

MADRID, 15 DE OCTUBRE DE 1880.

TOMO XXVIII.

NÚM. 20.

### SUMARIO.

Elevacion de un puente de hierro construido sobre el Ebro en Zaragoza.—Los puentes de fundicion comparados con los de hierro forjado (continuacion).—Enlace geodésico y astronómico de Europa y Africa.—Parte oficial.—Subastas.—Ministerio de Marina.—Noticias varias. Personal.—Obras públicas de Ultramar.

#### ELEVACION DE UN PUENTE DE HIERRO CONSTRUIDO SOBRE EL EBRO EN ZARAGOZA.

Láminas 102, 103 y 104.

Debemos á la atencion de los distinguidos Ingenieros los Sres. D. José María Faquineto, Jefe de la division de ferro-carriles de Barcelona, y D. Alfredo Biarez, Jefe de via y obras de la Compañía de los caminos de hierro del Norte, los datos y noticias que nos han servido para dar á conocer á nuestros lectores el procedimiento empleado para llevar á cabo la notable operacion que expresa el título de este artículo; y aprovechamos gustosos esta ocasion para hacer público nuestro agradecimiento y felicitar á dichos señores por el completo éxito con que se han realizado los trabajos, merced á sus profundos conocimientos en la materia.

Afluyen á Zaragoza tres vías férreas de gran importancia, dos de las cuales, Madrid á Zaragoza y la de Pamplona, se reunen en Casetas para terminar en la margen derecha del Ebro en el barrio denominado «Campo del Sepulcro», y la tercera, Zaragoza á Barcelona, cuya estacion de origen se halla situada en el Arrabal, en la orilla izquierda del mismo rio (lám. 102, fig. 1.<sup>a</sup>).

Cuando se terminó la construccion de estas líneas, las dos estaciones de Zaragoza se encontraban separadas por el rio; disposicion que evidentemente ocasionaba molestias y perjuicios á los viajeros, que necesitaban pasar de una á otra estacion para continuar su viaje, y gravaba de una manera notable á las mercancías que no hubieran de detenerse en Zaragoza, teniendo necesidad de hacer trasbordo en coches y camiones respectivamente.

Tratáronse de evitar en cuanto fuera posible los perjuicios que tal disposicion causaba, y ya en 1866 se buscó el medio de reunir ambas estaciones, á cuyo

fin se estudiaron diferentes proyectos, adoptándose el trazado indicado en la fig. 1.<sup>a</sup>, lám. 102, que consiste en prolongar la línea de Barcelona siguiendo la margen izquierda del rio, al que se cruza por un puente agua arriba de la poblacion, para empalmar despues con las líneas, reunidas ya, de Madrid y Pamplona.

La única circunstancia digna de un estudio detenido al hacer el proyecto de union de las dos estaciones fué la determinacion de los elementos necesarios para fijar las dimensiones que habian de darse al puente, especialmente en lo que se refiere á la altura á que habia de quedar la parte inferior de los tramos para conseguir el desagüe suficiente á un rio de tanta importancia como el Ebro, precisamente en un punto situado aguas arriba de Zaragoza y próximo á la poblacion; porque un error cometido en esta determinacion, cuyo resultado fuera un desagüe insuficiente, podria ocasionar la ruina del puente, que obraria en este caso como una presa, inundando gran parte de la poblacion.

La primera circunstancia que hubo de tenerse en cuenta para el establecimiento de la obra fué su emplazamiento, determinándole de modo que se pudiera hacer el empalme de la estacion del Arrabal con las líneas reunidas de Madrid y Pamplona con el menor desarrollo posible y cruzando el rio normalmente á su direccion, dando por resultado la eleccion del punto donde aparece emplazado en el plano (lám. 102, fig. 1.<sup>a</sup>). Despues, para determinar la altura á que habia de quedar la parte inferior de las vigas á fin de asegurar el desagüe, se tomaron datos de las mayores crecidas del rio, datos que en el caso de que se trataba podia suministrar con bastante exactitud el puente de fábrica que pone en comunicacion á Zaragoza con el Arrabal, y bajo el que siempre ha pasado fácilmente el caudal de agua del Ebro, aun en sus mayores crecidas.

