

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. Leonardo de Tejada, Inspector general del Cuerpo
Redactores..... Los Sres. Presidentes de las Comisiones regionales de Ingenieros.
 D. Antonio Sonier, 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.

NECROLOGIA

DON RAFAEL YAGÜE

Ingeniero Jefe de primera clase de Caminos, Canales y Puertos.

Hace dos meses, al hacer entrega á la Jefatura de Valencia, de la suprimida División hidrológica del Júcar y Segura, nos separamos para nuestros nuevos destinos. ¡Quién había de augurar un desenlace tan funesto en tan corto plazo! El Cuerpo de Ingenieros ha perdido uno de los individuos que con privilegiada inteligencia é incansable actividad han contribuido á darle lustre y esplendor, no sólo en España sino en el extranjero. Sus compañeros y subalternos hemos perdido un amigo cariñoso y un Jefe envidiable, siempre dispuesto al bien de los demás, y entusiasta por las antiguas tradiciones de amistad y bien entendido compañerismo.

Honda pena sentimos cuantos nos hemos honrado con su íntimo trato, al no poder hacer ya otra cosa, al recibir tan triste noticia, que la de dedicarle estos cuatro renglones, encabezados con la palabra Necrología, que han de servir como testimonio de verdadero cariño y respeto hacia el que acabamos de perder.

Nació en Sevilla en 1842, y fué educado por su padre el distinguido Magistrado D. Pascual, de quien heredó un temperamento enérgico y una voluntad de hierro, siempre dispuesta al bien. Ingresó en la Escuela de Caminos el año 1859, en donde hizo una brillante campaña, siendo casi en todos los años el número 1 de su promoción; al terminar su carrera, fué destinado á la provincia de Toledo, en donde sus servicios durante unos dos años, y en tan corto espacio de tiempo, dejó en aquella Jefatura notables trabajos de nuestra profesión. En el Negociado de Obras públicas del Ministerio de Ultramar y en la Secretaría de la Junta Consultiva, donde luego fué sucesivamente destinado, cumplió siempre como muy bueno, y en ambos Centros se ha guardado gratis como recuerdo de su paso.

Diputado de las Cortes Constituyentes, formó en las filas del partido radical, y fué en aquéllas paladin incansable y vehemente defensor de los intereses del Cuerpo á quien tanto se honraba en pertenecer, dejando bien pronto la política activa, á la que se avenía mal su carácter franco, poco á propósito para aquellas lides, y en cambio siempre dispuesto para el trabajo y estudio, encerrado en su magnífica biblioteca.

Nombrado Ingeniero Director del puerto de Málaga, formuló el notable proyecto que con ligeras modificaciones ha venido á ser ejecutado, y que mereció del Ministerio de Fomento el honor de ser escogido para su presentación en la Exposición universal de París de 1878, en donde fué distinguido con Mención honorífica.

Los muchos estudios que hubo de hacer para la redacción de dicho proyecto, determinaron en él tal afición á aquellas cons-

trucciones, que á ellas dedicó principalmente su actividad, y bien puede decirse que desde aquella época ha sido éste su estudio favorito. Figuró en los últimos Congresos internacionales de trabajos marítimos de París y Londres, y en su notable folleto titulado *Notes sur le tracé des digues aux port en plage de sable á la Méditerranée*, le valió ser nombrado Vicepresidente del de París. Suyo fué el proyecto del puerto de Gandía, que tantos beneficios ha reportado á aquella hermosa y fértil región valenciana, y cuyas obras dirigió personalmente durante tres años, alejado del servicio del Estado; suyo el del puerto de Denia, hoy en construcción, y suyo el notabilísimo informe que sobre el puerto y salinas de Torre Vieja prestó en Mayo último al Ministerio de Hacienda, el de Fomento, cuya misión le fué confiada en 8 de Abril por la Dirección general de Obras públicas.

No fueron, sin embargo, los estudios de puertos sus únicos trabajos: estando al servicio de la Compañía titulada *Crédito general de ferrocarriles*, estudió el trazado de Játiva á Alcoy, y el de este importante centro fabril á la ciudad de Gan lía y á su puerto.

