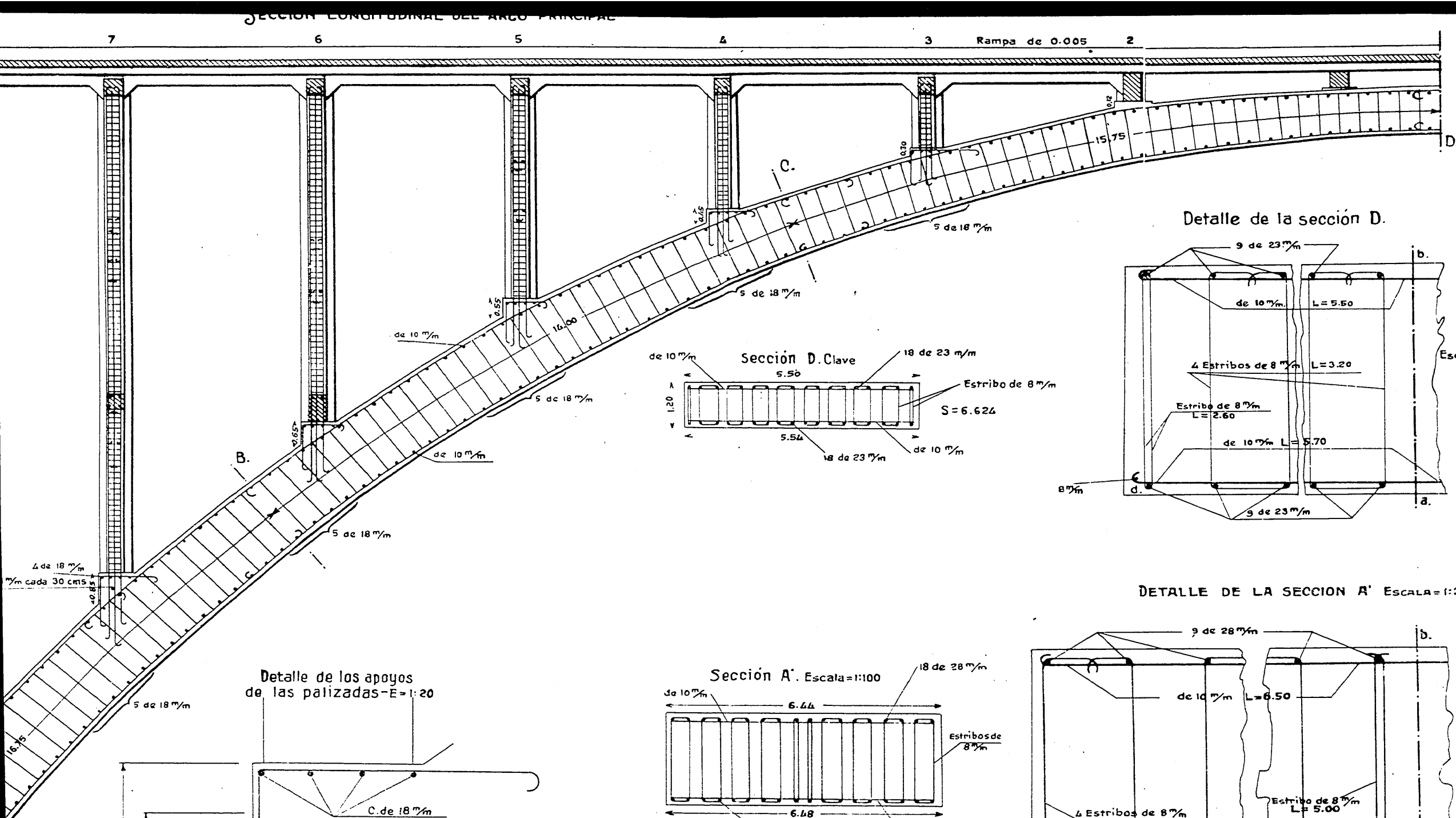


Escala = 1:200

Por D. FERNANDO HUE

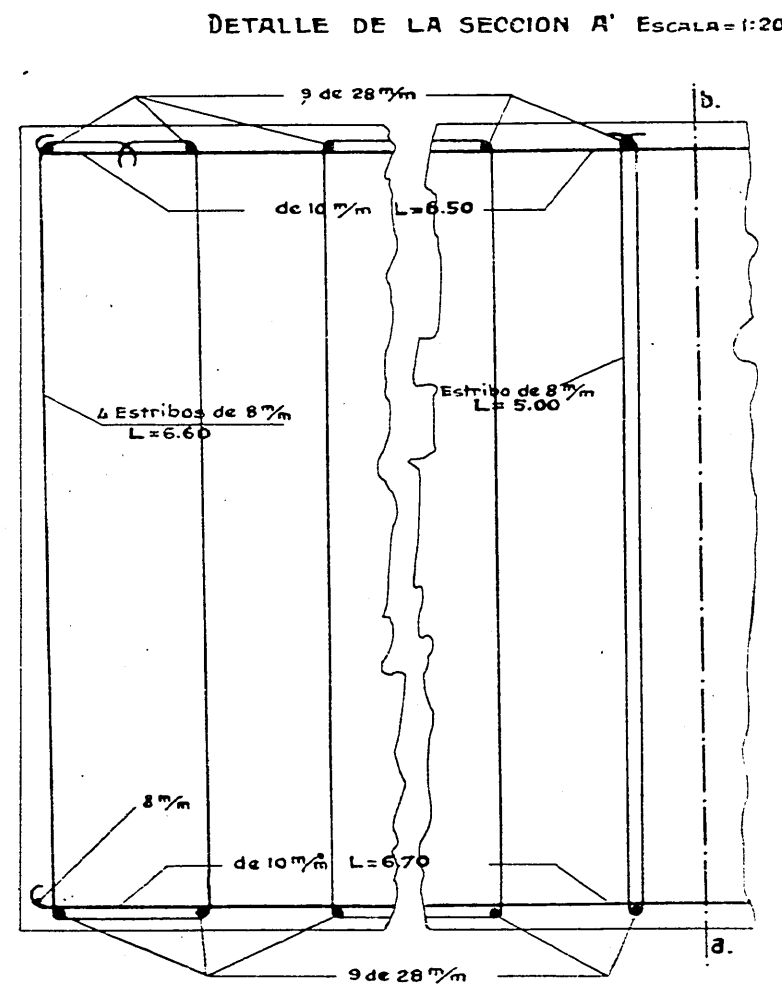
Hoja 2.^a Arco principal y palizadas



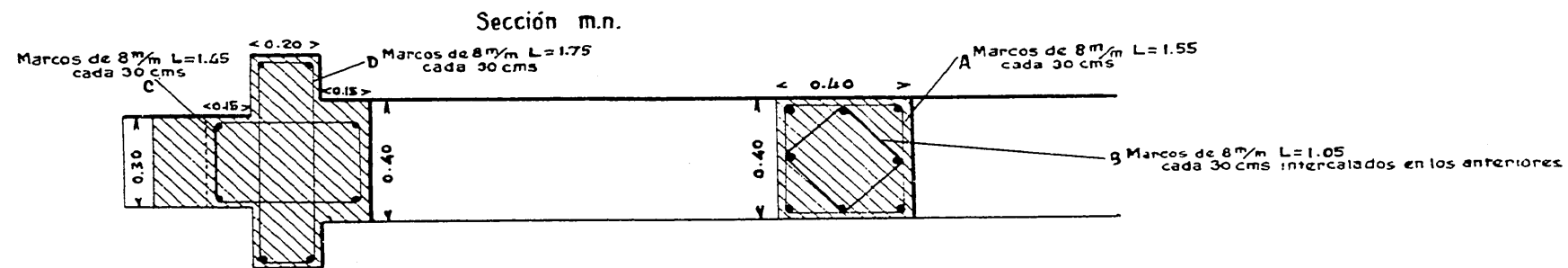
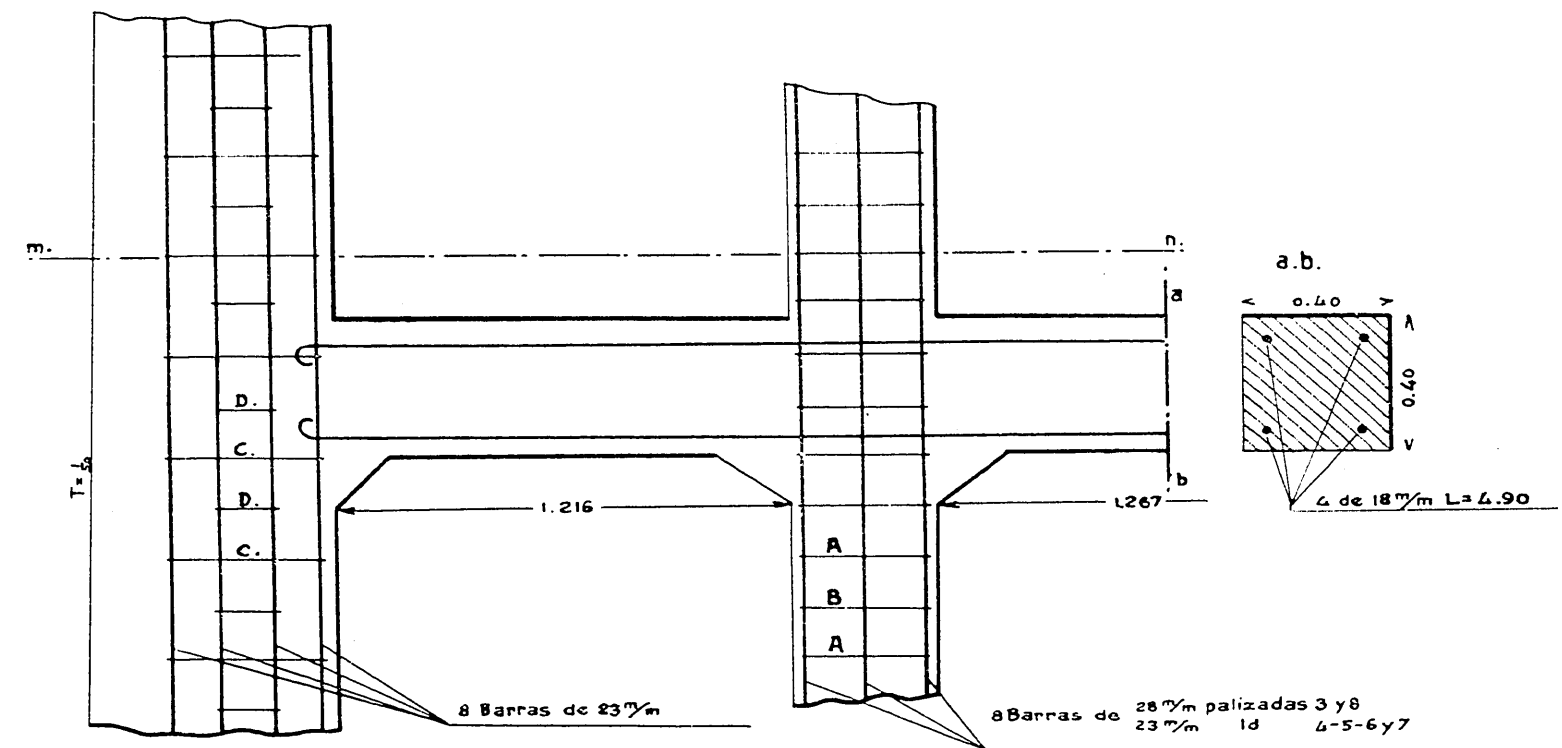


ARMADURAS PRINCIPALES

De A' a B' de 28 #m	36 de L = 5.00
	36 de L = 16.80
B a C de 27 #m	36 de L = 16.80
C a D de 23 #m	36 de L = 16.80



DETALLE DE LAS PALIZADAS DE APOYO DE LOS TRAMOS. E = 1:20



Armaduras principales

Palizadas	8	Nº de barras	Long	Dº
Id		4 x 8 x 4	= 128 - 6.20	= 28 #m
Id	7	2 x 8 x 8	= 128 - 6.20	= 23 "
Id		8 x 8	= 64 - 4.90	= 23 "
Id	6	2 x 8 x 8	= 128 - 6.20	= 23 "
Id	5	2 x 8 x 8	= 128 - 6.20	= 23 "
Id	4	8 x 8	= 64 - 4.50	= 23 "
Id	3	4 x 8	= 32 - 3.10	= 28 "
Id		4 x 8	= 32 - 3.10	= 23 "

