

ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE A TOLEDO

Por ANGEL ORTIZ DOU, Ingeniero de Caminos.

El autor del proyecto e Ingeniero encargado de la interesante obra que se describe en el presente artículo, pone de manifiesto la eficacia de los organismos de Obras Públicas — Servicios Hidráulicos del Tajo, en este caso — para proyectar y construir abastecimientos de agua.

Algunos antecedentes.

Pocas poblaciones, de las que, como Toledo, han estado siempre presentes en la historia del mundo, han sentido tan continuada sed de agua potable. Agrava moralmente esta necesidad el hecho de estar rodeada por uno de los ríos más caudalosos de España, pero cuya impotabilidad ha sido siempre tan manifiesta que, por las materias que lleva en suspensión, se llegó a usar en Roma para el cuidado de la piel de las romanas, según nos dicen los historiadores de la época del Imperio.

Los iberos y demás habitantes prerromanos utilizaron aljibes que llenaban con agua de lluvia o de manantiales próximos.

A fines del siglo II los romanos se deciden a afrontar el problema en toda su amplitud y construyen una magnífica traída de agua de unos 35 Km de recorrido, con un gran embalse en el término de Mazarambray y un acueducto sobre el Tajo que necesariamente había de ser de extraordinaria belleza. Este conjunto es superior a todas las demás traídas de agua romanas construídas en España. Su importancia — tiene transvases de cuencas y una rotura de presa — merece un estudio especial, que estamos preparando. El accidente antes citado y las luchas de la Reconquista acaban de arruinarlo, y en el siglo IX deja de funcionar.

En la Edad Media existen también los aljibes y pozos con brocales de gran interés artístico. Las pocas mansiones árabes de importancia que existieron en la vega de Toledo tenían clepsidras y otros juegos de agua que se han perdido.

Juanello, en el siglo XVI, monta su artificio, que no llega a funcionar; la descripción de su contemporáneo Ambrosio de Morales, y el concienzudo estudio de D. Antonio del Aguila, dicen todo lo que se pueda saber en esta materia.

En el mismo siglo, y precediendo a Juanello, hay intento de aprovechamientos de los molinos de Garcí-Sánchez, también en las inmediaciones del puente de Alcántara. Intervienen en ello el marqués del Zenete y los Ingenieros Juan de Coten y Maese Jorge "el Flamenco".

El poco éxito de todos estos artificios se debe al

conjunto de circunstancias que unen las dificultades técnicas con las económicas, pues los impuestos — generalmente sobre artículos de consumo —, que iban a allegar recursos, siempre tuvieron la enemiga de los elementos de mayor influencia política y social.

No se abandonan tampoco en los siglos XVII y XVIII los pozos y aljibes, y ya con Carlos III llegamos a fuentes dentro de la ciudad que llevan el agua de manantiales próximos, pero muy escasos: Santa Ana, Cibráhigos y Pazuela.

En 1860 se inicia una intensísima campaña pro agua, que da como resultado lo que ahora existe: una conducción desde la dehesa de Burguillos, de 5 l./seg. de agua potable y una elevación de agua del Tajo de unos 2 000 m.³ diarios; este conjunto se ve es escasísimo para una población de 35 000 habitantes, con la perspectiva de nuevos establecimientos militares de gran importancia.

Todo ello determina al Gobierno, en el año 1944, a ordenar al Ministerio de Obras Públicas el estudio y ejecución del abastecimiento, sin limitaciones de ningún género y con colaboración del Ministerio del Ejército y el Ayuntamiento de Toledo.

La amplitud de margen antes citado, nos permitió estudiar perfectamente todas las soluciones probables y posibles y llegar a una conclusión en la que coincidían un estudio anónimo de hace cien años, señalando los montes de Toledo como única fuente posible, y los informes de los eminentes Ingenieros, grandes conocedores de la región, D. Bernardo Granda y D. Roberto Dublang.

Generalidades del proyecto.