Bajo el punto de vista del desagüe lineal no habia nada que temer, puesto que el puente antiguo tiene un desagüe de 163<sup>m</sup>,50, mientras que el que se proyectó tenia 318<sup>m</sup>,40; faltaba únicamente determinar la altura á que debian quedar las cabezas inferiores de las vigas que habian de constituir el puente, con la condicion de que existiese una altura

libre prudencial entre dichas cabezas y la superficie del agua durante las mayores crecidas del río. Para resolver esta cuestión se partió de la hipótesis de que la pendiente longitudinal de la superficie del agua permanecía la misma, cualquiera que fuese el caudal del río; se determinó durante la época de estiaje el desnivel entre los puntos del perfil longitudinal de dicha superficie correspondientes á los puntos de emplazamiento de ambas obras, que resultó ser de 0<sup>m</sup>,707; y como en la mayor crecida alcanzaron las aguas en el puente de fábrica una altura de 198<sup>m</sup>,344 sobre el nivel del mar, vino á deducirse que en el emplazamiento del puente que se proyectaba se elevarían á 199<sup>m</sup>,051 sobre el mismo nivel; decidiéndose por fin á colocar las vigas de manera que sus cabezas inferiores estuvieran situadas á 199<sup>m</sup>,751 sobre el nivel del mar, ó sea 0<sup>m</sup>,70 por encima de la mayor altura conocida que las aguas habían alcanzado, para tener en cuenta el remanso producido por las pilas, y para el caso de una crecida de más consideración que en lo sucesivo pudiera tener lugar.

La hipótesis en que se funda tal procedimiento no es exacta, puesto que la altura que alcanzan las aguas en los diferentes puntos de un cauce depende de diversas circunstancias, entre las que figura la forma que afecte el perfil trasversal en cada uno de ellos; siendo en nuestro concepto el método más aproximado á la verdad la observación directa en distintos puntos del cauce de las alturas que en los mismos hayan tomado las aguas, y en vista de los perfiles trasversales correspondientes y del perfil longitudinal del fondo del cauce, determinar el caudal de agua que llevó durante la crecida; siendo fácil deducir después la altura que alcanzaron en un punto cualquiera que se encuentre entre dos de los que han sido objeto de la observación directa, y por lo tanto del emplazamiento, con la aproximación suficiente, sobre todo, en cauces que presenten alguna regularidad para poder aplicar las fórmulas del movimiento del agua en los canales. La inexactitud resulta claramente también de las observaciones siguientes, hechas después de construido el puente de hierro en las condiciones que hemos dicho anteriormente :

| AÑOS. | ALTURA SOBRE EL NIVEL DEL MAR<br>DE LA SUPERFICIE DEL AGUA. |                            | Diferencias.<br>de nivel.<br>—<br>Metros. |
|-------|-------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|
|       | En el puente<br>de fábrica.                                 | En el puente<br>de hierro. |                                           |
|       | Metros.                                                     | Metros.                    |                                           |
| 1871  | 198,984                                                     | 201,101                    | 2,117                                     |
| 1878  | 198,154                                                     | 199,856                    | 1,702                                     |

Este estado nos demuestra que la pendiente es variable con el caudal de aguas del río, y al mismo tiempo pone de manifiesto la importancia del error cometido al determinar la altura que alcanzaría la superficie del agua en el puente de hierro para las mayores crecidas observadas antes de construir éste, puesto que la cota 198<sup>m</sup>,154 difiere poco de la que sirvió de base para redactar el proyecto, y la diferencia de nivel en vez de 0<sup>m</sup>,707, resulta ser 1<sup>m</sup>,702. La diferencia tan notable que se nota entre las señaladas en el estado anterior, á pesar de ser casi iguales las cotas observadas en el puente de fábrica, se explica fácilmente, porque la altura alcanzada por las aguas en 1871 en el puente de hierro era superior en 1<sup>m</sup>,35 á la de las cabezas inferiores de las vigas, resultando de aquí que las aguas se remansaron al encontrar al puente, dando lugar á una caída desde una á otra obra, mayor que la que hubiera resultado si no hubieran hallado más obstáculo que las pilas.