Armaduras secundarias

Nº de marcos de cada clase	A-B-C-D
Palizadas	8
Id	7
Id	6
Id	5
Id	4
Id	3

Zócalo - Palizadas

2 x 4 = 8 barras de 6.20 - Dº = 18 #m

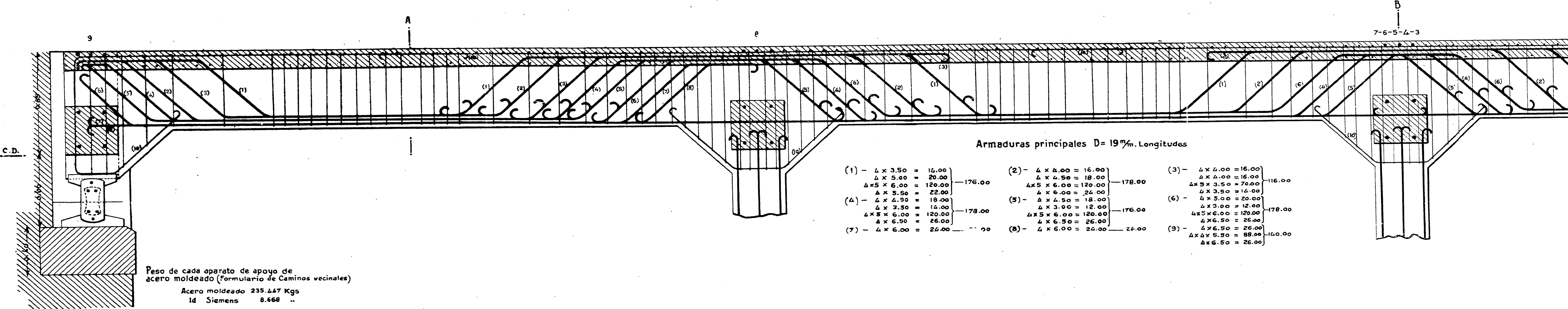
2 x 2 x 31 = 124 estribos de 3.60 - Dº = 8 #m

VIADUCTO DE TERUEL

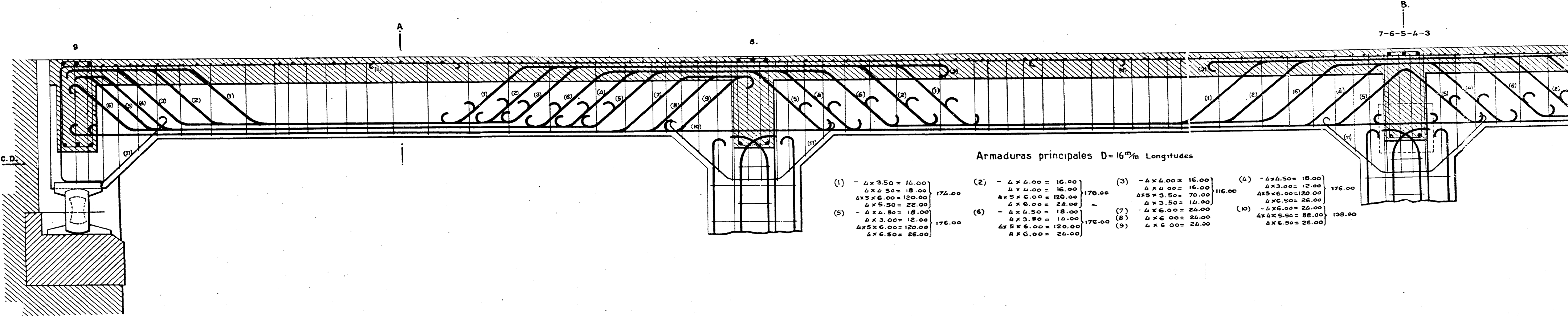
Por D. FERNANDO HUE

Hoja 3.^a Tablero central

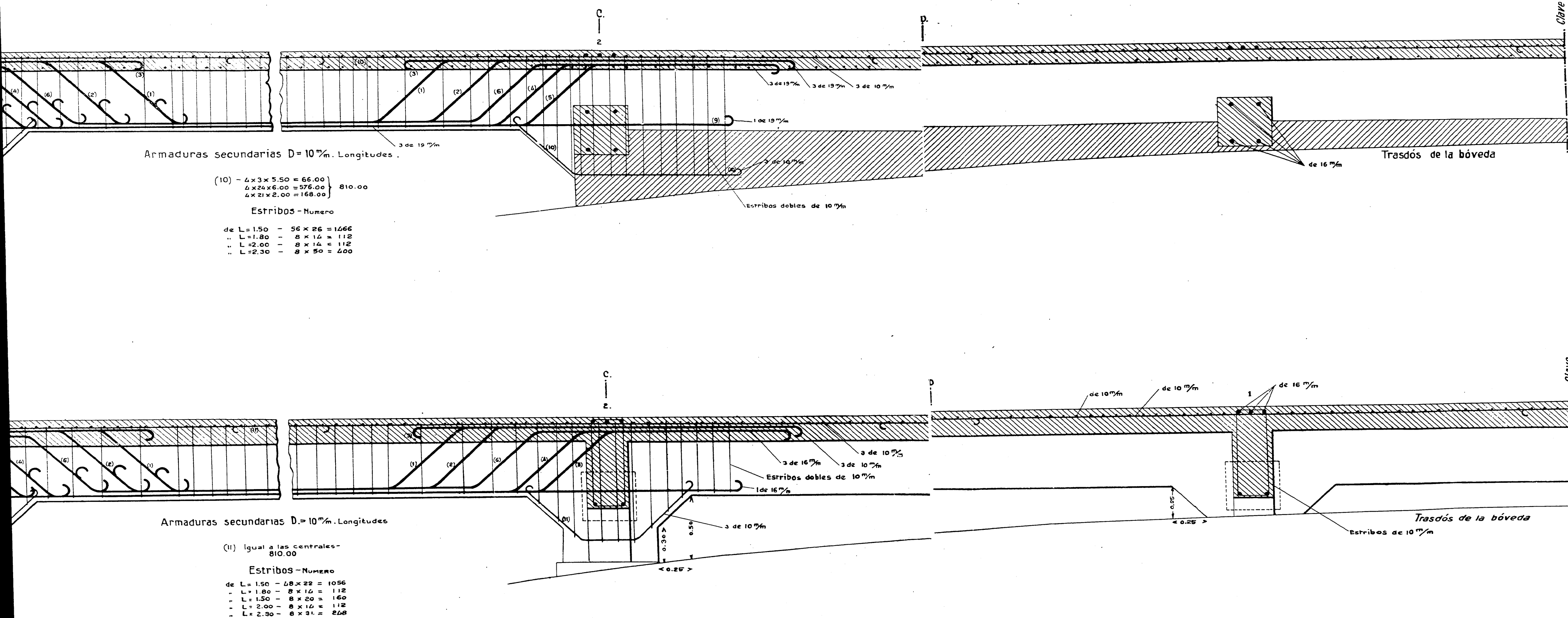
LARGUEROS CENTRALES DEL TABLERO - DISPOSICION DE LAS ARMADURAS. - ESCALA = 1:20.