Se embalsa el agua del Arroyo Torcón (afluente directo del Tajo), entre los pueblos de Navahermosa y Menasalbas, y por una conducción de 62 Km. de longitud se lleva a un depósito situado frente a Toledo, encima de la Zona de los Cigarrales. Del Depósito de los Palos va el agua, a través del puente San Martín, a los antiguos depósitos de la ciudad, desde los que se abastece ésta, salvo la zona alta, para la que se conserva la presión que da el de los Palos, que está a unos 70 m. sobre los puntos de más cota de la misma.

Esta última parte es obra municipal, también en ejecución.

El proyecto no presenta detalle alguno digno de especial mención, pues además de no ser necesarias soluciones excepcionales, hemos seguido el criterio de proyectar cosas autárquicas, no sólo en cuanto a materiales, sino también en cuanto a métodos y procedimientos.

Aprovechamos esta ocasión para decir a los Ingenieros jóvenes que, cuando tengan que inventar una cosa, busquen mucho antes de decidirse a hacerlo, pues seguramente ya está inventada, y si, a pesar de ello, tienen que inventarla, piensen más en las condiciones del posible constructor que en su orgullo y lucimiento técnico.

La dotación por habitante y día se proyecta en 200 litros, teniendo en cuenta, para el número de habitantes, el aumento de población que suponen las nuevas instalaciones militares y el que lleva Toledo desde mediados del siglo pasado; pues no hay que dejarse llevar por esos extendidos tópicos de que las ciudades próximas a las grandes poblaciones van disminuyendo en importancia. El crecimiento de la población de To-

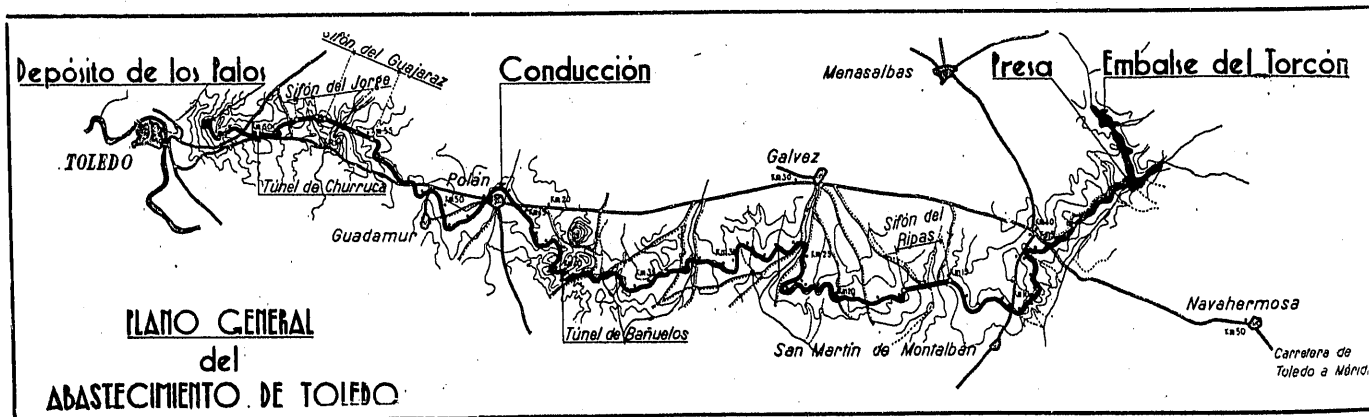
ledo, según diversos datos estadísticos, ha sido continuo y no ha parado ni aun en momentos en que las comunicaciones con Madrid eran extraordinariamente fáciles.

La calidad del agua es muy similar a la del Lozoya.

Aforos.

Se montó una estación de aforos, si no con lujo, perfectamente dotada, pues cuando se estudió el proyecto las sequías pertinaces hacían dudar a muchos de la cantidad de agua posible. Quedamos tranquilos porque el año de mayor sequía registramos 12 millones de m.³, y sólo nos son necesarios seis, como máximo.

