

Como la anchura de la bóveda es de 6 metros, se han necesitado 12 láminas de acero de $0,50 \times 0,25$ metros (y 25 milímetros de espesor) para guarnecerla enteramente; estas láminas están protegidas contra la humedad por un palastro plegado. Las dimensiones de los cojinetes son de 50 centímetros de longitud, 60 de altura y 40 de anchura.

El esfuerzo de compresión máxima en estas articulaciones no llega á 200 kilogramos por centímetro cuadrado, ó sea, próximamente, la decima parte de la resistencia del granito empleado.

Construcción del puente.—La construcción se ha hecho sobre andamiajes de madera (figuras 5.^a y 6.^a) protegidos contra las crecidas del Aar por pilotes rompehielos. Unos puntales aumentan su estabilidad, tanto agua arriba como agua abajo. En fin, las cimbras descansan sobre 48 cajas de arena *b*, de palastro, de grandes dimensiones. La bóveda (700 metros) fué hormigonada por dovelas separadas, en un orden bastante complejo, como lo indican los números inscritos en la figura 5.^a, partiendo de la clave y terminando por intervalos de 60 centímetros (numerados de 21 á 24) alojados entre las dovelas propiamente dichas. Estas podían, por lo tanto, fraguar separadamente y la contracción de la bóveda se reducía al minimum. Gracias á esta división y á la resistencia de las cimbras, la bóveda no ha tenido ninguna grieta en el momento del descimbramiento.

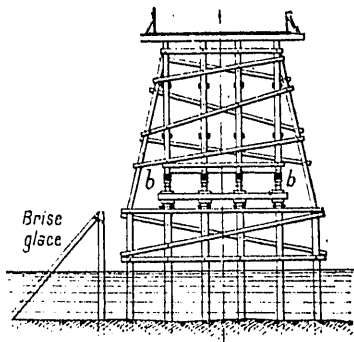


Fig. 6.^a

El hormigón estaba dosificado en la proporción de 350 kilogramos de cemento portland artificial, por 1.200 litros de grava y arena lavadas. Las pruebas de este hormigón presentaban, al cabo de veinticuatro días, una resistencia de 350 kilogramos por centímetro cuadrado á la compresión, y de 34 kilogramos por centímetro cuadrado á la extensión. Se han podido hormigonar hasta 40 metros cúbicos por día en la bóveda, á pesar de la complicación del orden adoptado para las claves.

Los estribos, parte importante del puente, están formados cada uno de un bloque muy importante (340 y 386 metros cúbicos), en el cual se han introducido cuatro celosías compuestas de cables de 30 milímetros, arriostrados por estribos de hierros redondos de 10 milímetros; se ha evitado así todo deslizamiento, á pesar de la presencia de capas de arena en el terreno de la cimentación. El espacio encima del estribo hasta el tablero ha quedado vacío; en una de las orillas, una parte de este espacio está ocupado por una bovedilla que deja libre el paso de un camino. Las presiones máximas sobre el suelo son solamente de 2 á 2,25 kilogramos por centímetro cuadrado.

La clasificación del hormigón en los estribos varía de 180 á 280 kilogramos de cemento por 1.200 litros de arena y grava; las capas de hormigón han sido apisonadas casi perpendicularmente á la curva de las presiones. Estos estribos se han construído en seco, al abrigo de ataguías de tablestacas cubiertas de arcilla. Una pared de tablestacas se ha conservado definitivamente en cada orilla, para proteger la cara anterior del estribo contra la acción de las aguas.

Las columnillas que soportan el tablero (figuras 1.^a y 4.^a), salvo en medio del puente, en que se confunde con la bóveda, tienen secciones de $0,20 \times 0,20$ á $0,40$ metros, armadas de cuatro á seis hierros de 12 milímetros, y estribos de hierro de 6 milímetros; estas armaduras están fuertemente ancladas en la bóveda y en el forjado del tablero; las columnillas vistas tienen espesores variables, de 30 á 40 centímetros para dar mejor aspecto al conjunto del puente. Las más altas hacia los arranques están arriostradas por viguetas de cemento armado. Los nervios del tablero, encima de las filas de columnillas tienen $0,20 \times 0,50$ metros y están armados de hierros de 12 milímetros, con estribos de 6 milímetros. El forjado del tablero propiamente dicho tiene 15 centímetros de espesor; está armado con hierros de 10 milímetros; las aceras, voladas, son más delgadas en sus extremos.