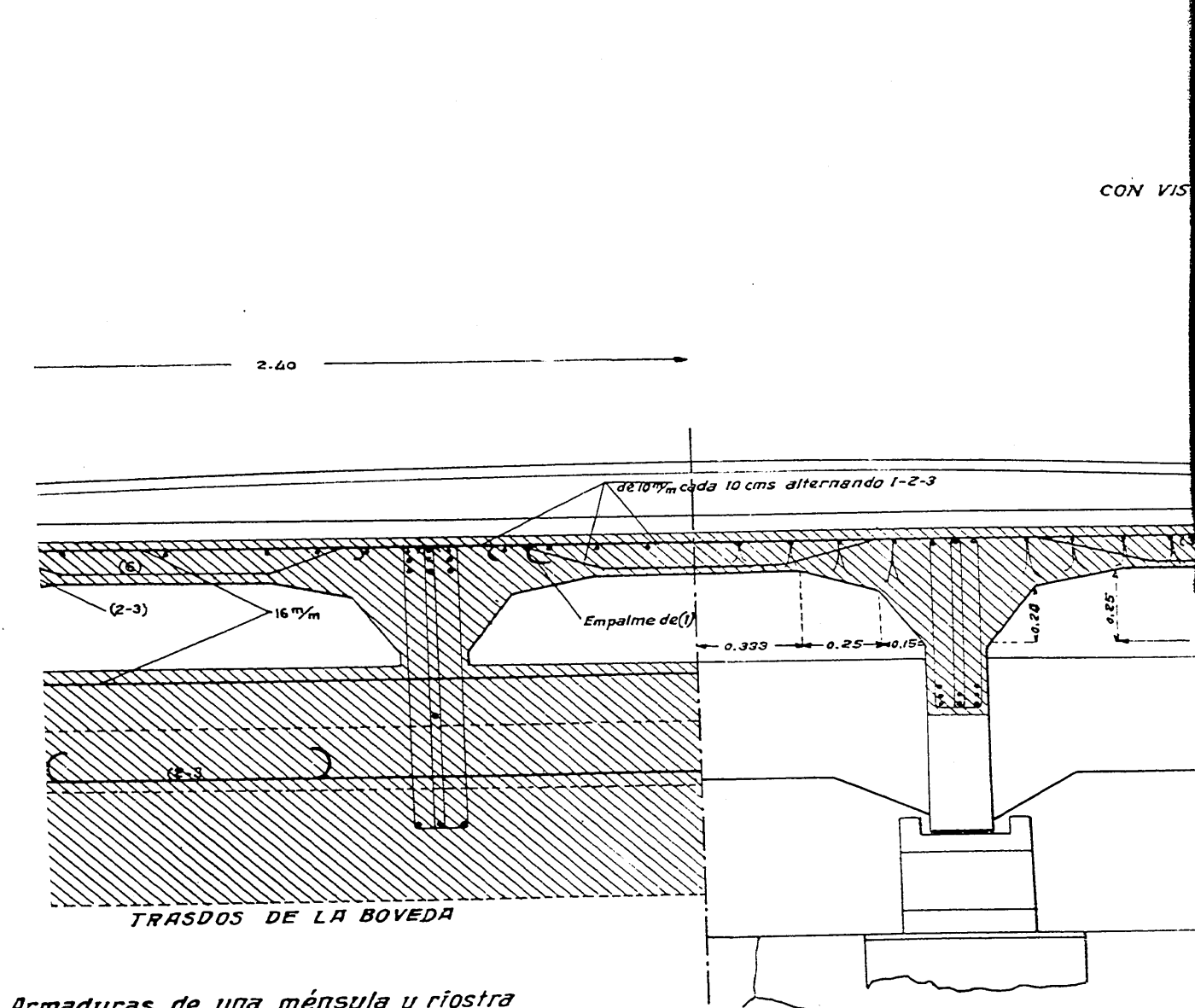
LARGUEROS LATERALES DEL TABLERO - DISPOSICION DE LAS ARMADURAS.



ALA = 1:20.



DISPOSICIÓN TRANSVERSAL DEL TABLERO



Armaduras de una ménsula y riostra Secundarias

(6) - $6 \times 1.40 = 8.40$ D=10 mm
 (7) - $4 \times 0.50 = 2.00$ D=10 mm
 Estribos ménsula $12 \times 1.80 = 21.60$ D=8 mm
 " Pilastros $12 \times 0.90 = 10.80$ D=8 mm

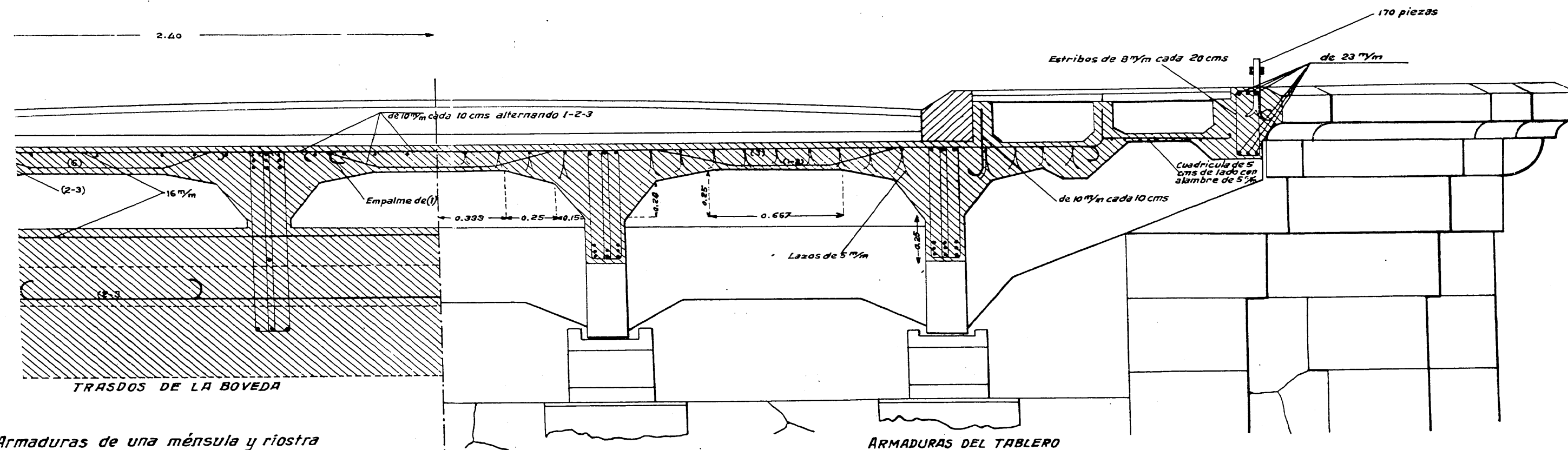
SUJECCIÓN BARANDILLAS

Pernos $10 \times 0.40 = 4.00$ D=30 mm
 Armaduras 10.00 D=5 mm

(1-2) - 2×15
 2 x 15
 (3) - 2×15
 Repartición - 12 x 15
 Sujeción andén = 2 x 15
 1d 1d = 2 x 15
 1d 1d (mitad)