Vemos, pues, que el puente construido estaba mucho de encontrarse en las condiciones deseadas, y expuesto á ser destruido si crecidas como la de 1871, la mayor conocida, se sucediesen con frecuencia; en cuyo caso Zaragoza estaría constantemente amenazada, y la Compañía expuesta á que se tuviera que interrumpir la circulación de trenes en este punto.

No es extraño, en vista de lo expuesto, que la Compañía de los caminos de hierro del Norte, al tomar posesión de las líneas de Zaragoza á Pamplona y Barcelona, se haya apresurado á remediar tal estado de cosas, llevando á cabo los trabajos necesarios para hacer desaparecer el peligro que hemos señalado; á cuyo efecto, después de haber estudiado detenidamente la cuestión, y en la duda de la altura verdadera á que el agua se elevaría en las mayores crecidas, se decidió á colocar el puente 1<sup>m</sup>,80 más alto, resultando de aquí que, como la crecida de 1871 se elevó 1<sup>m</sup>,35 sobre las cabezas inferiores de las vigas, el puente, en su nueva posición, habrá de

quedar 0<sup>m</sup>,45 más elevado que la altura que alcanzaron en dicho año las aguas.

Antes de entrar en la explicación detallada del modo como se ha llevado á efecto la operación de elevar el puente, conviene dar una ligera descripción de éste (lámina 103, figs. 1.<sup>a</sup>, 2.<sup>a</sup> y 3.<sup>a</sup>).

Consta de ocho tramos, dos de los cuales, los extremos, miden 39<sup>m</sup>,60 de luz y 43<sup>m</sup>,20 los restantes, resultando, por lo tanto, que el puente tiene nueve apoyos; cada uno de éstos está formado por dos tubos de palastro de 2<sup>m</sup>,20 de diámetro, rellenos de hormigón hidráulico, coronados con sillería y unidos por medio de riostras también de palastro, sin que haya diferencia entre los apoyos extremos, que hacen las funciones de estribos, y los centrales, que hacen las de pilas. Sobre estos apoyos insisten dos vigas continuas de celosía, de 3<sup>m</sup>,93 de altura, unidas en su parte inferior por viguetas transversales, que á su vez están enlazadas por otras longitudinales sobre las que descansan los carriles por el intermedio de traviesas, y arriostradas en la parte superior por medio de nueve arcos de 4<sup>m</sup>,66 de luz y 1<sup>m</sup>,90 de flecha, en los puntos correspondientes á los apoyos del puente.

Para llevar á cabo la elevación del puente hubiera podido establecerse uno provisional, con el fin de que no se interrumpiera en lo más mínimo la circulación de trenes; pero en el caso actual este procedimiento era muy costoso, y se estudió la manera de elevar el puente sin interrumpir ni variar el paso de los trenes más importantes, y haciendo una pequeña variación en los cuadros de marcha de los de orden inferior, de suerte que se dispusiera de un período de tiempo de catorce horas, siete de la mañana á siete de la tarde, durante el cual ningún tren hubiera de pasar por aquel punto.

(Se continuará.)

## LOS PUENTES DE FUNDICIÓN COMPARADOS CON LOS DE HIERRO FORJADO.

(Continuación.)

Conocidos de todos los ingenieros los diversos sistemas de puentes americanos y las ventajas respectivas que les son peculiares, no entraremos á describirlos detalladamente, ni haremos un detenido estudio comparativo, limitándonos á recordar los sistemas más en uso, que sabido es pueden comprenderse en los dos grupos siguientes:

1.º Viga armada sostenida por un número mayor ó menor de péndolas y tirantes — sistemas Fink y Bollman.

2.º Viga de cabezas paralelas unidas por medio de piezas verticales é inclinadas ó bien todas ellas inclinadas, y cuyas piezas pueden cruzarse en uno ó varios puntos de su longitud, ó solamente encontrarse en sus extremidades.

En este último grupo se comprenden los siguientes sistemas de vigas:

1.º Sistemas Howe ó Jones y Pratt ó Murphy-Whipple, en los cuales las piezas inclinadas se apoyan contra las extremidades de las piezas verticales, pero sin cruzar las primeras á las segundas.