En los extremos del puente, hacia los estribos, el tablero está reforzado por nervios transversales de mayor sección (fig. 4.^a). La calzada es de afirmado alquitranado; las juntas de dilatación en la clave y en los estribos están cerradas por palastros encorvados y elásticos (fig. 3.^a).

Las cantidades de hormigón empleadas en esta parte del puente son de 85 metros cúbicos, próximamente, para el tablero, 48 metros cúbicos para las columnillas, 21 metros cúbicos para el relleno entre la bóveda y el tablero en el centro del puente.

En resumen: el puente ha absorbido 987 metros de cemento armado, 823 de hormigón ordinario (en los estribos) y 50 toneladas de acero. No ha habido ningún accidente durante las obras ni ninguna avería desde su terminación.

Ensayos.—Los ensayos se han efectuado con un rodillo compresor de 15 toneladas, notablemente más pesado que el carrerón previsto por el Reglamento. Las flechas no han excedido de 4 milímetros.

Precio de costo.—El costo de la obra se ha elevado á 135.000 pesetas, ó sea 173 pesetas por metro cuadrado superficial en planta; es necesario contar, próximamente, 30.000 pesetas para los andamiajes, ataguías y tablestacas, y el resto para el puente propiamente dicho, cuyo aspecto ligero conviene perfectamente á una obra de este género, que debe, exigiendo el minimum de gastos, tener una cierta elegancia sin llegar á la forma monumental.

Canal de Isabel II

por

DON RAMÓN DE AGUINAGA

Ingeniero Director.

Purificación de las aguas.

En la época en que se realizaron las obras iniciales del Canal de Isabel II, y que podemos considerar como lejana, las teorías del gran Pasteur no habían abierto todavía á la ciencia los vastos y luminosos campos de la bacteriología, y la intervención de los encargados de velar por la salubridad pública en los proyectos de abastecimiento de aguas se reducía á comprobar la composición química de las destinadas á ese servicio.

Así es que solamente en este extremo se fijaron los ilustres Ingenieros que planearon aquellas obras, y ha de decirse, en obsequio á la verdad, que no podían haber elegido agua de más

adecuada composición química, pues las del Lozoya son, desde ese punto de vista, realmente inmejorables.

Sin embargo, por ser de río y discurrir por un cauce que recibe en su curso por medio de los pequeños arroyos afluentes y por la vertiente de sus laderas los gérmenes de impureza del suelo, no basta el solo hecho de acreditar su potabilidad, considerada únicamente desde el punto de vista de su composición química.

Surge, pues, el problema de la determinación de las bacterias cuya existencia se compruebe en dichas aguas, de su origen, de su importancia en la economía del organismo humano para evitar la previa contaminación de las aguas por las bacterias patógenas.

Estudio bacteriológico de las aguas del Lozoya.—A raíz de haber tomado posesión del cargo de Director del Canal de Isabel II, acompañé al Dr. Chicote, Director Jefe del Laboratorio Municipal de Madrid, en un viaje por la cuenca del río Lozoya, que tuvo por objeto estudiar las condiciones bacteriológicas de las aguas que abastecen á Madrid.

El estudio escrupuloso hecho por el Dr. Chicote puso en evidencia que las aguas del Lozoya que se utilizan para el abastecimiento de Madrid, arrastran en su curso bacterias de diversos órdenes.

El resultado de este estudio, indispensable para la adopción de las medidas necesarias para la purificación de las aguas, se publicó en un folleto redactado en 26 de Agosto de 1907.

En aquella época, el servicio de abastecimiento de aguas arrancaba de la presa de la Parra, á 22 kilómetros agua abajo de la presa de El Villar; por lo tanto, el agua que se vertía de esta última al río discurría por éste hasta llegar á la presa de la Parra, donde se hacía la derivación y se iniciaba la conducción por acueducto cubierto hasta Madrid.

La necesidad de verter las aguas previamente almacenadas en el embalse de El Villar al río, hacía que estas aguas recogieran todos los arrastres de los diversos arroyos que afluyen al río en esa zona de 22 kilómetros y se enturbiaran en cuanto llovía en esa parte de la cuenca, adquiriendo en este recorrido un aspecto desagradable que las hacía impropias para el consumo sin previa filtración, mientras, al contrario, eran completamente claras á la salida del embalse de El Villar.