DISPOSICION TRANSVERSAL DEL TABLERO

SECCION A. CON VISTA DE LA PILA ESTRIBO



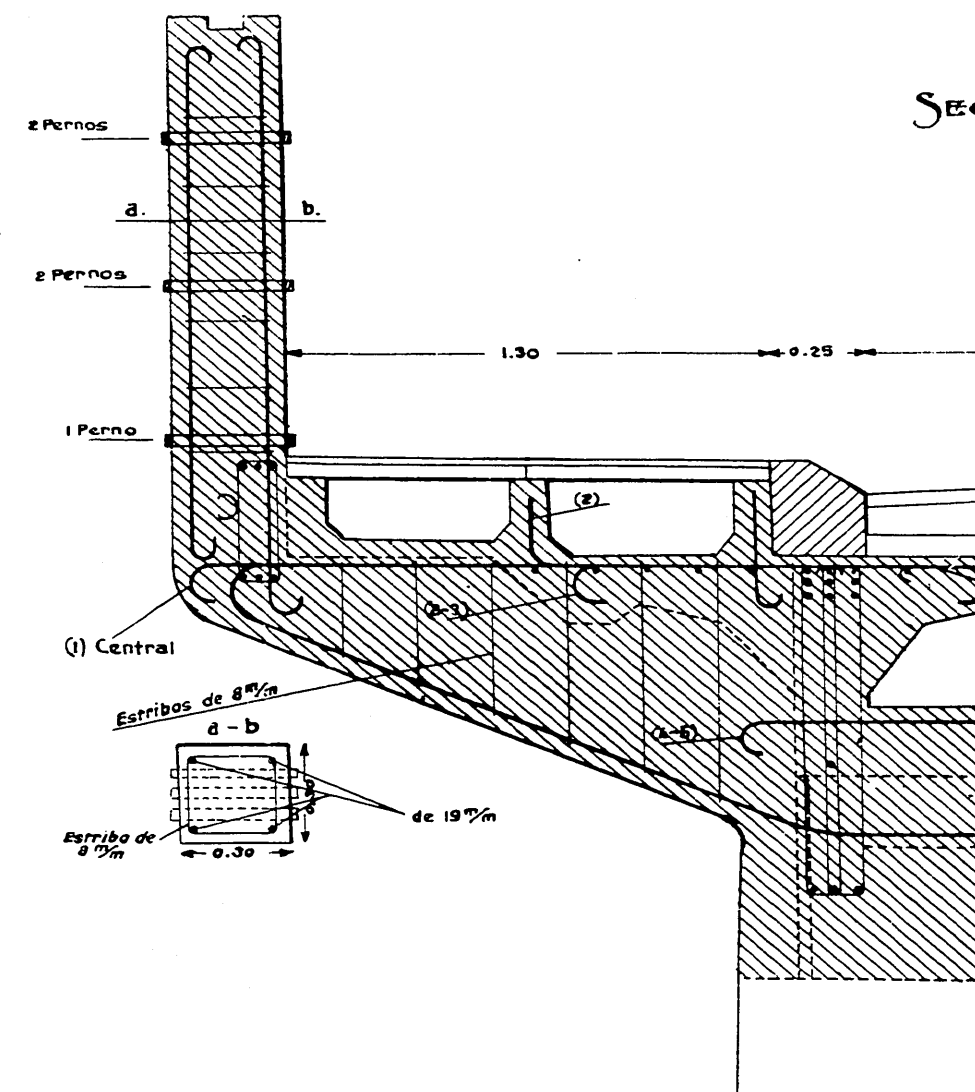
Armaduras de una ménsula y riostra Secundarias

(6)	- 6 x 1.40 = 8.40	D=10 ^m /m
(7)	- 4 x 0.50 = 2.00	10.40 ^m
Estribos ménsula	12 x 1.80 = 21.60	D=8 ^m /m
Pilastras	12 x 0.90 = 10.80	"
SUJECION BARANDILLAS		
Pernos	10 x 0.40 = 4.00	D=30 ^m /m
Aladuras	20.00	D=5 ^m /m

(1-2)	- 2 x 15 x 15 = 510	de 7.50
(3)	- 2 x 15 x 15 = 255	de 7.00
Repartición	- 17 x 35 = 595	de 5.50
Sujeción andén	- 2 x 15 x 12 = 360	de 0.50
Id	- 2 x 2 x 50 = 200	de 0.30
Id	- 10 (mitad)	

Larguero andén	- 2 x 15 x 6 = 180	de 5.50	D=23 ^m /m
"	- 2 x 2 x 6 = 24	de 6.00	
Id - estribos	- 2 x 15 x 24 = 820	de 1.20	D=8 ^m /m
"	- 2 x 2 x 25 = 100		
Cuadrícula andén	- 2 x 17 x 96 = 2264	de 0.60	
"	- 2 x 17 x 12 = 408	de 5.00	
Lazos	-	1600.00	

SECCION C.