En el Depósito de faros, y en las Jefaturas de Alicante, Albacete y Tarragona, que desempeñó posteriormente, demostró su competencia, admirando á sus subalternos la facilidad con que resolvía las más arduas cuestiones; por último, fué trasladado á la División hidrológica del Júcar y Segura, con residencia en Valencia, cuyo clima tanto convenía á su quebrantada salud, donde, lejos de abandonarse, siguió estudiando, sin perdonar ocasión de dar pruebas de laboriosidad, tanto en el servicio del Estado como fuera de él, coadyuvando á dar nuevo impulso á la parte científica del Ateneo, del que era vicepresidente, inaugurando una serie de instructivas conferencias sobre política hidráulica.

Suprimidas las Divisiones, recientemente, le fué encomendada la Jefatura de la provincia de Avila, de la que acababa de poseerse cuando, herido de muerte, retornó entre los suyos para expirar en sus brazos el 17 del corriente.

Descanse en paz.

MANUEL BALLESTEROS.

Castellón, 22 de Diciembre de 1899.

* *

La Redacción de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, en nombre de todos sus compañeros, expresa su más sincero pésame por el fallecimiento del antiguo Redactor de la misma y distinguido Ingeniero, cuyo nombre encabeza las anteriores líneas.

EL CANAL DE ISABEL II

El abastecimiento de aguas de Madrid, antes de la traída de las de Lozoya, era por extremo deficiente; recogidas por medio de minados excavados en el subsuelo arenoso de los alrededores de la capital, no podían obtenerse por este procedimiento caudales de importancia, ni establecerse una buena distribución. Esta era

tan rudimentaria, que sólo atendía al servicio de las fuentes públicas de donde se surtía el vecindario, salvo contadas casas que, por excepción, á alto precio alcanzada, disfrutaban de mezquinas dotaciones. Exiguo el volumen disponible, con canalizaciones que no admitían presiones elevadas, ni podía atenderse debidamente á los servicios urbanos, que hoy la higiene conceptúa indispensables para la vida de toda población, ni aun los domésticos podían satisfacerse en la medida que demandaban las necesidades. La nueva generación no ha conocido aquel Madrid sin jardines en sus plazas públicas, sin árboles en sus calles y rondas, envuelto en densísimas nubes de polvo en los días caliginosos del estío, sin que riegos frecuentes y abundantes vinieran á refrescar y humedecer esta atmósfera seca, propia de la meseta central de España; sin alcantarillas, que no permitía la carencia de agua; se han olvidado ya por muchos, y no son conocidas por otros, las dificultades de la vida en Madrid, no vencidas con la apertura de nuevos viajes (que no podían dar una solución satisfactoria), el fracaso de cuantas tentativas surgieron durante más de un siglo para traer caudales abundantes de agua, empresa que algunos consideraban difícil, hasta tal punto que conceptuaban preferible trasladar la capital á otro paraje mejor dotado por la naturaleza.