Esto evidenció la necesidad inminente de construir un canal ó acueducto que, arrancando de la presa de El Villar, se uniera con el antiguo acueducto en el punto más adecuado. Este canal es el que llamamos canal transversal, cuyas obras se empezaron á utilizar el 29 de Abril de 1912. Desde esta fecha está en servicio, habiéndose conseguido que desaparezcan las turbias producidas en esa sección del río, que tantas y tan justificadas quejas producían en el vecindario de Madrid.

Del examen de los datos expuestos en el folleto redactado por el Dr. Chicote, se deduce que las aguas que discurren por la cuenca del Lozoya están, como es lógico, influenciadas por la zona que atraviesan y que las impurezas que contienen están en relación con las condiciones de los afluentes que se incorporan al caudal del río.

También se desprende que, el punto del río peor, dada la clase de bacterias halladas en el análisis, era el pueblo de Buitrago, por ser el más importante de la cuenca y el que está en más inmediato contacto con el río. En cambio, los efectos de autodepuración del embalse de El Villar están claramente evidenciados, así como el efecto que los agentes naturales, como el sol y el batido en el curso del río ejercen.

Obras de saneamiento realizadas en Buitrago.—En vista de ello, se decidió impedir ó aminorar la influencia nociva del

pueblo de Buitrago, evitando que se abastezca de agua en el río, que sus vecinos laven en él las ropas y que abrevén en él los ganados. A este fin, se ha construido para el servicio del pueblo una fuente, un lavadero y un abrevadero. Además, se han recogido por medio de zanjás ó tajeas todas las aguas, incluso las de lluvia, que discurren por el pueblo, haciendo que vayan á parar á unos campos de depuración que se han adquirido, y por los cuales se las hace pasar antes de que viertan en el río.

Con esto se ha podido garantizar más la pureza de las aguas que abastecen á Madrid, y hemos dado ya un gran paso en su purificación; pero como el problema no está resuelto en su totalidad, á obtener una absoluta garantía debemos dirigir nuestros esfuerzos.

Procedimientos de purificación de las aguas.—Dos soluciones existen del problema: la primera, consiste en esterilizar ó depurar las aguas á su llegada á Madrid antes de distribuir las, y la segunda, evitar que las aguas puedan contaminarse antes de que entren en el acueducto general de conducción en la presa de El Villar.

Desde el momento mismo en que conocimos, por los análisis hechos por el Dr. Chicote, las impurezas que recogen las aguas, ésta ha sido nuestra primordial preocupación.

Esterilización de las aguas antes de ser distribuidas.—Acometer desde luego el problema de la esterilización de las aguas, sin un estudio muy detenido, hubiera podido crear graves dificultades para el desarrollo que debe darse al Canal de Isabel II, y, por esa razón, por acuerdo del Consejo de Administración, se abrió un concurso informativo de proyecto ó procedimiento para la depuración de las aguas.

Con este motivo, pudimos reunir una extraordinaria suma de datos, además de los que ya teníamos, que nos han servido de base para plantear el problema en condiciones lógicas y naturales.

Del concurso informativo sacamos el convencimiento de que el procedimiento, tratándose de caudales grandes, como los que se consumen en Madrid, resulta extraordinariamente oneroso, puesto que un servicio de esa índole exige, según el sistema que se adopte, un gasto de instalación que no es inferior de 5 á 10 millones de pesetas (1), debiendo agregar á esto un gasto permanente de explotación de 500.000 á un millón de pesetas anuales, más lo que pudiera representar la amortización del material en un período de tiempo que no podía ser muy largo, sin que se vea en el porvenir limitación á estos gastos, antes al contrario, esta cifra forzosamente había de ir aumentando progresivamente, puesto que el consumo del agua en Madrid crece constantemente; por lo tanto, habría que prever el que pudiesen llegar á absorber cantidades de tal importancia, que nos obligaran á suspender el procedimiento sin haber adelantado ni un solo paso en la resolución de este difícil problema. Por estas razones, y por otras que concurren en este caso concreto del Canal de Isabel II, somos opuestos á la adopción de estos sistemas.

Purificación de las aguas defendiendo la cuenca de abastecimiento.—El segundo procedimiento consiste en evitar que las aguas pierdan sus condiciones de pureza antes de que entren en el acueducto general de conducción que arranca de la presa de El Villar.

¿Es esto posible, dadas las condiciones de la cuenca del Lozoya que abastece á Madrid? Este es el problema que nos proponemos estudiar.