Principales

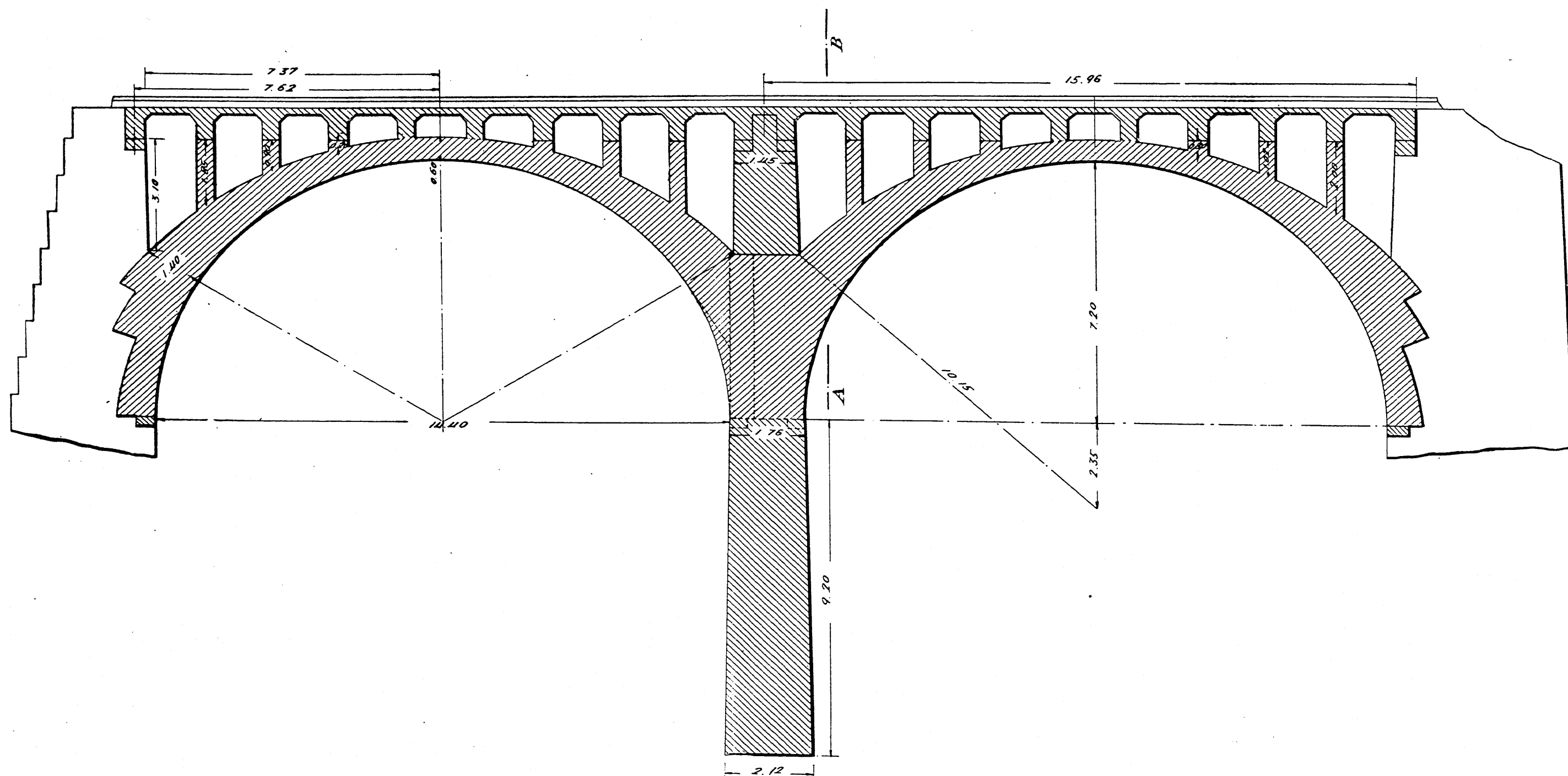
(1)	- 2 x 5.00 = 10.00
(2-3)	- 4 x 5.50 = 22.00
"	- 2 x 6.70 = 13.40
"	- 2 x 4.40 = 8.80
(4-5)	- 2 x 5.80 = 11.60
Pilastra	- 2 x 2.00 = 4.00
"	- 2 x 1.70 = 3.40