Situado, en efecto, Madrid lejos de todo río caudaloso, en punto alto que exigía la elevación de las aguas ó su toma á una distancia considerable, parecía á muchos empresa poco menos que imposible la de dotarle del principal elemento de vida y de bienestar. A impulsos de la iniciativa fecunda y previsoras de Bravo Murillo, dos Ingenieros ilustres del Cuerpo de Caminos, Rafo y Ribera, demostraron bien pronto que la solución, sin dejar de ofrecer las dificultades propias del abastecimiento de toda gran población y las particulares que en el caso concurrían, era prácticamente posible. Sus ideas y propuestas fueron tan acertadas, que aun hoy, después de transcurrido medio siglo de incesantes progresos en la Ingeniería sanitaria, y con la experiencia de todo lo ocurrido, que entonces sólo podían entrever espíritus superiores, es seguro que no se daría otra solución distinta al problema si ahora tuviera que resolverse de nuevo. Hay que leer su trabajo, modesto y admirable, para comprender con qué lucidez supieron presentar los términos de cuestión tan compleja, que si hoy aparece clara, no sucedía á la sazón lo propio aun á inteligencias muy cultivadas de aquel tiempo; hay que aprender allí con qué discernimiento supieron elegir entre los cinco ríos que podían proporcionar agua á Madrid. El Jarama, el Guadalix, el Manzanares, el Guadarrama y el Lozoya, el que reunía un caudal más seguro y abundante; cómo supieron darse perfectamente cuenta de que el aumento del consumo habría de exigir en plazo corto la construcción de presas en puntos designados con tal acierto (uno de ellos el del Villar), que un cuarto de siglo después, estudiado el río con todo detenimiento y calma, fueron aceptados como los mejores; cómo á pesar del ejemplo del canal de Marsella, entonces en construcción, huyeron de proponer un simple canal descubierto, indicando, por el contrario, la conveniencia de que estuviese todo él revestido y aun cubierto, circunstancia esta última que, no obstante estar realizada, es desconocida por muchos que en discursos, folletos y libros suponen que el Canal de Isabel II se halla descubierto en todo su trayecto.

No fueron menos acertadas sus ideas y sus propuestas relativas á otros puntos que sería prolijo enumerar, pero nos fijaremos tan sólo en una que ha sido objeto, injustamente á nuestro entender, de las censuras más acerbadas: nos referimos á la situación del punto de toma del canal en el río, para el que designaron la garganta del Lozoya conocida por el Pontón de la Oliva, por existir á su salida un puente antiquísimo que ponía en comunicación con Torrelaguna una gran zona de la provincia de Guadalajara. Las nivelaciones que practicaron, por cierto con una exactitud que hasta entonces era desconocida en España, demostraron que para alcanzar en Madrid una altura suficiente para alimentar con agua rodada toda la población, la del canal sobre el río en el Pontón de la Oliva era de 20,70 metros. Este

desnivel podía ganarse, ó bien construyendo una presa de elevación, que con un pequeño aumento en su altura podría á la vez ser de embalse para remediar en parte las penurias de agua en los estiajes del río, ó bien prolongando el canal por las abruptas laderas que exigían la construcción de un largo túnel abierto en roca y la de un camino de servicio, indispensable para aquélla y para el canal. Rafo y Ribera optaron por la presa, y en verdad que el estrechamiento del Pontón de la Oliva, con sus márgenes cortadas á pico, á muy poca distancia una de otra, constituidas por una roca inquebrantable que á la vez era un excelente material para sillerías, mamposterías y cales, eran elementos de valía, razones poderosas para escoger esta solución con preferencia á la de la prolongación del canal hasta alcanzar el nivel del río. Pero aún hay más: preocupados aquellos Ingenieros con la idea de que un día pudieran llegar á ser insuficientes para el abastecimiento de Madrid las aguas del Lozoya (y los hechos han venido á demostrar con cuán justa razón), no sólo idearon el trazado del canal de suerte que pudiera recoger las aguas del Guadalix, poco abundante ciertamente, pero utilizables á poca costa, sino que pensaban que el trazado que se adoptase en la parte alta debía permitir hacer lo propio, con el menor costo posible, con las del Jarama. La situación en el Pontón de la Oliva de una presa de elevación y embalse se prestaba admirablemente á resolver esta cuestión, pues no exigía, como hubiera ocurrido de prolongarse el canal, dar al de derivación del Jarama un recorrido largo por la margen izquierda del Lozoya, siguiendo una ladera de condiciones tan desfavorables como las de la derecha, ó la construcción de un gran puente acueducto ó puente sifón.

Estaba, pues, perfectamente justificada la presa del Pontón de la Oliva, que durante muchos años ha prestado, y aún sigue prestando, excelentes servicios, y que aún hubieran sido mayores de no presentarse filtraciones, no en el muro, que era un modelo de buena construcción, sino en las laderas del embalse.