Ya hemos expuesto la influencia extraordinaria que tiene en

(1) En Marsella, que tiene un consumo de agua menor que Madrid, se ha calculado en cinco millones de pesetas.

la higiene de las aguas que abastecen á Madrid las obras realizadas, desde la nueva organización del Canal de Isabel II; con ellas hemos conseguido circunscribir el problema á la cuenca del Lozoya, que arranca de la presa de El Villar.

El análisis hecho de las aguas ha evidenciado la influencia grande de los embalses en la autodepuración de las mismas, pero ello no es suficiente, puesto que en la cuenca existen zonas habitadas, y mientras esto exista, habrá una causa permanente de impurificación, y el problema no puede darse por resuelto en su totalidad.

Hemos expuesto en diversas ocasiones las excepcionales condiciones de la cuenca del Lozoya, pero esto no nos autoriza para cruzarnos de brazos. El embalse de El Villar y el de Puentes Viejas y el batido que sufren las aguas en el salto de Torrelaguna, garantizan extraordinariamente sus condiciones de potabilidad, y si á esto agregamos perímetros de protección, adquiriendo los terrenos próximos á los embalses, al río y á los afluentes, habremos dado otro paso importante, pero aun no habrá quedado resuelto el problema en su totalidad; esto constituirá otra línea de defensa, pero el enemigo, el microbio, puede franquearlo y conviene establecer una línea definitiva, que consiste en sanear, por los procedimientos que en cada caso el estudio circunstancial determine, todo el resto de la cuenca, ampliando, en primer término, la adquisición de las zonas de defensa, hasta que se consiga una absoluta garantía y realizando las obras de saneamiento necesarias.

Creemos que los esfuerzos del Consejo deben dirigirse á ampliar en la escala mayor posible los medios preventivos, empezando por adquirir las zonas de protección allí donde el estudio de este problema lo aconseje, y así se tendrá la seguridad de que las cantidades que se inviertan produzcan un efecto útil inmediato, y se irá progresivamente ganando terreno, hasta llegar á conseguir que la cuenca reúna todas las condiciones exigidas por la higiene, sin dar lugar á nuevos gastos de explotación, antes al contrario, las cantidades que se inviertan en comprar terrenos serán con el tiempo productivas, al convertirlas en monte, mientras que al adoptar cualquiera otro procedimiento habría que pensar en grandes gastos de instalación y de explotación permanente, al que habría que agregar una cifra de amortización acaso rápida, que llegara á imponer por su cuantía el abandono de esos procedimientos, dejando la cuestión perjudicada antes que solucionada.

Ventajas de las medidas preventivas.—El procedimiento de adoptar medidas preventivas tiene la ventaja, como acabamos de decir, de que los gastos hechos garantizan cada vez más las buenas condiciones de las aguas, y pueden ser reproductivos, puesto que están representados por el valor de las zonas de protección, que, convertidas en monte y sometidas á una explotación ordenada, puede dar lugar á nuevos ingresos, cuya cuantía es difícil apreciar.

Desde el año 1907, ó sea desde la nueva organización del Canal de Isabel II, las obras realizadas, además de garantizar una buena distribución y un aumento de caudal, han tendido á mejorar, como hemos visto, sus condiciones de potabilidad; pero limitado hoy este problema á la cuenca del Lozoya que arranca de la presa de El Villar, no pueden realizarse obras comunes al abastecimiento y saneamiento; es preciso pensar en hacer un estudio especial para este objeto, que tienda á introducir en la cuenca aquellas mejoras progresivas necesarias para llegar á la finalidad que perseguimos, que es conseguir que las aguas que abastecen á Madrid no reciban impurezas en la cuenca de abastecimiento.

Necesidad de establecer una guardería en la cuenca del

Lozoya.—Estos dos últimos años nos hemos dedicado á hacer un reconocimiento, lo más minucioso posible, de la cuenca que hoy abastece á Madrid, y la zona habitada que en ella existe nos preocupa extraordinariamente; además, la falta de vigilancia que en ella ha existido desde que se realizaron las primeras obras del Canal ha creado una anarquía en el uso y aprovechamiento de las aguas en esa cuenca, que ha dado lugar á una serie ilimitada de abusos que es preciso corregir, y éste es el objeto principal del servicio de guardería que nos proponemos establecer.

Desde la constitución del Canal de Isabel II hubiera sido conveniente haber establecido este servicio. En aquella época el problema era desconocido, pero hoy no podemos dejar de hacernos cargo de él sin grave responsabilidad por nuestra parte, y nos incumbe el establecer la indispensable vigilancia.

Ya en la Memoria de 1908 decíamos:

«Es preciso establecer una guardería en toda la longitud del río, para que los ganados no abreen ni se haga lavado de ninguna especie en él».

Claro que no es posible prohibir estos servicios en los pueblos, mientras no se establezcan los medios de atender á ellos.

Este último verano se ha abusado de tal manera en los procedimientos de pesca, utilizando todos los medios ilícitos, que hemos visto arrastrados por la corriente del río peces muertos, debido al uso de la dinamita y otras sustancias aún más nocivas.

La salud de una población de más de 600.000 habitantes está supeditada á las consecuencias de una zona ocupada por 9.324; claro es que no hay derecho á despojar á nadie de sus servicios en beneficio de otra entidad, por muy importante que sea, pero sí puede obligarse á todo el mundo á que cumpla la ley y aquellas reglas de higiene que la salud pública exige, y procurar que desaparezcan las causas que puedan motivarlo, recurriendo, si fuera preciso, á la expropiación, en cuyo caso ya no existen perjuicios, puesto que éstos se indemnizan.

Todas las naciones del mundo, y especialmente las capitales de Estado, dedican preferente atención á dotarlas de un caudal de agua abundante y de las condiciones que la higiene pública exige, sin omitir sacrificios.

Las condiciones y situación topográfica que ocupa Madrid le permiten colocarse á la cabeza de todos los servicios de esta índole, sin sacrificio alguno, con sólo utilizar convenientemente los medios de que puede disponer. Para eso es preciso que al Canal de Isabel II se le faculte para explotar en forma adecuada esos medios de que puede disponer, á fin de arbitrar los recursos necesarios para dar cima á esta empresa. Si esto no se realiza, no podrá alegarse disculpa el día que sobrevenga alguna calamidad como consecuencia de este abandono.

Vigo, Barcelona y otras muchas poblaciones son ejemplo claro y evidente de las consecuencias á que da lugar el abandono de esta cuestión en materia de abastecimiento de aguas, y Madrid, que hasta ahora, por las excepcionales condiciones de la cuenca del Lozoya, se ha visto libre de una epidemia, no debe olvidar que hoy, por lo mismo que son más fáciles las comunicaciones entre distintos puntos, es más difícil sostener el aislamiento necesario, si no se ponen los medios para ello.

Necesidad de las zonas de protección.—Por todos los higienistas se considera como un perfecto purificador el erial y el monte, mientras que reconocen la imposibilidad de asegurar la pureza de las aguas en los lugares agrícolas y habitados; por esa razón, en todas partes se tiende á defender la cuenca que abastece á una población, adquiriendo zonas que se llaman de protección; así vemos que Viena ha adquirido 10.614 hectáreas, Birmingham 17.000, Manchester, la cuenca del lago Thirlmere, Liverpool, Glasgow, etc., extensiones análogas en las que man-

tienen cuidadosamente el monte y el erial, evitando habitaciones y rebaños, y este medio de interponer entre los embalses las márgenes del río y sus afluentes zonas de protección, es la única solución posible á la que debemos tender sin demora.

Cantidad que debe dedicarse para el saneamiento de la cuenca.—Nuestro deseo hubiera sido dedicar, á partir del año 1915 por lo menos, una cifra anual de 250.000 pesetas para este fin. La urgente necesidad de ultimar las obras importantes en construcción, que son el tercer depósito y la presa de Puentes Viejas, y la reparación que es preciso llevar á cabo en el canal antiguo, nos obliga á dedicar á estas obras todos los sobrantes de ingresos, ya que por la actual difícil situación económica nos vemos precisados á suspender la puesta en circulación de las obligaciones en cartera. Tampoco podemos contar, puesto que se ha negado á ello, con ampliar el crédito de *cuatro millones de pesetas* que el Banco de España tiene concedido al Canal. Este crédito se ha concedido bajo la garantía de las Obligaciones pignoras al 60 por 100 de su cotización en Bolsa, porque sin duda sus Estatutos así le obligan al considerar al Canal de Isabel II como una Empresa ó industria particular, á pesar de ser una entidad que pertenece al Estado, dependiente del Ministerio de Fomento, y haber demostrado que por su propia vida y desarrollo sus Obligaciones tienen, si cabe, una garantía mayor que los valores mismos llamados del Estado, entre los que debieran, sin género de duda, estar incluidas estas Obligaciones.

Esta equivocada clasificación dada á la entidad Canal de Isabel II, ha dado lugar á que una parte importante del público crea que el Canal de Isabel II es una de tantas Empresas industriales que existen en Madrid, y que sólo trata de hacer negocio sacrificando al vecindario.

Cuando la actual precaria situación del mercado permita al Canal poner en circulación sin quebranto las Obligaciones en cartera, ó Madrid entero se haga cargo de que en la defensa de los intereses del Canal está su propia defensa, entonces volveremos á insistir sobre este punto que es de interés vital; mientras tanto nos limitaremos á consignar un pequeño aumento en los gastos de explotación del presupuesto ordinario, á partir del año 1915 para el establecimiento de una guardería que vigile la cuenca que abastece á Madrid.

Visita hecha á las obras del Canal de Isabel II por el Dr. Imbeaux.—No queremos dejar de exponer las manifestaciones hechas respecto al abastecimiento de agua de Madrid por una de las primeras autoridades en materia de saneamiento y abastecimiento de aguas de poblaciones, M. Ed. Imbeaux, Ingeniero-Jefe des Ponts et Chaussées, Doctor en Medicina, Profesor de la Escuela des Ponts et Chaussées de París, encargado hace más de veinte años del saneamiento é higiene del departamento de Nancy y que ha escrito y hecho trabajos muy notables.

Con motivo de una comisión especial que le fué encomendada en Marruecos por los Gobiernos francés y español (distribución de las aguas del río Muluya), tuvimos ocasión de verle en Madrid el mes de Junio último y tratar de todo lo que al abastecimiento de aguas de Madrid afecta. Visitó las obras del Canal, y tengo preparados todos los datos que posteriormente me ha pedido con objeto de ocuparse en los *Annales des Ponts et Chaussées* de lo que afecta á dicho servicio.

Pensaba en esta Memoria haber transcrito lo más interesante que persona de tanta competencia y autoridad hubiera escrito respecto al abastecimiento de aguas de Madrid, pero las circunstancias de la guerra actual no lo han consentido, y sólo puedo decir que quedó muy satisfecho de haber tenido ocasión de ver los trabajos realizados por el Canal de Isabel II.

Uno de los puntos que con más interés tratamos con M. Imbeaux, por ser una especialidad en esta materia, fué la cuestión del saneamiento de las aguas; le expusimos nuestra manera de pensar respecto al sistema que debe adoptarse para resolver este problema en Madrid, y nos contestó que, dadas las condiciones excepcionales de la cuenca del Lozoya, dicho sistema era el procedimiento práctico, y empleando los recursos posibles debía procederse á desarrollar el plan propuesto.

Ampliación de obras.

Hoy consume Madrid más de 2.000 litros de agua por segundo, y la presa de El Villar almacena el caudal necesario para atender á este consumo, pero no sería posible ampliarlo sin exponernos á un grave conflicto en un estiaje un poco prolongado; por eso hemos creído siempre de una necesidad inminente la construcción del embalse de Puentes Viejas, y que á este embalse se le dé la capacidad necesaria para almacenar el caudal medio mínimo que puede suministrar el río Lozoya, ó sea la suficiente para regularizar un caudal constante de 6.000 litros por segundo.

Canal paralelo.—El aumento de consumo de agua se desarrolla con tal rapidez cuando este elemento se coloca al alcance de todas las necesidades, que tenemos el convencimiento pleno que una vez construido el embalse de Puentes Viejas y colocadas las arterias de distribución de la zona baja, que hemos indicado y completado la red de distribución que falta, nos veremos precisados á resolver otro problema de gran interés, que se convertirá en obra necesaria en plazo brevísimo, y es la construcción del canal paralelo.

El canal actual hemos dicho ya en Memorias anteriores que antes de ponerse en carga puede conducir hasta 4.000 litros por segundo, pero no es conveniente llegar á este límite, y sólo podemos admitir, para evitar algún accidente, que este canal pueda conducir de 3.000 á 3.200 litros por segundo, y como el embalse de Puentes Viejas tendrá capacidad para poder derivar, unido al embalse de El Villar, hasta 6.000 litros, no cabe duda que es preciso pensar en el medio de conducir este caudal, y el único posible es la construcción del canal paralelo desde el empalme del canal antiguo con el transversal.

Partiendo de la base, que el actual canal puede conducir de 3.000 á 3.200 litros por segundo y pudiendo llegar con la presa de Puentes Viejas á regularizar un caudal mínimo de 6.000 litros por segundo, la capacidad de conducción que es preciso dar al canal paralelo debe ser de unos 3.000 litros por segundo.

Aumento progresivo en el consumo de agua.—Cuando los Ingenieros Sres. Rafo y Rivera redactaron el proyecto de abastecimiento de aguas, Madrid consumía 2.000 metros cúbicos por día, que era el caudal disponible en las fuentes públicas.

El aumento de consumo ha seguido la progresión siguiente:

AÑOS	Consumo diario. — Metros cúbicos.
1858.....	2.000
1860.....	9.600
1865.....	14.000
1870.....	22.000
1875.....	33.000
1880.....	47.000
1885.....	61.000
1890.....	76.000
1895.....	82.000
1900.....	98.000
1905.....	125.000
1910.....	160.000
1914.....	198.000

Las cifras expuestas en el cuadro anterior se refieren al consumo de verano, y calculado el consumo anual por esta cifra, nos daría para el año 1914 72 millones de metros cúbicos, y como el consumo en invierno decrece, por eso en las cifras de consumo anual que indicamos en esta Memoria decimos que excede de 60 millones de metros cúbicos.

La inspección de este cuadro demuestra la providencial previsión que tuvieron los autores del proyecto que, en una Memoria hemos calificado de adivinación del porvenir, al adoptar un río como el Lozoya, y una sección de acueducto capaz de conducir 260.000 metros cúbicos diarios, y aquella previsión se ve que en cincuenta y seis años está á punto de ser insuficiente.

Si seguimos observando el cuadro anterior, veremos que el aumento progresivo en el consumo de agua crece con una rapidez pasmosa, en términos que admitiendo sólo que en vez de seguir esa progresión creciente se conserve en quinquenios sucesivos el aumento que se nota estos últimos cuatro años, en un plazo de cuarenta años nos encontraremos que las aguas del Lozoya no son suficientes para las necesidades de Madrid.

Cuenca del Jarama.—Al llegar á este punto debemos recordar que en la Memoria del año 1910 acompañamos un plano general de las cuencas que rodean á Madrid, y de las que se pueden conducir aguas rodadas. Después de la cuenca del Lozoya, resulta la más importante la del Jarama, y previendo que la realización de las obras del primitivo plan podían tener como consecuencia la necesidad de ocuparnos de esta cuenca, hemos venido estudiando el problema, pero sin atrevernos á plantearlo, aunque convencidos de su importancia y utilidad. Tan rudos fueron los ataques de que fuimos objeto al presentar el primitivo plan, por considerar que Madrid estaba suficientemente surtido de aguas, y que más que pensar en aumentos de caudal, en la cuantía que proponíamos, y, sobre todo, en utilizar saltos de agua, debíamos pensar en ampliar los servicios de distribución, que hemos esperado hasta ahora para ocuparnos de esta cuestión, cuando ya las obras realizadas han demostrado con los hechos los beneficiosos resultados de cuanto entonces proponíamos, y que las ideas opuestas al plan de obras propuesto no encajan en la manera de ver hoy por todo el mundo las cuestiones que afectan al abastecimiento de las poblaciones y su higiene.

Río Jarama.—Desde que reconocimos por primera vez el río Jarama, nos admiramos de sus excelentes condiciones para surtir de aguas potables á una población.

Tiene este río dos estrechamientos: el primero, situado agua abajo de las ruinas del convento de Bonaval, que permite, con una presa de 50 metros de altura, almacenar más de 50 millones de metros cúbicos de agua, pero este estrechamiento está en terreno cretáceo de calizas cavernosas, prolongación de las del Pontón de la Oliva, por lo tanto no puede pensarse en construir sobre ellas presa alguna; además, aunque el vaso es hermoso para almacenar un gran caudal, el suelo no tiene las condiciones que tiene el embalse de El Villar en el río Lozoya, y el que se está construyendo en Puentes Viejas para almacenar aguas para el abastecimiento de poblaciones.

El segundo estrechamiento está á 7 kilómetros del de Bonaval, está todo él situado en las pizarras silurianas, de excelentes condiciones para la construcción de una presa.

El vaso es menos amplio, tanto, que para almacenar 40 millones de metros cúbicos es preciso dar á la presa 55 metros de altura, pero, en cambio, el suelo y las laderas están todos en terrenos silurianos, que son excelentes para conservar las aguas de un gran depósito, como sucede en los embalses del río Lozoya.

Río Sorbe.—En contacto con la cuenca del río Jarama está la del río Sorbe, también situado en terreno siluriano, y del reconocimiento practicado en ese río hemos deducido que tiene análogas condiciones que el río Jarama; existe también un estrechamiento en las pizarras silurianas, que permite, con una presa de unos 55 metros de altura, almacenar también 40 millones de metros cúbicos.

Extensión superficial de las cuencas del Lozoya, Jarama y Sorbe.—La extensión superficial de la cuenca de Jarama es de 38.126 hectáreas, y la del Sorbe de 40.621. La del Lozoya de 73.309, es decir, que la cuenca de cada uno de aquellos ríos tiene una superficie algo mayor que la mitad de la cuenca del Lozoya que abastece á Madrid; por lo tanto, regularizando el curso de dichos dos ríos, puede calcularse que en cada uno de ellos puede obtenerse un caudal permanente de 3.500 litros por segundo, ó sea un total de 7.000.

Condiciones de potabilidad y caudal que puede obtenerse en los ríos Jarama y Sorbe.—Dadas las excelentes condiciones de sus cuencas, para que el Jarama y el Sorbe sirvan para el abastecimiento de Madrid era preciso conocer las condiciones de potabilidad de dichas aguas, y aunque de la simple inspección del terreno se deduce que han de ser muy buenas, como en materia tan delicada, dados los medios que hoy existen, no se debe partir de hipótesis por muy razonadas que éstas sean, acompañamos como anexo á la Memoria el resultado de los análisis practicados por el Dr. Chicote de las aguas del Jarama y del Sorbe.

Al estudiar el resultado del análisis, dice el Dr. Chicote:

«Estudiados los datos anteriores, dedúcese de ellos que las muestras de agua que se han analizado, procedente de los ríos Jarama y Sorbe, satisfacen por completo las condiciones que deben reunir las aguas destinadas á la bebida bajo el aspecto químico y bacteriológico. Su mineralización las coloca dentro del tipo denominado *aguas delgadas*, entre las que se encuentran las mismas que actualmente suministra el Canal de Isabel II como procedente del río Lozoya; la del río Jarama, todavía menos mineralizada, y la del Sorbe, algo más que la del Lozoya. Trátase, pues, de tres aguas de similar composición, que en el momento necesario podrían mezclarse, sin que por ello se variasen sensiblemente las condiciones generales del agua suministrada para las necesidades del vecindario.

Las aguas analizadas son, indudablemente, en su origen, de tan buenas condiciones como las del Lozoya, y estimamos que menos expuestas á contaminaciones que aquélla, hasta el lugar donde habría de hacerse la derivación del caudal necesario.»

Las aguas del Lozoya, Jarama y Sorbe son las que deben dedicarse al abastecimiento de Madrid.—Del examen de los datos anteriores, resulta comprobado que de las cuencas que rodean á Madrid y de las que pueden conducirse aguas rodadas, las del Lozoya, Jarama y Sorbe son las más abundantes y de excelentes condiciones, y como en los tres ríos existen puntos adecuados para regularizar su curso con la construcción de embalses, y éstos tienen condiciones para que en ellos el agua esté sometida á los efectos de la autodepuración comprobada en los análisis hechos por el Dr. Chicote de las aguas del embalse de El Villar, dichas aguas son las que deben destinarse al abastecimiento de la capital. En el Lozoya el caudal aprovechable puede ser de 6.000 litros por segundo, y en el Jarama y el Sorbe puede llegarse, por lo menos, á regularizar unos 3.500 litros por segundo en cada uno de los ríos, ó sean unos 7.000 entre los dos, puesto que estando en contacto sus cuencas con la del Lozoya, y siendo las cuencas del Jarama y del Sorbe, próximamente, de la misma superficie cada uno, y sumando entre ambos una superfi-

(De la Memoria oficial que se está repartiendo.)

Se hicieron experimentos cuidadosos para medir la resistencia del suelo, principalmente en los puntos que habían sido anclados al mar, y en estos puntos se encontró que la resistencia de la arena del terraplén no excedía de 2 toneladas por metro cuadrado. Se tuvo entonces que recurrir a fundaciones sobre