2.º La viga Linville, que difiere de las dos precedentes por el cruzamiento de las piezas de los dos sistemas, vertical é inclinado.

3.º La viga Post, formada por dos cabezas paralelas, unidas entre sí por medio de montantes y tirantes, ambos inclinados, pero presentando los dos sistemas de piezas inclinaciones diferentes y cruzándose en uno ó varios puntos de su longitud.

4.º La viga denominada *isométrica*, en la cual las piezas que trabajan á la extensión y las sometidas á esfuerzos de compresión afectan inclinaciones iguales.

5.º Viga Warren ó triangular, en la que todas las piezas principales afectan iguales inclinaciones, sin presentar puntos de cruzamiento.

Según la altura á que se coloca el piso los puentes de los diversos sistemas que acabamos de enumerar se dividen en dos clases: 1.º, puentes de piso superior (*undergrade* ó *deck bridges*); 2.º, puentes de piso inferior (*overgrade* ó *through bridges*).

Los límites admitidos para las distintas clases de esfuerzos en las vigas articuladas varían según la naturaleza de aquéllos, y están además definidos de diversas maneras. Estos límites son también diferentes según que se trate de esfuerzos que se desarrollen bruscamente ó de una manera progresiva. Rankine supone que para luces muy pequeñas el efecto ocasionado por los primeros es doble del que producen los segundos, y que este coeficiente debe disminuir á medida que aumenta la luz; pero sin dar una regla fija que determine esta variación.

En las cabezas inferiores y en los tirantes inclinados inmediatos á los estribos, piezas ambas sometidas á esfuerzos de tensión, que se desarrollan progresivamente bajo la acción de las cargas, el límite más generalmente admitido es el de 10.000 libras por pulgada cuadrada, ó sea 7,03 kilogramos por

# ELEVACION DE UN PUENTE DE HIERRO CONSTRUIDO SOBRE EL EBRO EN ZARAGOZA

Revista de Obras Públicas.

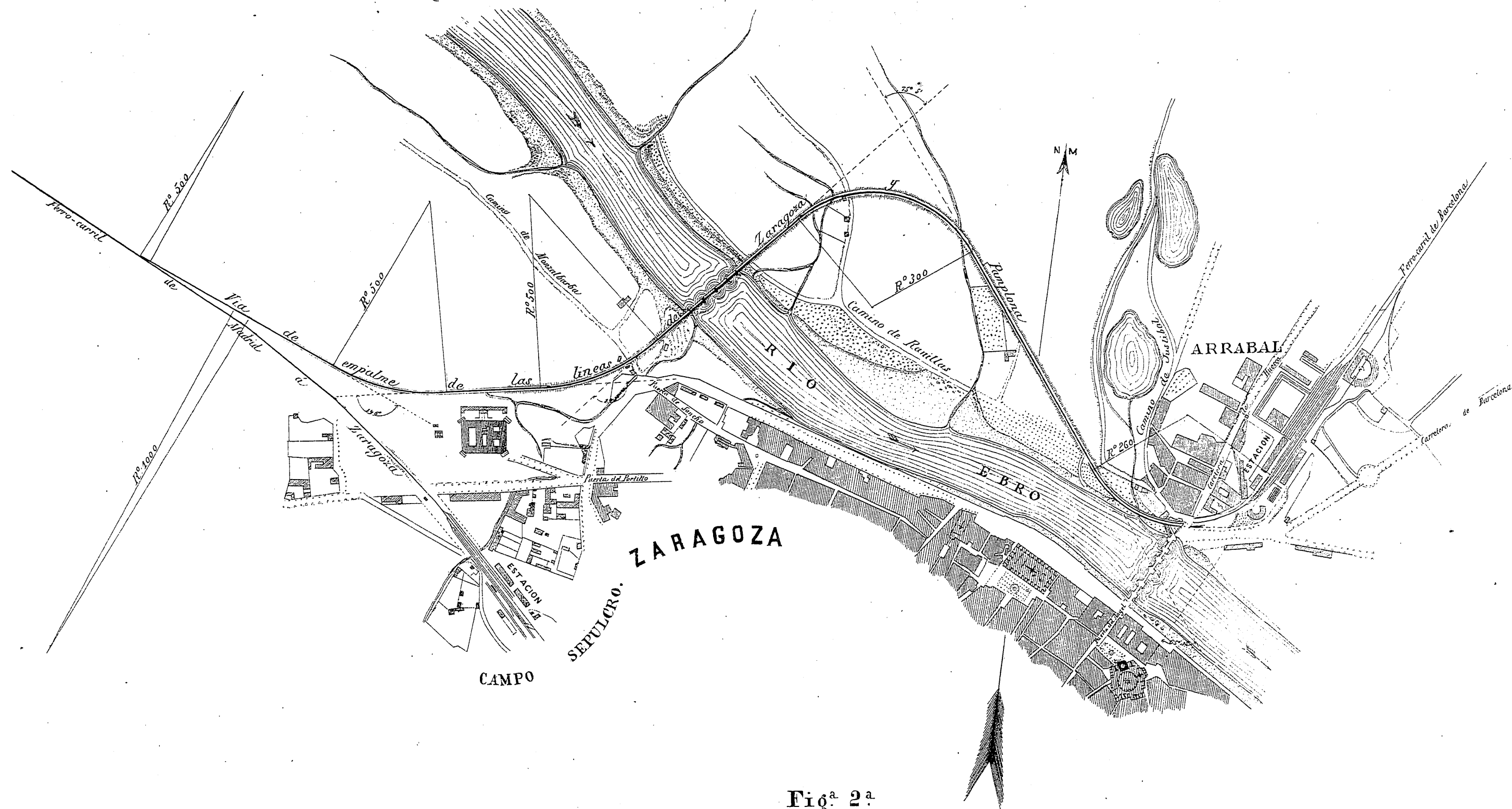
3<sup>a</sup> Serie Lám<sup>a</sup> 102.