VIADUCTO DE TERUEL

Por D. FERNANDO HUE

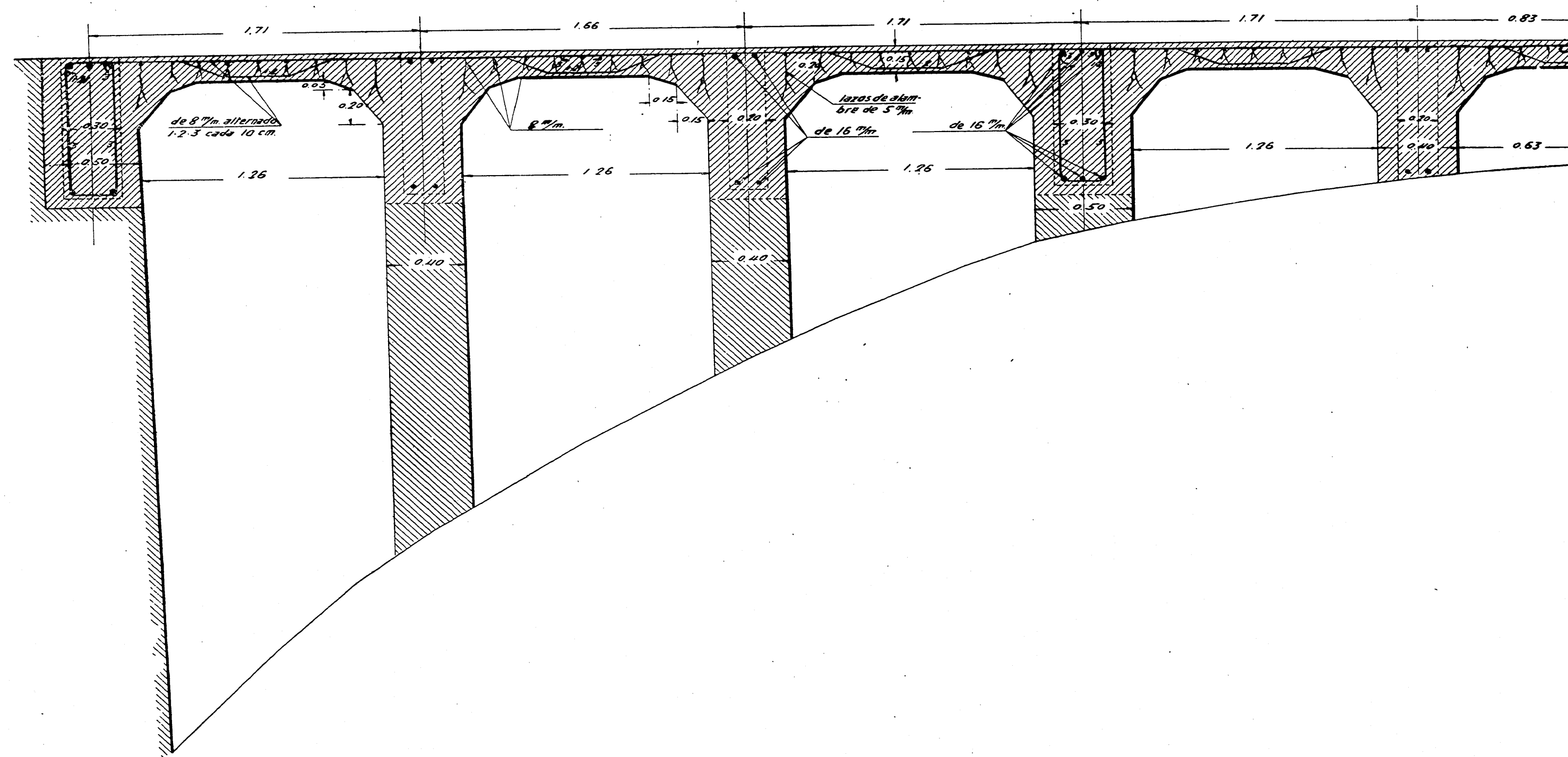
Hoja 4.^a Tramos laterales

— SECCIÓN LONGITUDINAL DE LOS ARCOS LATERALES —

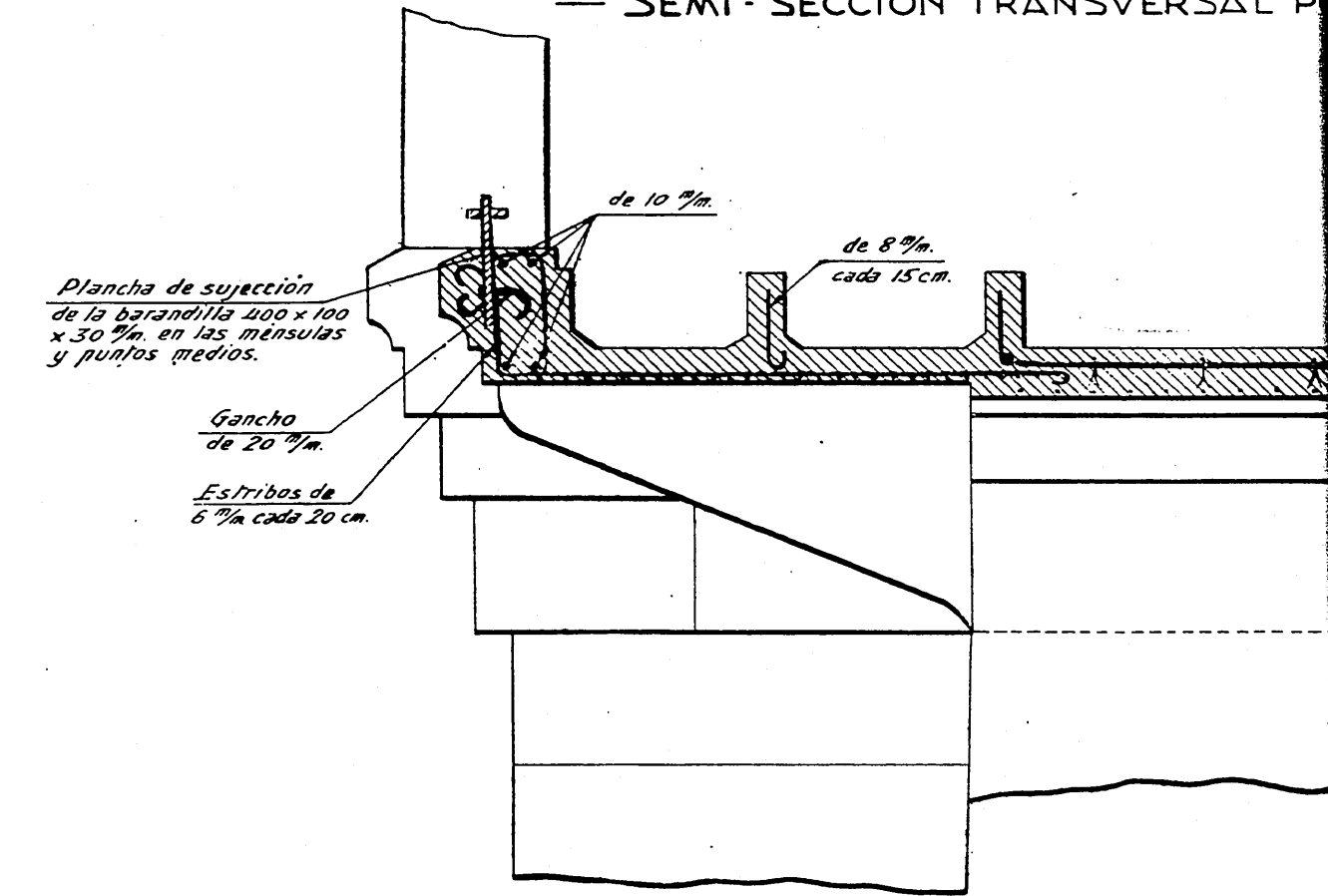


— ESCALA 1:100 —

— SEMI-SECCIÓN LONGITUDINAL DEL TABLERO —



— SEMI-SECCIÓN TRANSVERSAL P —

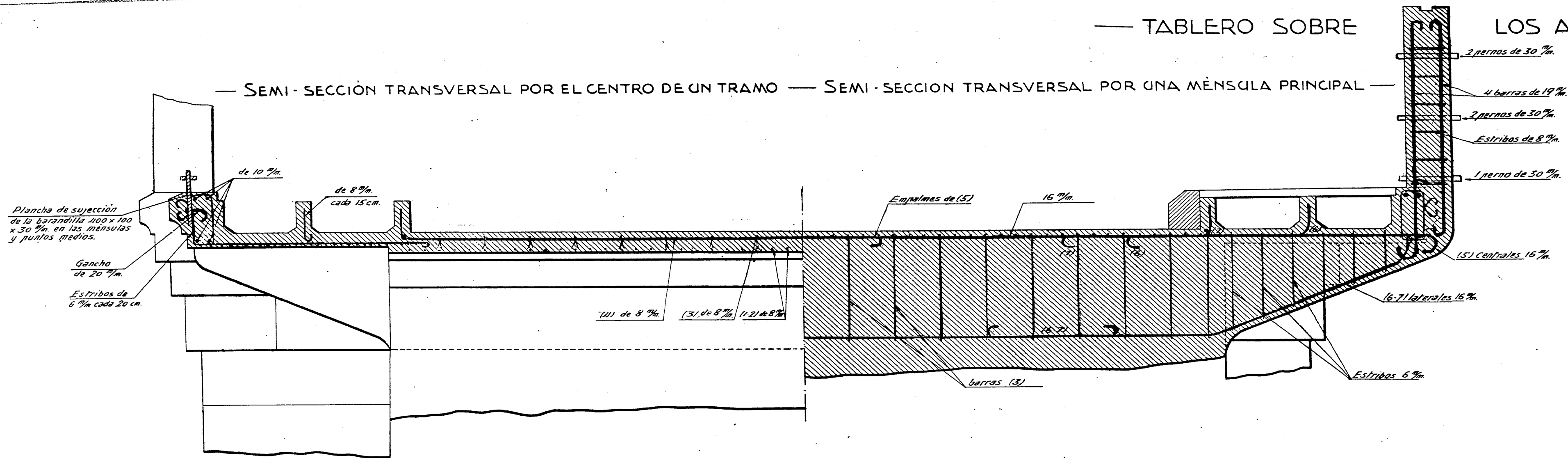


MÉNSULAS PRINCIPALES - BARRAS (5)	- 4 x
" (6)	- 4 x
" "	- 4 x
" "	- 4 x
" (7)	- 4 x
" "	- 4 x
" "	- 4 x
ESTRIBOS MÉNSULAS.	4 x
BARRAS PILASTRAS.	6 x
ID. ID.	6 x
ESTRIBOS ID.	6 x
PERNOS DE SUJECCIÓN.	6 x

— TABLERO SOBRE

LOS ARCOS LATERALES—

— SEMI-SECCIÓN TRANSVERSAL POR EL CENTRO DE UN TRAMO — SEMI-SECCION TRANSVERSAL POR UNA MÉNSULA PRINCIPAL —



ARMADURAS DEL TABLERO CORRESPONDIENTES A CADA BÓVEDA

MÉNSULAS PRINCIPALES - BARRAS (5)	- 4 x 2 x 4,80 = 38,40	
" (6)	- 4 x 1 x 7,00 = 28,00	
" "	- 4 x 1 x 5,00 = 20,00	
" "	- 4 x 1 x 4,20 = 16,80	164,80 - 16 %.
" (7)	- 4 x 1 x 5,80 = 23,20	
" "	- 4 x 1 x 5,40 = 21,60	
" "	- 4 x 1 x 4,20 = 16,80	
ESTRIBOS MÉNSULAS.	4 x 12 x 1,60 = 84,80	84,80 - 6 %.
BARRAS PILASTRAS.	6 x 2 x 1,90 = 22,80	
ID. ID.	6 x 2 x 1,70 = 20,40	43,20 - 19 %.
ESTRIBOS ID.	6 x 6 x 0,90 = 32,40	32,40 - 8 %.
PERNOS DE SUJECCIÓN.	6 x 5 x 0,40 = 12,00	12,00 - 30 %.