Véase de paso cuán infundados son los cargos y las acusaciones á la Administración y á los Ingenieros del Canal porque no han aprovechado las aguas del Guadalix, que no llegan en cantidad ni á la cuarta parte de las del Lozoya, en vez de las de este río; y véase también las atendibles razones que aconsejaron la construcción de la presa del Pontón de la Oliva.

Dedúcese igualmente, que si el consumo de Madrid lo exige, cuando sea ya insuficiente la cuenca del Lozoya y los embalses en ella establecidos para atenderlo, la previsión de los que bien pueden llamarse los fundadores del Canal, permitirá con escaso coste aprovechar las aguas de otros dos ríos, el Guadalix y el Jarama, ya que por otra previsión no menos laudable, se dió al Canal una gran capacidad de conducción que está muy lejos de haber sido agotada.

Estos son los hechos. Cuando, según decía el preámbulo del Real decreto de 18 de Junio de 1851, Madrid veía amenazada su existencia; cuando el Gobierno reconocía que, aparte los trastornos de todo género á que esto podría dar lugar, se ocasionaban grandes pérdidas por el desmerecimiento de la riqueza urbana que entraba en una parte notable en la general del país, reconociéndose que ante la existencia de tan graves peligros, el Estado no debía limitarse á ser mero espectador de los sufrimientos de millares de ciudadanos, sino que se hallaba en el deber de concurrir á evitarlos; cuando sólo fracasos y desalientos existían como antecedentes, los Ingenieros de Caminos á quienes el Gobierno encomendó el estudio técnico del problema que muchos tenían por insoluble, ofrecieron la solución desde el primer momento con tal acierto, con previsión tal, que aun hoy se nos ofrecen como remedios totales y completos los que ellos supieron agrupar con arte admirable en un conjunto de obras armónicas, que á las necesidades y á los recursos del porvenir había que fiar tan sólo la oportunidad de ejecución. A la dificultad, aquí mayor que en parte alguna, de la inconstancia del régimen de los ríos, cuyos caudales varían, como, por ejemplo, el del Lozoya, entre poco más de nada y más de 600 metros cúbicos por segundo, supieron oponer las presas de embalse; á la escasez de aguas,

la reunión de las de tres de los cinco ríos á que razonablemente podía recurrirse, contando con que dos de los propuestos son los más importantes; á las exigencias de una población y un consumo muy superiores á los que entonces podía suponerse durante un largo plazo, una capacidad de conducción del Canal, que á menos de no erigir en sistema corriente el derroche del agua sin freno ni tasa alguna, bastara durante muchos años para llenar las necesidades de la capital.

En la ejecución de lo que bien pudiera llamarse, según lo que precede, el primer grupo de obras, se desarrolló una inteligencia, un celo y una actividad admirables; no se realizaron en el plazo de cuatro años que se había fijado, mas no ciertamente por error alguno de los encargados de dirigirlas y ejecutarlas, sino porque la falta de recursos obligó en diversas ocasiones á disminuir los trabajos, y aun en varias á suspenderlos por completo. A pesar de esto, de tormentas y aguaceros terribles, del paludismo que se cebaba en la población obrera, del cólera que la diezmó y obligó á suspender los trabajos, las aguas llegaron á Madrid en 24 de Junio de 1858, siete años después de inaugurados. Con razón pueden ser aquellos considerados como un monumento levantado por el talento y la actividad de la Ingeniería española al progreso moderno, que por tales vías puede decirse que á la sazón entraba en España; podrán censurarlos los que no los conozcan ó sean incapaces de comprender su dificultad é importancia; pero no dejarán de hacerles justicia los hombres imparciales, y que no necesitan que esté levantada una obra en extranjero suelo para apreciar su mérito positivo. Los nombres de Valle, Rivera, Barrón, Cervigón y López, vivirán muchos años en la memoria de todos, y el de D. José Morer, que con ellos trabajó como el que más, y que ha sobrevivido á todos, obtiene la consideración pública y el respeto y cariño del Cuerpo de Ingenieros de Caminos.

Desde los primeros tiempos preocuparon especialmente las cualidades que debían reunir las aguas para destinarlas á usos domésticos é industriales. Análisis químicas verificadas por los más entendidos profesores de aquel tiempo, con arreglo á los conocimientos de la época, demostraron su gran pureza. Para evitar las turbias, que se presentan necesariamente en toda distribución alimentada por el agua de un río, pensó recurrirse al empleo de filtros de arena, que poco tiempo antes se habían establecido en Londres; pero entonces, como ahora, hubo de reconocerse que eran impropios para aclarar aguas que en ciertos momentos contienen cantidades considerables de materias arcillosas en suspensión. Se pensó también, con razón, que la dificultad podría resolverse fácilmente, dado lo relativamente reducido que durante muchos años había de ser el consumo doméstico, con la construcción de depósitos de reserva que en las turbias del río permitieran atenderlo sin necesidad de recurrir á sus aguas. De aquí que, con el fin de proporcionar siempre las obras, y por tanto el gasto, á las necesidades de cada momento, se construyese al principio un depósito de 58.000 metros cúbicos de capacidad, muy suficiente mientras el consumo no excedía de 8 á 10.000 metros cúbicos al día, y que, cuando aquél aumentaba con la que se creaban, red de distribución y con los nuevos hábitos que se creaban, con toda oportunidad se propuso la construcción de un nuevo depósito de 183.000 metros cúbicos, que, unido al anterior, debía bastar durante algún tiempo para prevenir las turbias; pero ocurrió con este segundo depósito lo que luego ha ocurrido con el tercero, es decir, que el aumento en el consumo ha tenido lugar con mayor rapidez que la construcción de los depósitos destinados á hacerle frente, y no ciertamente porque estas obras no hayan sido propuestas en el momento conveniente, sino porque no se ha dispuesto con la misma oportunidad de los recursos necesarios para su establecimiento.

Podrá preguntarse si en este camino será conveniente establecer una verdadera lucha entre el depósito que no se construye á tiempo y la turbia que anticipa, por una parte un consumo injustificado, y por otra la constante roturación de terrenos de la cuenca del río que antes estaban protegidos por la vegetación:

ciertamente que no. Si mientras el gasto de agua se ha mantenido dentro de límites moderados y la necesidad imperiosa de atender á reparaciones del Canal y aun de prevenir un accidente que pudiera presentarse en él inopinadamente, pudo aconsejar la construcción de los dos depósitos actuales y del nuevo, que responden á verdaderas necesidades, y que con la sedimentación patente de las aguas contribuirán eficazmente á aumentar su pureza y á hacer posible en su día su filtración, no sucederá lo propio cuando en el problema de las turbias intervengan, como ahora sucede ya, nuevos factores que cada vez alcanzarán más importancia si no se adoptan las disposiciones convenientes para prevenir sus efectos. La turbia en el río es un estado excepcional, y cuantas medidas tiendan á limitar el consumo á la satisfacción de necesidades verdaderas ó á reducir su duración, han de contribuir igualmente á prevenirlas en la distribución, ahorrando obras y ahorrando gastos.

Entre los remedios más oportunos para impedir ó reducir las turbias, además de los depósitos, se halla la construcción de presas y su enlace directo con el canal; las presas de embalse, de gran capacidad relativamente al caudal del río, constituyen ya, por sí sólo, medio poderoso para evitar el enturbiamiento de sus aguas, y cuando es posible aislarlas del río que las alimenta á voluntad, el remedio es perfecto, si á la vez pueden alimentar también y directamente el canal. Por eso cuando, siguiendo el sabio programa trazado desde el principio para el abastecimiento de Madrid, fué llegado el momento de construir el embalse del Villar, se reconoció la gran conveniencia que existiría de prolongar hasta él el canal, que entonces, como ahora, sólo llegaba á Navarejos; mas ante la magnitud de la empresa, que no convenia acometer sin que imperiosamente la impusiera la necesidad, se pensó, y se pensó con acierto, que no era llegado el momento de realizar obra tan costosa, sino más bien la del tercer depósito, que pudiendo resolver satisfactoriamente el problema de las turbias durante bastante tiempo, y representando un menor gasto, resolvía igualmente otras cuestiones á las que había que dar pronta solución. No ocurrirá lo propio cuando por el aumento de consumo resulte insuficiente el nuevo depósito unido á los antiguos, pues entonces, y aun quizá antes, si se desea y se puede proceder con oportunidad, habrá de emprenderse la prolongación del canal con dirección al Villar, máximo cuando la roturación de la parte más baja de la cuenca del Lozoya, desagregando los terrenos, ha hecho más temibles y más peligrosas las turbias que originan los afluentes más bajos, según ha reconocido un Ingeniero de montes ilustre, D. Carlos Castel, que ha unido la autoridad de su opinión á la propuesta desde há tiempo formulada acerca de este punto por la Dirección del canal.