Fig<sup>a</sup> 1<sup>a</sup>.

P L A N O

Escala de 1:5000

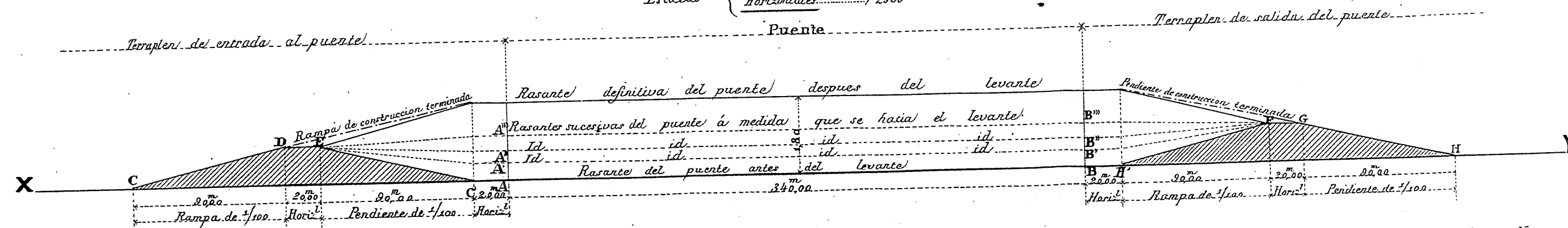
Ramal de empalme de las líneas de Zaragoza á Barcelona con las de Navarra y Madrid.



Fig<sup>a</sup> 2<sup>a</sup>.

Disposicion adoptada para levantar los terraplenes de acceso al puente.