MÉNSULAS INTERMEDIAS - BARRAS (6)	6 x 1 x 7,00 = 42,00	
" "	6 x 1 x 5,00 = 30,00	
" "	6 x 1 x 4,20 = 25,20	
" (7)	6 x 1 x 5,80 = 34,80	189,60 - 16 %.
" "	6 x 1 x 5,40 = 32,40	
" "	6 x 1 x 4,20 = 25,20	
ESTRIBOS MÉNSULAS	6 x 12 x 1,60 = 115,20	115,20 - 6 %.
LARGUEROS DE ANDENES - BARRAS LONGITUDINALES	2 x 4 x 4 x 4,50	144,00 - 10 %.
ESTRIBOS	2 x 80 x 110	176,00 - 6 %.
GANCHOS BORDILLO CENTRAL	2 x 106 x 0,30	63,60 - 8 %.
PLACAS DE SUJECCIÓN	2 x 15 x 0,40	12,00 - (100 x 30) %.
PERNOS	2 x 15 x 0,25	7,50 - 20 %.

FORJADO CENTRAL - BARRAS (1) y (2)	36 x 3 x 5,30 = 572,40	
" (3)	19 x 6 x 4,40 = 501,60	1.478,00 - 8 %.
" (4)	9 x 9 x 5,00 = 405,00	
LAZOS		300,00 - 5 "
FORJADOS BAJO ANDENES	2 x 30 x 16,00 = 960,00	1.920,00 - 5 "
	2 x 320 x 1,50 = 960,00	

lares o redondeadas, que se adornaron con escudos, del modo que se aprecia en la fotografía.

Sobre los muros de acompañamiento se construyeron barandillas de hormigón armado, que también se ven en la fotografía del remate decorativo, que terminan en pretilos de sillería sobre las pilastras en que finalizan los muros de acompañamiento y separan la obra de los tramos de muros de sostenimiento que siguen sin imposta y con sencillos pretilos de mampostería y de hormigón.

Los resultados de las cubicaciones en estas partes son los siguientes:

Hormigón en masa	10,985 m ³
Sillería recta labrada	40,681 »
Sillería aplantillada labrada	59,626 »
Bordillo de piedra para andenes	402,20 m l
Pavimento de andenes	513,50 m ²
Barandilla de hormigón armado	53,10 m l
Hierro en barandilla y remates	34,734 kg

Con lo que se lleva dicho y con los dibujos y fotografías que a este modesto artículo acompañan, entre las que se incluye la del modelo hecho por la casa Warez, de Madrid, para la Exposición Iberoamericana, estimo podrá formarse idea exacta de la obra de que se trata, cuyo proyecto, en la forma descrita, hice en 1925 y que ha sido ejecutado con toda escrupulosidad por el ingeniero constructor Sr. Luiña, como lo demostró el resultado completamente satisfactorio de las pruebas oficiales, a las que asistí como ingeniero encargado de la inspección de la obra, ya que a mi petición, al dejar de pertenecer a la Jefatura de Obras públicas de Teruel, se me concedió por la Superioridad continuase al frente de la obra hasta su total terminación.

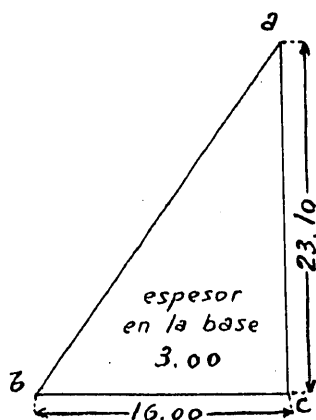
Terminado en este artículo lo referente a la descripción de la obra, me propongo en otro presentar a los compañeros el desarrollo de los cálculos de estabilidad comprendidos en el proyecto.

Fernando HUÉ
Ingeniero de C., C. y P.

Cálculos de estabilidad de la presa del Burguillo

Como continuación al artículo descriptivo de las obras del Salto del Burguillo publicados en el número de 15 de agosto último, presentamos en éste los cálculos realizados para comprobar la estabilidad de la presa.

Comprobación del perfil adoptado.—El cálculo de los esfuerzos y cargas de trabajo lo hacemos sobre un elemento de presa formado por seis metros de lo



que pudiéramos llamar «pantalla» y un contrafuerte. Para su estudio tomamos como eje de las x el de la sección base del contrafuerte, y de las y el vertical que pasa por la intersección de aquél con el paramento virtual de la «pantalla» (que es vertical), fijando como sentidos positivos el de aguas arriba para el primero y el de abajo hacia arriba para el segundo.

La forma geométrica de cada contrafuerte (perfil máximo) resulta restando del prisma de base trian-

gular abc (alzado), de 23,10 m de altura por 16 m de base y 3 m de espesor, dos tetraedros simétricos, uno de cada lado, cuyas bases son esa misma del prisma, y la altura de cada uno 0,90 m.

El espesor del contrafuerte disminuye así con la altura, quedando reducido a 1,20 m en lo más alto.

La notación que vamos a emplear es la siguiente:

- n = cargas de trabajo normales sobre las secciones horizontales y cuya dirección es, por consiguiente, vertical.
- n_1 = cargas de trabajo normales en las secciones verticales y cuya dirección es perpendicular a la de n .
- t = cargas de trabajo tangenciales en las secciones horizontales y verticales, puesto que ambas son iguales para cada punto.
- N = cargas máximas de compresión.
- N_1 = cargas mínimas de compresión.
- T = cargas tangenciales máximas.

Los valores de n los obtendremos en cada sección por la fórmula de la flexión compuesta:

$$n = \frac{F}{\omega} + \frac{M(x - x_g)}{I}$$

en la que:

- F = esfuerzo normal.
- M = momento flector.
- ω = área de la sección.
- I = momento de inercia.
- x_g = abscisa del centro de gravedad de la sección.

Así, obtendremos los valores que se consignan en el cuadro siguiente para las secciones a 26, 21, 16, 11 y 6 m de profundidad: