

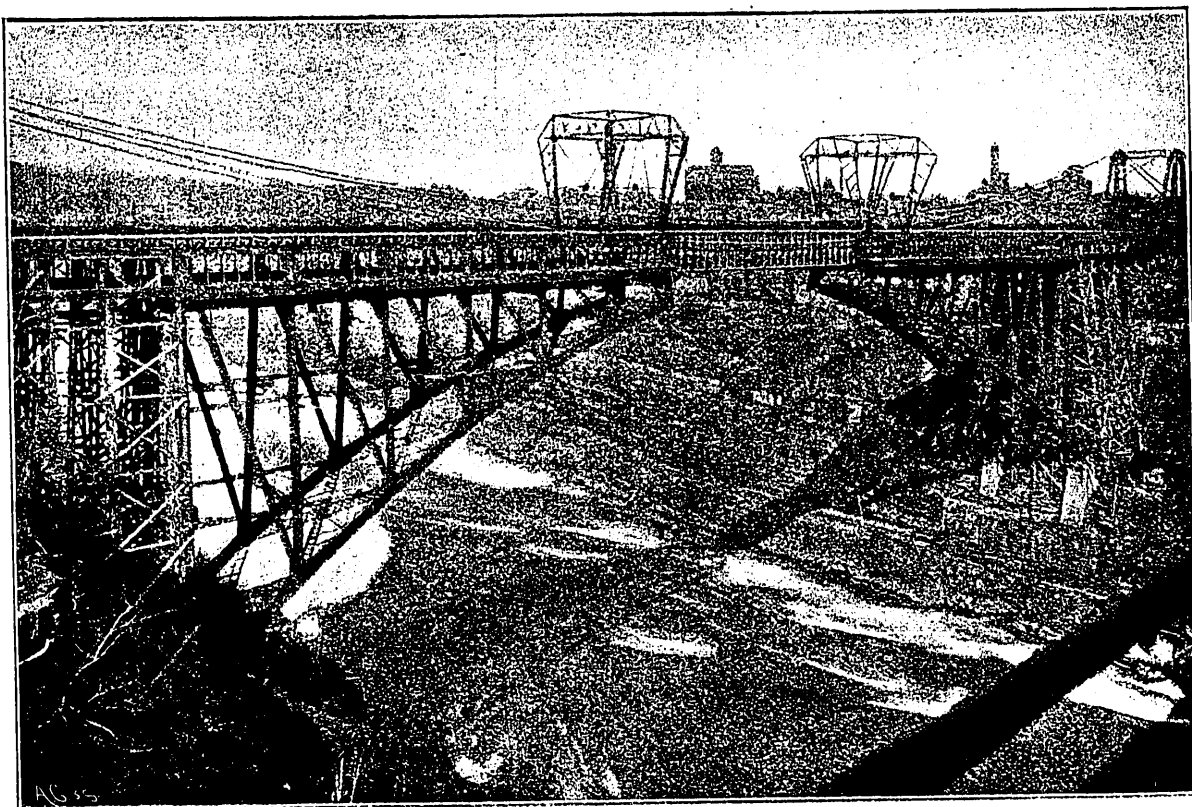
REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

FUNDADA Y SOSTENIDA POR EL CUERPO NACIONAL DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

Redactor-Presidente..... Excmo. é Ilmo. Sr. D. Luis Sáinz, Inspector general de primera clase del Cuerpo.
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
D. Luis Gaztelu, Profesor de la Escuela de Caminos.
D. Manuel Maluquer, Ingeniero del mismo Cuerpo, *Secretario*.
Colaboradores..... Todos los Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos.

SE PUBLICA LOS JUEVES

Redacción y Administración: Puerta del Sol, 9, pral



Vista general del nuevo puente sobre el Niágara durante la construcción. (Véase la *Revista extranjera*.)

CONSTRUCCIÓN DE UN TERCER DEPÓSITO DE AGUAS EN MADRID

El Gobierno ha resuelto llevar á término la construcción del gran depósito de aguas destinado á suprimir las molestas turbias que con excesiva frecuencia se presentan en la distribución de Madrid. Verificada la expropiación de los terrenos necesarios al efecto, se procedió á la excavación, pues el depósito se halla por completo en desmonte; esta excavación, ejecutada sin dificultad alguna y en un plazo relativamente corto, gracias al empleo de una potente excavadora de rosario, se ha terminado á mediados del año último, quedando en disposición de emprenderse la obra de fábrica, de la que se ha autorizado ya la ejecución por el sistema de contrata.

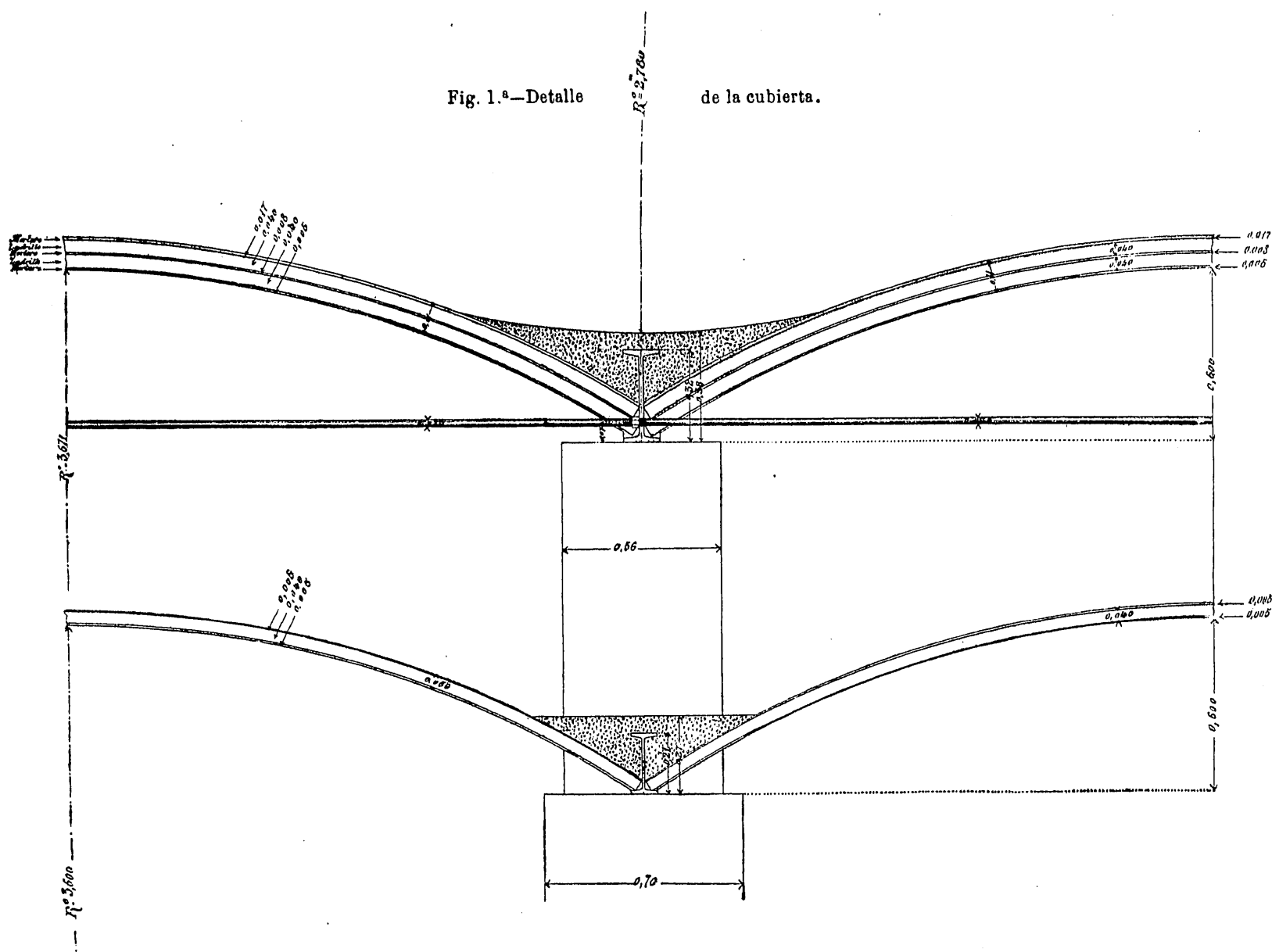
Con este motivo, y según ofrecimos á nuestros lecto-

res, vamos á describir sucintamente el proyecto definitivamente aprobado que, aparte de ofrecer algunas novedades en esta clase de construcciones, ha de llamar la atención por su capacidad considerable, que creemos no sea superada por la de ningún otro depósito cubierto.

Sabido es que antes de distribuirse las aguas del Lozoya en Madrid, la cantidad que se consumía era verdaderamente insignificante, con grave perjuicio de la higiene y de la riqueza de la capital de España; el consumo, al traerse las nuevas aguas, fué aumentando como era de prever; pero la progresión ha sido tan rápida, que ha sobrepuesto los cálculos más exagerados que á este propósito se hicieron. Como prueba de ello, estampamos á continuación el siguiente estado del consumo diario en diferentes años, debiendo advertir que estos datos no tienen en cuenta el agua que procedente de los antiguos viajes se utiliza aún hoy en Madrid.

Fig. 1.^a—Detalle

de la cubierta.



AÑOS	Metros cúbicos al día.
1858	2.000
1862	8.000
1866	15.000
1871	24.000
1885	85.000
1898	130.000

Por otra parte, en ese período de tiempo la población de Madrid ha aumentado de 250.000 habitantes á 500.000 en números redondos, habiendo, por lo tanto, variado el consumo de agua del Lozoya de 60 litros en 1866, á 260 litros por día y habitante que ha alcanzado en el verano último, esto sin contar la que procede de los antiguos viajes, y que no bajará de cinco litros por día y habitante.

Puede observarse de paso cuán equivocados son los datos publicados por ciertos autores, algunos de ellos muy respetables, que asignan al consumo de agua en Madrid cantidades muy inferiores á las verdaderas; así, por ejemplo: Bechmann, en la primera edición de su obra sobre distribución de agua, fija el consumo en 15 litros; la misma cantidad acepta el Dr. J. A. Martín en un artículo de la *Revue d'hygiène et de police sanitaire* publicado en 1896, mientras que el autor de un folleto sobre las aguas de Madrid, publicado en 1896, afirma que es igual á siete litros diarios de agua por día y habitante, estando en ellos

comprendidos la que conducen los antiguos viajes. Hay que consignar, por el contrario, que en cuanto á cantidad de agua consumida realmente, Madrid se halla muy por encima de todas las grandes capitales europeas, salvo, únicamente, Roma y Marsella, y que la capacidad de conducción del canal está aún lejos de haberse agotado.

No sucede lo propio con la de los depósitos de distribución, que con incremento en el consumo tan rapidísimo, hace tiempo que han resultado insuficientes, habiendo reconocido ya en 1877 la Administración la necesidad de construir un nuevo depósito que tuviera por principal objeto, no el regular las variaciones del consumo, fin primordial de la mayor parte de los depósitos de distribución, sino más bien, el almacenar un volumen considerable de agua clara que permitiera atender al consumo de la población interin el río experimentaba una de esas turbias tan intensas, que ni aun con la instalación de los más potentes filtros hubiera podido conseguirse evitar. Estos datos y antecedentes explican suficientemente el hecho de que las turbias de Madrid vayan en aumento, y de prever es que, en tanto que el nuevo depósito no se halle terminado, sigan repitiéndose con la deplorable é inevitable frecuencia con que las ha sufrido el vecindario de esta corte, por lo cual se comprende con cuánta necesidad se ha visto obligado el Gobierno á acometer una mejora, sin la que la distribución de Madrid adolecería de un inconveniente que cada vez alcanzaría mayor gravedad.

En 1881 el distinguido Ingeniero Jefe de Caminos don

Serafin Freart redactó el proyecto de un nuevo depósito de 443.000 metros cúbicos de capacidad, que unido á los existentes, la capacidad de los cuales se eleva á 241.000 metros cúbicos, había de permitir durante muchos días dar al consumo el agua clara almacenada ínterin pasase la turbia que se pudiera presentar en el Lozoya.

La descripción del proyecto referido apareció en las columnas de esta REVISTA (1); por Real orden de 23 de Noviembre de 1881 mereció la aprobación del Gobierno, si bien disponiendo que se introdujeran algunas modificaciones, que juntamente con otras ordenadas posteriormente han dado lugar al proyecto reformado, de que es autor el Ingeniero D. José Nicoláu, que es objeto de la presente nota.

De las tres soluciones propuestas, se ha elegido la que tiene la cubierta formada por dobles bovedillas de ladrillo que aprisionan una capa de aire, á la que se encomienda la impermeabilidad al calor que ha de ofrecer esta parte de la construcción, para evitar que el agua pueda calentarse; se comprende fácilmente que esta solución, que esencialmente se reduce á sustituir la capa de tierra adoptada ordinariamente como sustancia mala conductora del calor por otra de aire, ha de dar como resultado aligerar notablemente el peso de la cubierta y, por lo tanto, reducir las dimensiones y coste de los apoyos y sus cimientos, siendo preferible á cualquiera otra desde el punto de vista de la economía.

Para cerciorarse de su eficacia, se han llevado á cabo experimentos que han dado resultados en extremo satisfactorios.

Las bovedillas que forman la cubierta son de ladrillo y descansan en viguetas de acero de sección de doble T, las cuales, á su vez, están sostenidas por pilares, también de ladrillo; las inferiores están formadas por una sola capa de ladrillos, colocados de plano, y las superiores de dos capas, también de plano, empleándose para las juntas y enlucidos mortero de cemento portland, compuesto de 600 kilogramos de cemento por metro cúbico de arena. La figura 1.^a representa en detalle la sección de estas bovedillas, en las que, como se verá, se han enlucido los dos paramentos de la inferior y el interno de la superior con una delgadísima ca-

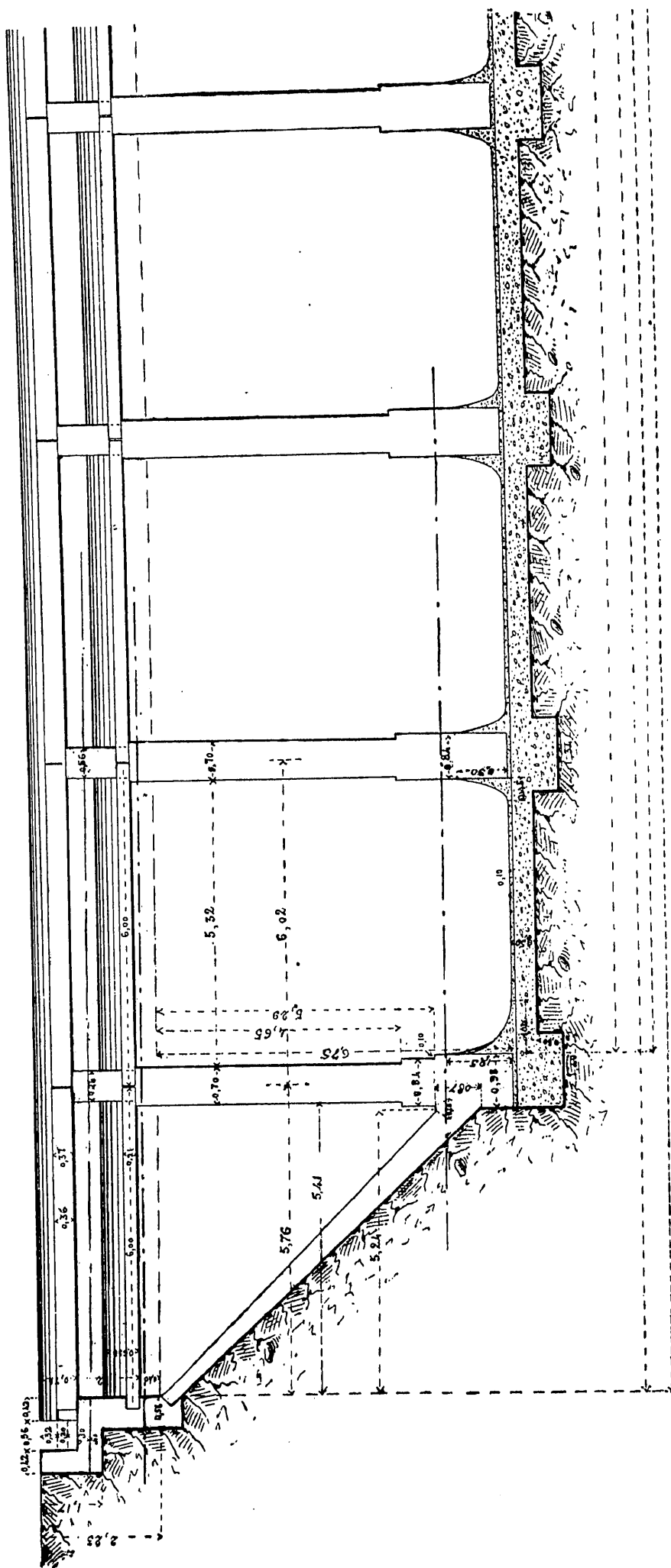
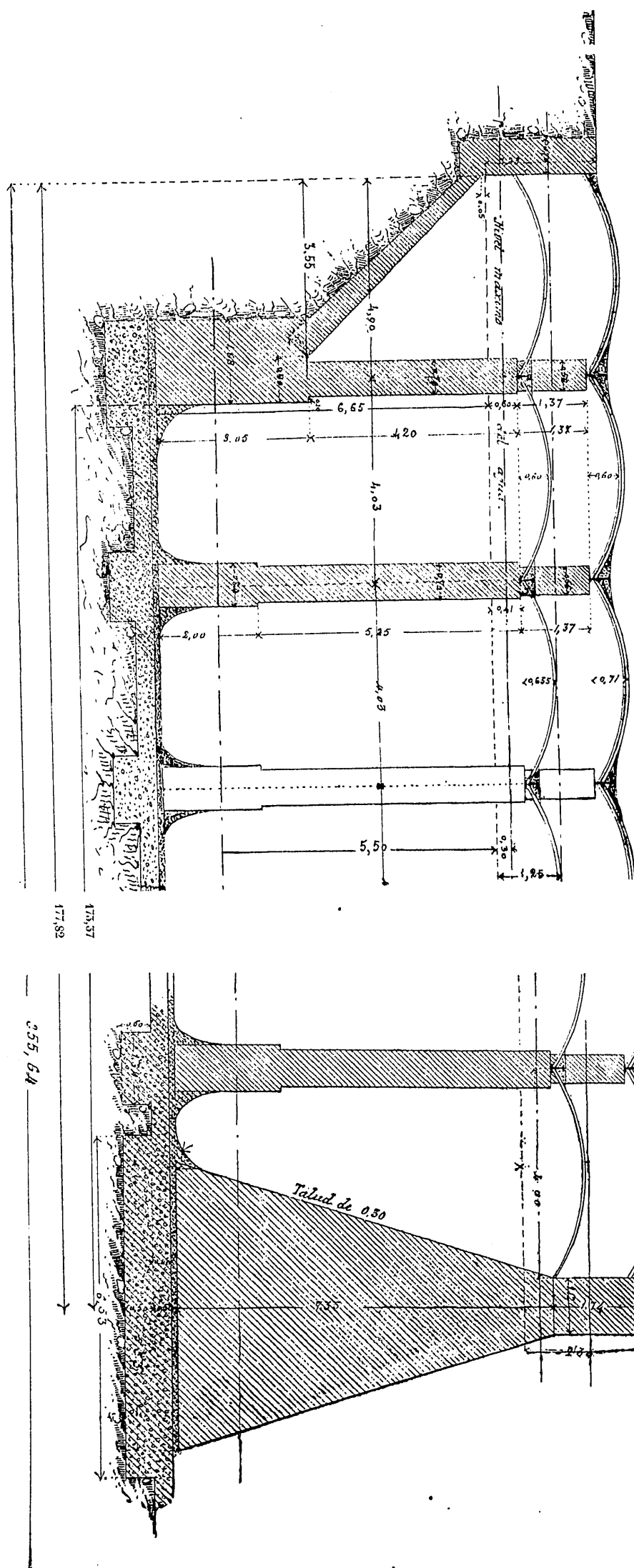


Fig. 3.—Sección longitudinal.



pa de mortero, suficiente, sin embargo, para evitar los efectos destructores del aire y la humedad en ladrillos de tan mediana calidad como son los que, ordinariamente, se fabrican en Madrid.

Aun cuando en varias regiones de España, y singularmente en Aragón, costa de Levante y Extremadura, vienen usándose de antiguo en las construcciones las bovedillas tabicadas, no dejará de llamar la atención la resistencia considerable que se ha obtenido con las que se han probado, construidas, muy aproximadamente, con las dimensiones de las del proyecto, empleando en ellas el llamado ladrillo tosco de Madrid, de calidad muy inferior; bovedillas análogas á las inferiores del proyecto han resistido, sin romperse ni deteriorarse, una carga de tres toneladas por metro cuadrado de plano horizontal, mientras que en las superiores, con dobles ladrillos de plano, la carga ha llegado á 9.240 kilogramos, también por metro cuadrado de plano horizontal, sin experimentar deterioro alguno, no habiéndose proseguido el experimento hasta alcanzar la rotura, porque la poca resistencia de los estribos, dado lo enorme de la carga, á la que nunca pudo creerse que se llegaría con el ladrillo empleado, hacía temer que ocurriera algún accidente desagradable. En estas pruebas se ha empleado como cemento el cemento Portland Vicat.

Tales resultados, que bien pueden calificarse de sorprendentes, parecen demostrar que los arcos de ladrillo de pandorete, singularmente cuando se forjan con yeso ó morteros hidráulicos, constituyendo macizos monolíticos, resisten, no como los arcos despiezados de fábrica, sino más bien como los metálicos, en los que juega papel principalísimo la elasticidad del sistema. Su empleo, dentro de los límites que ésta permita, podrá ser útil en muchos casos y preferible en algunos, por su economía, á las bovedillas de mortero ú hormigón armado, que tan en boga están en la actualidad.

Los muros de recinto del nuevo depósito difieren muy poco de los del proyecto primitivo; y más que muros, son revestimientos del talud de la excavación, que tiene una inclinación de 45° en gran parte de su altura. Esta disposición es en extremo económica; y si bien pudiera temerse que no resulte completamente eficaz para evitar las filtraciones, nada sería más fácil, si esto llegara á suceder, que es muy dudoso, que reforzar el revestimiento cuanto se juzgase necesario, evitándose de esta suerte hacer desde luego un gasto considerable, corriendo el riesgo de que resultara inútil.

Puede observarse que con las disposiciones adoptadas y con el empleo de tirantes en las bovedillas superiores, en que el empuje tiene alguna importancia, un accidente cualquiera en los revestimientos del recinto ó en cualquier punto de la cubierta no tendría transcendencia alguna; circunstancia que no tiene lugar en la mayor parte de los grandes depósitos construidos. A pesar de esto se ha juzgado indispensable dividir en dos compartimentos todo el local, facilitándose así notablemente el servicio y las operaciones de limpias y reparaciones.

En la figura 2 aparece la sección del muro divisorio, que, como se verá, difiere poco de la sección triangular; para el cálculo de este muro se ha supuesto que uno de los compartimentos se encontraba vacío y el otro con su carga máxima de agua, que es de 6,85 metros en el punto en que es mayor, pues hay que advertir que, con objeto de facilitar las limpias de la solera, ésta está en pendiente, existiendo entre el punto más alto y el más profundo un desnivel de 20 centímetros. En las condiciones supuestas, que son las más desfavorables, la curva de presiones está dentro del tercio de cada una de las secciones horizontales, distando en la base, que es donde más se acerca al tercio, 0,16 metros de este punto. En los nuevos depósitos de Saint-Cloud y Charonne, en París, se ha adoptado el sistema de los muros con aligeramientos interiores, propuestos también, y en parte empleados con mucha anterioridad en el depósito mayor del Canal de Isabel II; prescindiendo del caso de los muros de recinto, opinamos que en los divisorios el empleo de los muros macizos es, en general, preferible á aquéllos, pues siendo poca la diferencia de volumen de material, á igualdad de condiciones de estabilidad y resistencia, la mano de obra resulta más cara, el mayor volumen de los muros huecos representa una reducción en la capacidad útil del depósito, la que debe valorarse al precio á que aquélla resulte para los efectos de la comparación; y por último, el que se produzcan algunas pequeñas filtraciones en los casos excepcionales en que funcione sólo un compartimento no tiene mucha gravedad, sin contar con que, debido al mayor espesor, estas filtraciones se presentarán con mucha mayor dificultad en los muros macizos que en los huecos, y en éstos tenderán á producirse siempre, ya trabaje uno solo ó los dos compartimentos; circunstancia esta última de tal importancia, que bastaría por sí sola, á nuestro entender, para desechar su empleo en todos los casos.

Las dimensiones del depósito, á la altura del nivel máximo de las aguas, son: en el sentido de N. á S., 355,64 metros, y en el de E. á O., 216,20. La altura útil, contada desde la parte inferior de los tubos de toma al nivel máximo de las aguas, es de 6,65 metros. Desde el plano horizontal, que pasa por la parte inferior de los tubos de toma, hasta la solera del depósito, la altura es variable

entre 0 y 20 centímetros, sirviendo este espacio para la sedimentación de las impurezas que el agua pudiera traer en suspensión.

Las secciones del depósito, que adjuntas se reproducen, dan idea de las disposiciones principales; la solera será corrida, y compuesta de dos capas de hormigón: la primera de 0,40 metros de espesor, con piedra de 0,05 metros como máximo y mortero de cal de Valdemorillo y cemento de Zumaya, y la segunda de 0,10 metros de espesor, de piedra de 8 milímetros (garbancillo) y mortero de cemento Portland, en la proporción de 600 kilogramos de cemento por cada metro cúbico de arena.

La cubierta, según se ha dicho, no lleva capa alguna de tierra; las ondulaciones á que dan lugar las bovedillas llevarán el agua á los senos de las mismas, rellenos de hormigón, y para facilitar la salida tienen las bovedillas en su sentido longitudinal pendiente hacia los dos extremos.

Los pilares son de ladrillo tosco, fábrica empleada casi exclusivamente por ser la más barata en Madrid, salvo la de hormigón que, como se ha dicho antes, se adopta en la solera y senos de las bóvedas; también es de hormigón de cemento portland el relleno de los ángulos que los pilares y muros forman con la solera, relleno destinado, en primer término, á tapar las grietas que los asientos pudieran ocasionar, y en segundo término, á aumentar la estabilidad de la obra.

Las partes auxiliares de ésta son: Un nuevo acueducto que enlazará el canal de conducción con el depósito, pues el existente será, dentro de poco, insuficiente para atender al consumo de Madrid;

Dos pabellones en que se hallan las obras de entradas de aguas á cada uno de los compartimentos, con sus compuertas correspondientes para ponerlos á voluntad en comunicación con el acueducto;

Dos tomas de aguas, compuestas cada una de dos tubos de 0,85 metros de diámetro, con sus llaves de paso, estando en comunicación directa dichos tubos con una cañería de toma de 1,20 metros de diámetro, que empalma con las que salen del actual depósito mayor. Esta cañería está colocada en galería en todo el trayecto que confronta con el lado E. del depósito en que se halla establecida;

Una obra de bajada de tubos para la galería anterior.

Otra obra situada en el punto de intersección del muro divisorio con el lado E. citado, en la cual se hallan los desagües de fondo, los vertederos y los indicadores de nivel de cada uno de los compartimentos y, además, una de las dos comunicaciones de dichos compartimentos entre sí. La otra comunicación se halla en el extremo opuesto del depósito, consiguiéndose de esta suerte y con la situación en los extremos del lado E. de las entradas de aguas, que éstas tengan que recorrer trayectos sinuosos dentro del depósito, evitándose así el estancamiento.

Existe, además, un ventilador en cada uno de los extremos de las bovedillas, que pueden abrirse más ó menos ó cerrarse por completo.

Hay, por último, dos registros, uno en cada compartimento para las limpias y reparaciones.

Tales son las principales disposiciones de esta obra, que ha de emprenderse en breve plazo.

Traándose de un proyecto bastarán sin duda los anteriores datos para dar una idea de él; cuando se realicen las obras será ocasión apropiada de describirlas detalladamente.

damente dando cuenta de las particularidades que sean dignas de mención.

Como particularidad interesante, puede citarse la de que, siendo la capacidad útil igual á 471.520 metros cúbicos, resulta el coste total igual 6.1220.689 pesetas (1.036.699 pesetas, importe de la excavación del vaso, ya ejecutada,

más 5.083.990 pesetas, importe de las obras que faltan por ejecutar), con lo cual el metro cúbico de capacidad útil, prescindiendo del valor de los terrenos expropiados, costará 12,98 pesetas, cifra inferior á la obtenida en otras partes, como puede verse por el siguiente estado:

PRECIO DE VARIOS DEPÓSITOS DE AGUAS Y DEL METRO CÚBICO DE CAPACIDAD ÚTIL

NOMBRE DEL DEPÓSITO	Capacidad útil.	Coste total.	Valor del metro cúbico de capacidad útil.	OBSERVACIONES
	— Metros cúbicos.	— Francos.	— Francos.	
Burton-on-Trent	18.170	375.000	20,64	Con el valor del terreno.
Frankfort.....	20.000	1.140.000	57,00	
Villejuif (Paris).....	25.823	1.468.658	56,76	
Kilburn	27.261	575.000	21,09	
Widnes	45.440	974.325	21,44	
Woolwich (Londres).....	159.000	4.300.000	27,04	
Idem.....	109.000	3.075.000	28,21	
Saint-Cloud (Paris).....	200.000	13.381.000	66,98	
		Pesetas	Pesetas	
Depósito mayor (Madrid).....	183.000	3.250.028	17,76	
Tercer depósito en proyecto (Madrid).....	471.500	6.120.689	12,98	

REVISTA EXTRANJERA

El nuevo puente sobre el Niágara. (1)

Montaje.— El montaje de este puente es digno de estudio por las dificultades que presentó, no sólo por la magnitud de la obra, sino principalmente por la necesidad de construirla sin interrumpir el tránsito. Consiguióse este resultado casi por completo, pues solamente al final, mientras se armaba el piso, hubo necesidad de interrumpir el paso de los trenes durante dos horas diarias, eligiendo, naturalmente, las horas de menos movimiento. En el piso inferior, destinado al tránsito de carruajes, se prohibió también el paso durante este tiempo á causa de los peligros que hubiera ocasionado la obra del piso superior, llevada necesariamente con alguna precipitación.

El método de montaje que se adoptó es el usual en los puentes de esta clase; cada una de las dos mitades del arco se armó apoyada en su estribo correspondiente y amarrada á las laderas, por medio de cadenas horizontales á la altura de la cabeza superior, avanzando desde las márgenes hacia el centro, á manera de pescantes, hasta lograr su unión en la clave. La figura 10 representa la disposición general de las cadenas y de sus amarras. En la parte anterior se utilizaban como cadenas las cabezas superiores de los tramos rectos laterales, reforzados provisionalmente con este objeto; en el resto, los eslabones eran barras terminadas por ojos atravesados por clavijas. En la figura 11 se representan en mayor escala el aparato tensor, la disposición

adoptada para volver á ángulo recto la cadena al penetrar en el pozo y el fondo del pozo con los detalles de una de las placas de amarra. El tensor es un paralelogramo articulado, con una diagonal vertical, constituida por un tornillo que permite aumentar ó disminuir la longitud de aquélla, y en consecuencia de la diagonal horizontal que coincide con el eje de la cadena. Se ofrecieron algunas dudas respecto á la eficacia de este sistema, á causa del peso considerable que obraba sobre el aparato; pero funcionó satisfactoriamente, bastando para la maniobra diez y nueve operarios, que actuaban sobre las tuercas por medio de palancas como las que se usan en los cabrestantes.

El pozo tenía una sección rectangular de 1^m,50 por 1^m,80 y una profundidad de 6 metros; en el fondo se abrió una cámara de dimensiones suficientes para alojar la placa de amarra. Después de colocada esta placa y la parte de cadena comprendida en el pozo, se llenó éste de hormigón, y aunque no se tomó precaución alguna para separar la cadena de la fábrica, no se observaron grietas hasta que estuvieron montadas seis mallas del arco; aquellas grietas eran de poca importancia y no se vió que fueran en aumento.

Se pensó en emplear, para conducir las piezas á su posición, un cable metálico, apoyado en las pilas del puente antiguo, conforme á la disposición que había utilizado con éxito el Sr. Buck al montar el viaducto de Verrugas (Perú); pero el elevado coste de esta solución y la falta de experiencia en la aplicación de este sistema, decidieron á la casa constructora á emplear las dos grúas móviles que se ven en la figura 9 (1). El mayor peso que debían

(1) Véase el número anterior.

(1) Véase el grabado de la primera plana de este número.

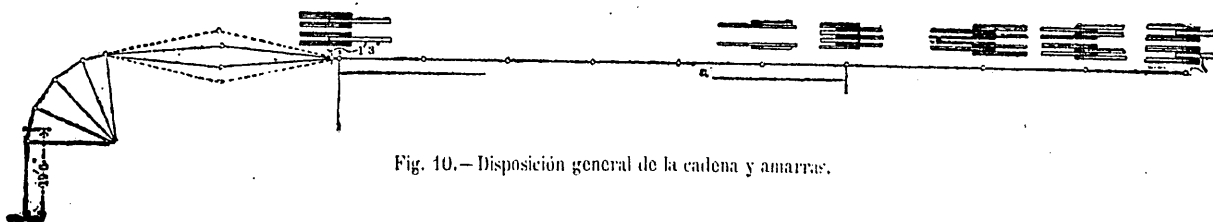


Fig. 10.— Disposición general de la cadena y amarras.