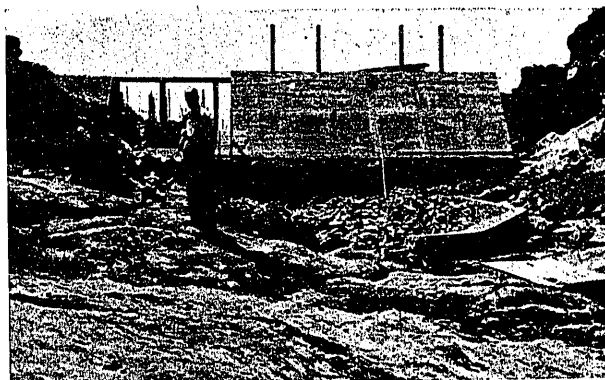
La premura del tiempo para proyectar y la falta de aforos en la zona, obligó a tener que tomar en principio resoluciones fundadas en signos externos. Se estimó de gran valía la existencia de numerosos molinos primitivos en el Arroyo Torcón y sus afluentes, pues la experiencia del campo nos dice que las cosechas que en ellos se muelen corresponden a gentes y zonas po-



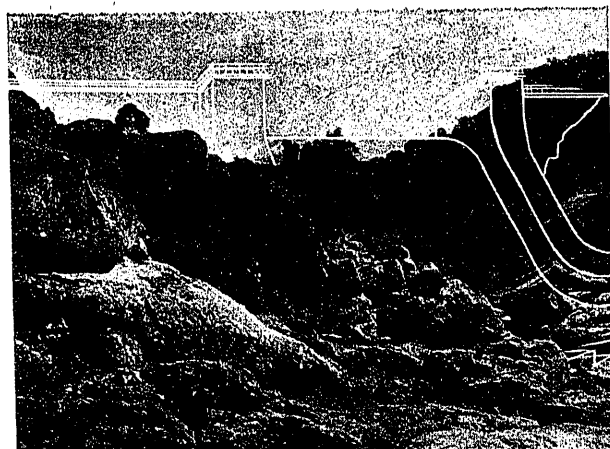
Panorámica de la conducción. (A la derecha, el embalse del Torcón; a la izquierda, abajo, Toledo).



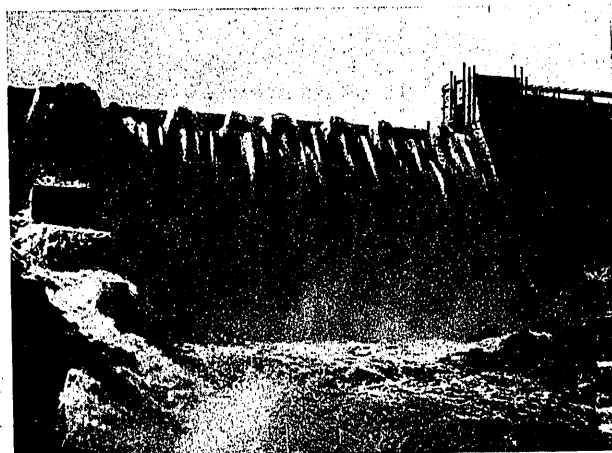
Estación de aforos en el arroyo Torcón.



La presa del Torcón, en construcción.



Emplazamiento de la presa del embalse del Torcón.



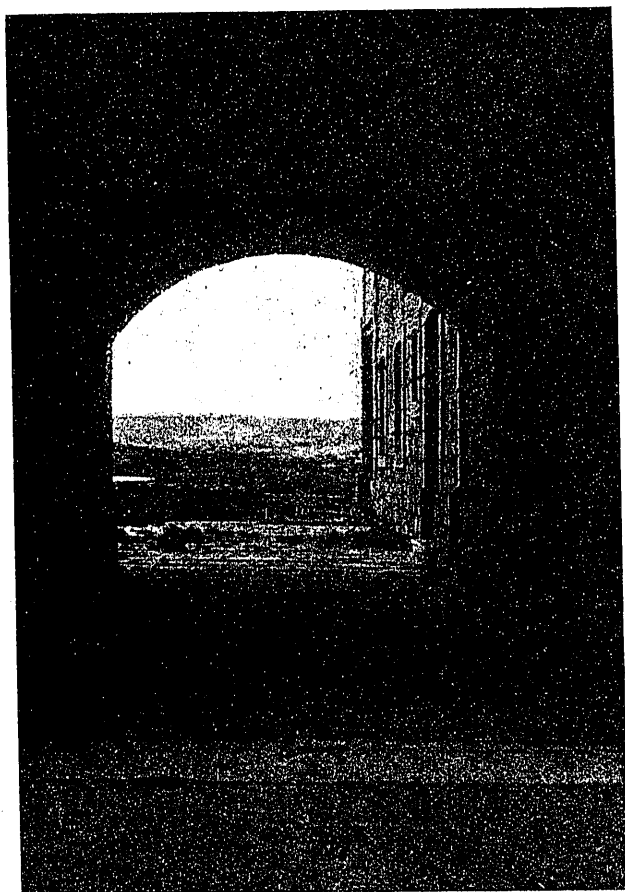
La presa del Torcón, aun sin terminar, en la riada de marzo de 1947.



Cimentación de la presa del embalse del Torcón.



Casa-Administración del Torcón.



Casa-Administración del Torcón.

bres que no pueden esperar; es decir, han de moler pronto y, por tanto, el estiaje es corto.

Embalse del Torcón.

La capacidad es de 4 millones de m.³, lo que supone asegurar el abastecimiento, con todas las pérdidas que pueda haber, durante ocho meses; a primera vista puede parecer excesivo, pero hay que tener en cuenta que el último millón se embalsa en el último metro de altura de presa.

La presa es de vertedero, de 18 m. de altura y 30 de longitud en el mismo, con un desagüe máximo de 500 m.³ por segundo. El terreno del emplazamiento, así como toda la cuenca, es granítico con cuarcitas silúricas en las partes altas; la cimentación ha sido fácil, pues el lecho de la cerrada se encuentra en perfecto estado. No puede decirse lo mismo de las laderas, lo que ha supuesto una estribación mayor de la proyectada, pero sin que presente ninguna particularidad que obligue a tomar medidas extraordinarias;

prueba de ello es lo bien que ha resistido, aun sin estar terminada, la riada de los primeros días del pasado marzo, en los que durante cuarenta y ocho horas se vertió a razón de 350 m.³ por segundo.

El perfil del vertedero es Creager, ensanchado en su coronación por el denominado "hocico de foca", paramento vertical aguas arriba y talud de 0,70 aguas abajo, que, supuesta subpresión triangular media, produce, con cuatro metros de lámina vertiente, una carga máxima, al pie de este último paramento, de 5 Kg., siendo despreciables los esfuerzos tangenciales y cortantes.

El vertedero está limitado en sus dos extremos por dos estribos de cuatro metros de anchura cada uno, sirviendo como cajeros de encauzamiento de la lámina vertiente, y el derecho, para albergar los dispositivos de desagüe de fondo y toma.

El desagüe de fondo es circular, de 1,12 m. de diámetro, con compuerta de paramento aguas arriba y válvula aguas abajo.

La toma está constituida por un tubo de 0,36 m.



Casa-Administración del Torcón.

de diámetro empotrado en el estribo, con válvula aguas abajo y compuerta de paramento aguas arriba; tanto la válvula del desagüe de fondo como la de la toma se acciona desde una cámara, formando cuerpo con el estribo derecho.

El empotramiento con las laderas se efectúa por medio de sendas presas de gravedad, con paramentos paralelos a los del vertedero, dando una anchura total de presa, en su coronación, de 113,40 m.

Protección de pie de presa.

El sistema adoptado para amortiguar la energía de la lámina vertiente es el de trampolín dentado de doble lanzamiento, cuyas dimensiones han sido fijadas de acuerdo con los ensayos en modelo reducido efectuados en los Laboratorios de Hidráulica de la Escuela de Caminos.

Se consideró también la solución de trampolín de libre lanzamiento, en un completísimo trabajo que por el citado Laboratorio se hizo al servicio que ejecuta la obra; pero todos coincidimos en la adoptada.

Hemos de aconsejar con verdadero interés este procedimiento de estudio a través de un organismo tan competente y con tan gran experiencia; ello es siempre preferible a los estudios y experimentos particulares en cada obra, máxime cuando las propuestas presentan siempre todas las soluciones viables.

El trampolín está constituido por seis dientes de 5,80 m. de longitud, 1,50 m. de altura y 2,87 m. de anchura, con una pendiente de 0,36 y cinco vanos de 2,56 m. de anchura y una pendiente de 0,10.

Depósito de sedimentación.

En la Memoria de este proyecto se decía que, "Aun cuando normalmente el agua que salga por la toma es lo suficientemente pura para no necesitar ninguna corrección física, hemos previsto el enturbiamiento natural en avenidas".

Para ello se proyectó un depósito capaz de eliminar la arcilla plástica que pudiera arrastrar el agua durante las avenidas, extremo que hemos visto confirmado en la última producida.

Se conseguía esto con un depósito de 4,00 m.² de sección y una longitud de 25 m., lo que producía una velocidad en el agua de 0,05 m. por segundo.

Previamente, en una arqueta de 2,20 por 1,75 m., se amortiguaba la energía de salida.

A continuación, y por medio de un cambio de sección progresivo, dispuesto de modo que los filetes líquidos discurriesen suavemente, se llegaba a la sección

de 4 m.² antes citada. En el trayecto había siete tabiques colocados respectivamente a un lado y otro y de una altura inferior a la de la superficie del agua, sirviendo en régimen normal para aumentar el recorrido, así como precipitar la sedimentación de la arcilla. Y al bajar el nivel durante la limpia se disminuía notablemente la sección, adquiriendo las aguas mayor velocidad, provocando el arrastre de las sedimentaciones.

Conducción.

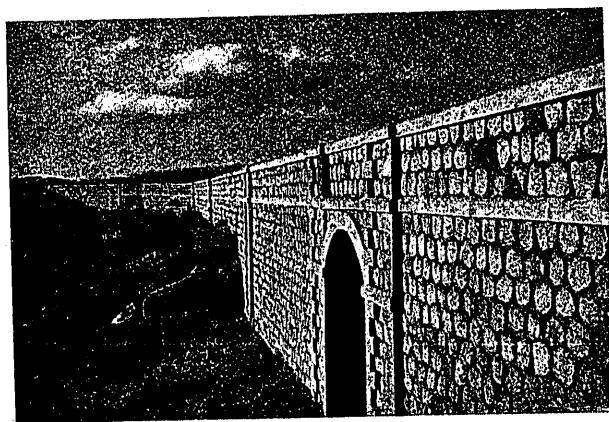
La longitud total será de 62 Km., de los cuales corresponden 55 Km. al canal normal y acueductos, y 7, a sifones. Hay también dos túneles.

El canal normal, para 200 l./seg., es de sección trapezoidal, de 0,70 m. arriba, 0,44 m. abajo y 0,56 de altura; lleva cubierta continua de bóveda, también de hormigón en masa, con registros cada 50 m., que le hacen visitable en su totalidad. La pendiente es de media milésima.

Los sifones son de hormigón centrifugado con armadura y camisa de palastro, que en ningún caso, por poca que fuera la carga, se estimó conveniente suprimir. El mayor, del Guajaraz, tiene 2 200 m. l. de longitud y llega hasta una carga de 8 atmósferas. El diámetro de todos es de 0,50 m.

Se prefirió esta solución a la corriente de la fundición, porque en el momento de proyectar era más fácil la adquisición de chapa; pero ahora, al construir, nos hemos dado cuenta pasa lo contrario, y ello va a retrasar la obra, a la que en realidad no le quedan más que cinco meses de ejecución a ritmo normal.

Las pruebas de resistencia de estos tubos han sobrepasado todos los cálculos con gran exceso.



Acueducto del Km. 3 de la conducción.



Excavación para el depósito del Cerro de los Palos.



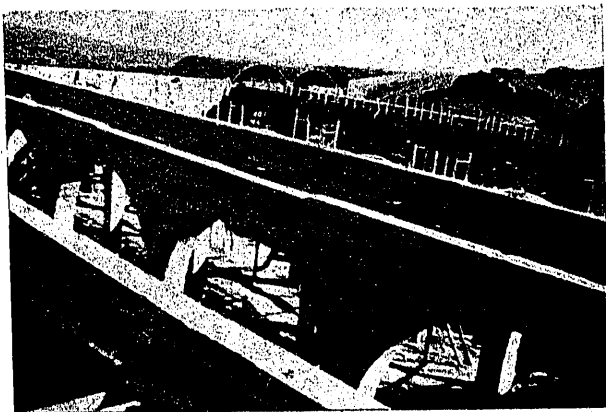
Depósito del Cerro de los Palos, en 20 de enero de 1947.



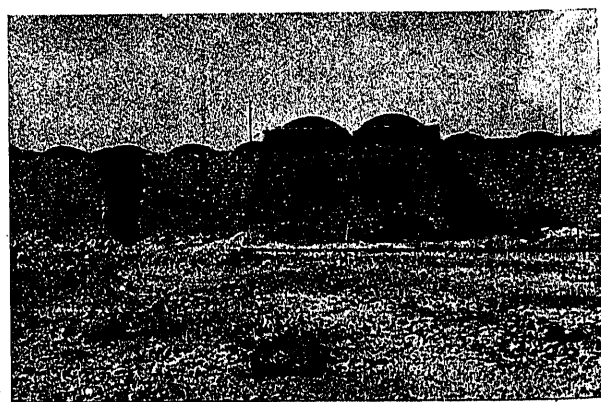
Visita del Ministro y Director general, en 5 de enero de 1946.



Depósito del Cerro de los Palos.



Depósito del Cerro de los Palos, en 20 de noviembre de 1946.



Depósito del Cerro de los Palos.

Depósito regulador.

Se proyecta uno de dos compartimientos, con una capacidad total de 14 000 m.³, caudal máximo a gastar en un día. No se ha estimado conveniente pasar de esa cantidad: 1.º, porque falta mucho tiempo para que se llegue a ese consumo teórico; 2.º, se conservan todos los depósitos interiores de Toledo, y a los grandes establecimientos militares se les está dotando de depósitos propios, y 3.º, por la solidez de toda la obra son de temer pocas averías, pues incluso este depósito está emplazado sobre terreno granítico.

Estamos ante uno de los casos típicos que al presentarse a los Ingenieros deben resolverse por razonamiento vulgar y no por técnica, que al conjugar las curvas de alimentación con las de gasto, nos hubieran llevado a soluciones más caras. Tenemos la satisfacción de decir que así lo estimó la Superioridad.

Está semienterrado, con muros exteriores de mampostería e interiores de hormigón en masa, aligerados, y lleva una cubierta de doble bóveda de ladrillo.

Obras auxiliares.

En el emplazamiento del embalse del Torcón se hizo una casa-administración, viviendas para el personal y un almacén de cemento. Para acceso a este emplazamiento fué necesario construir un camino de 6 Km.

A lo largo de la conducción hay cuatro casillas para guardería.

En el depósito regulador hay también un almacén de cemento, camino de acceso, casilla de guardería y un pequeño local para la Administración, que ofrece una de las vistas más definitivas de Toledo, por estar emplazado en la parte alta de la "Quinta del Mirabel", antiguo Cigarral de aquel gran Cardenal Quiroga que tanto pesó en la vida de esa capital.

Consideraciones económicas.

Al terminar el proyecto, comparamos el coste de este abastecimiento con otros ya ejecutados o en ejecución, aplicando los índices de valor de la moneda en cada momento.

Como el coste de las obras ascendía a 22.5 millones de pesetas, el importe del litro por segundo es de 112 459,87 pesetas. En abastecimientos similares, ya construídos, el coste oscila de 150 000 a 200 000 pesetas el litro por segundo, y en los que están en construcción pasará de 250 000 pesetas.

En un interesante estudio que sobre el agua de Toledo hace en el año 1863 el eminente Ingeniero don Luis de la Escosura, nos deduce que, con las caballerías, carros, aguadores, etc., el coste anual del agua se eleva a *trescientos mil reales de vellón*, cantidad fabulosa para lo que era la vida doméstica de aquellos tiempos.