Escalas { Verticales..... 1/100  
Horizontales..... 1/2500



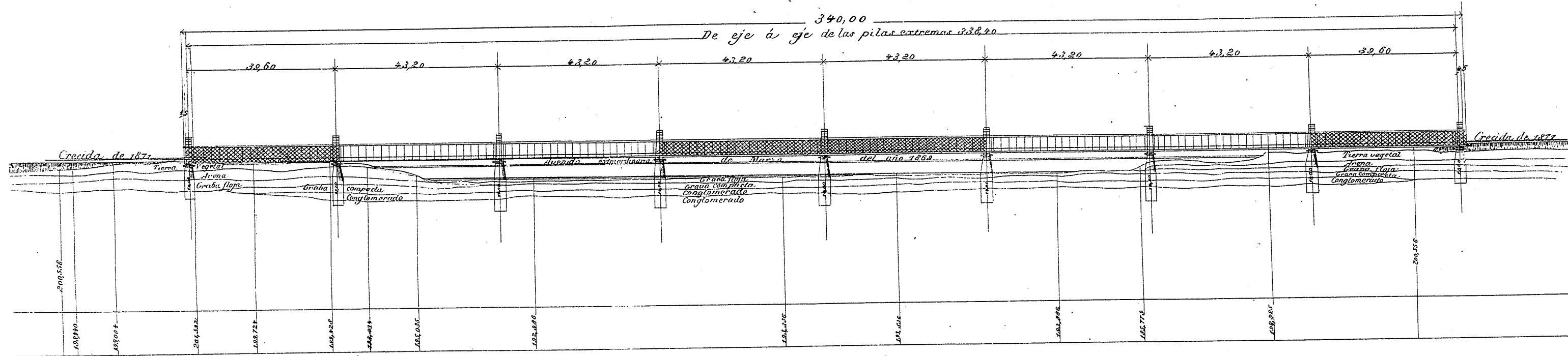
# ELEVACION DE UN PUENTE DE HIERRO CONSTRUIDO SOBRE EL EBRO EN ZARAGOZA.

3ª Serie Lám<sup>a</sup> 103

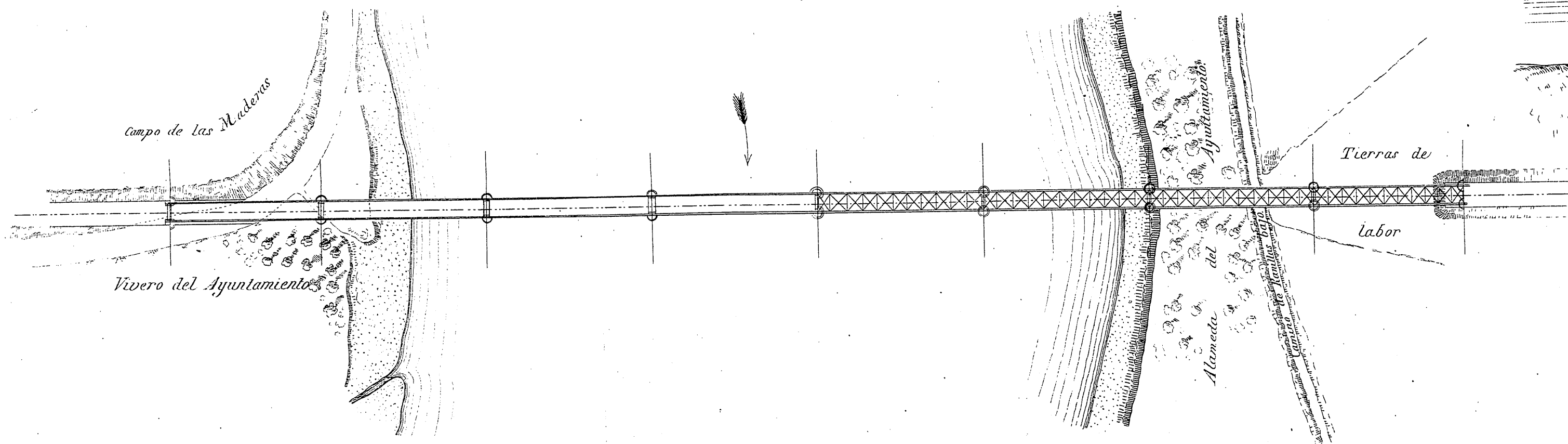
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

Escala 1/1000.

Proyeccion vertical

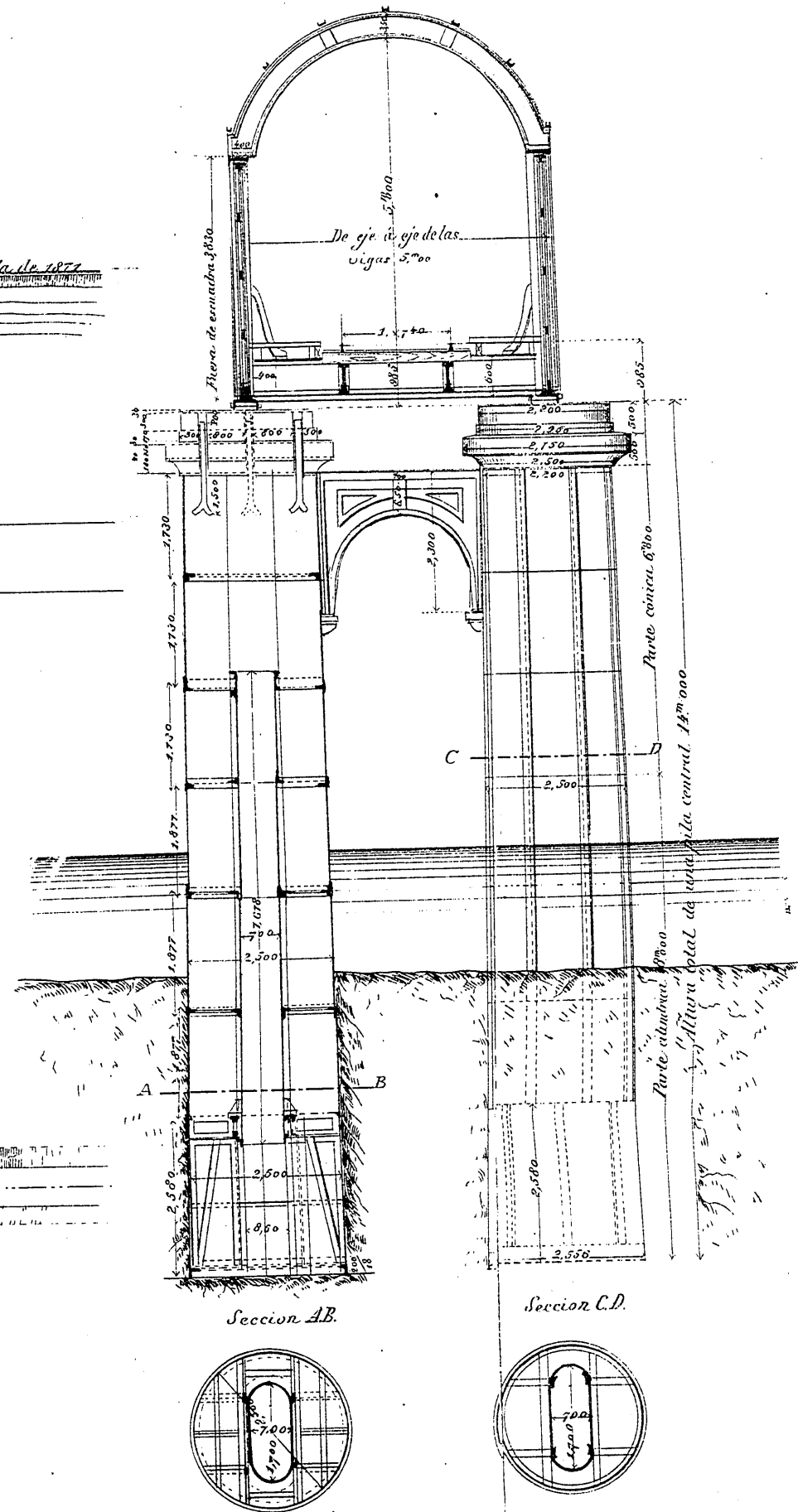


Proyeccion horizontal



F. GONZALEZ DE LA VEGA, g.

Alzado y seccion de una pila central  
Escala 1/100



L. A. P. R. M. MADRID

# ELEVACION DE UN PUEBLO DE HIERRO CONSTRUIDO SOBRE EL EBRO EN ZARAGOZA

3<sup>a</sup> Serie Lám<sup>a</sup> 104