Poco más cabe hacer en punto á turbias.

La construcción de una nueva presa en el río Guadalix, reclamada también por otros motivos, y de otros embalses; el establecimiento de filtros, que aparte su principal misión de realizar la depuración bacteriológica de las aguas contribuirán eficazmente á que sean cristalinas; y, finalmente, la repoblación forestal de la cuenca del Lozoya, y aun simplemente la sustracción de muchos terrenos á los cultivos que exigen su continuada remoción; dedicando de nuevo á prados mucha parte de los que, imprudentemente y sin ventaja se destinaron á labrantío, son las medidas que en lo porvenir cabe adoptar para resolver el problema de las turbias. En su implantación deberá seguirse un método riguroso para que no dejen de aplicarse con la oportunidad necesaria, si los recursos con que se cuente lo permiten, no haciendo en cada momento más obras que las que sean exigidas por las necesidades, pues contra lo que algunos creen sin duda, la ciencia del Ingeniero no consiste tanto en proveer soluciones para alcanzar fines determinados, como en adaptar éstos á las necesidades y á los recursos. De bien poco hubiera servido que al proyectarse el abastecimiento de aguas de Madrid se hubieran propuesto soluciones amplias y radicales para orillar toda clase de dificultades, pues era imposible allegar los capitales indis-

pensables para realizarlas; y aun cuando así no hubiera sido, siempre hubiera resultado inconveniente establecer obras innecesarias durante mucho tiempo, y que habrían de representar una inversión poco productiva del dinero y de la actividad empleados.

Con lo que se ha expuesto ya, queda explicado con toda claridad un punto importante del abastecimiento de Madrid, á saber, la cantidad de agua disponible. El Lozoya, por la extensión y situación de su cuenca, es de los cinco ríos más próximos á Madrid el que tiene mayor caudal en los estiajes, y esta circunstancia es la que principalmente se tuvo en cuenta para recurrir á él en primer término; mas obsérvese que el trazado del Canal permite igualmente, según se ha dicho, utilizarlo para conducir por él las aguas del Jarama y las del Guadalix, con la circunstancia de que para el aprovechamiento de las de este último existe ya construído un acueducto, si bien de muy cortas dimensiones. Véase, pues, cómo los fundadores del Canal de Isabel II supieron adelantarse en medio siglo á los que en estos últimos años han creído que exponían alguna idea ó plan nuevos al formular proyectos de conducción de las aguas del Jarama y del Guadalix, ignorando, sin duda, que cuando sea llegado el momento de tener que recurrir á las aguas de estos ríos, porque la cuenca del Lozoya resulte insuficiente, aquel Canal está en disposición de conducirlos con un gasto moderado, muy inferior al que sería necesario si alguien tuviera el valor de llevar á la realidad tales proyectos.

Relacionado con esto se ofrece un punto delicado: dado el consumo actual de Madrid y el desarrollo que cabe admitir, ¿puede considerarse ya insuficiente lo que pudieran llamarse recursos hidrológicos de la cuenca del Lozoya? Si nos atenemos á lo que ha ocurrido en los años de 1896 y actual, parece que la respuesta debería ser afirmativa; pero si se tiene en cuenta que se trata de dos años extraordinariamente secos y escasos en nieves, como no lo ha sido otro alguno seguramente en lo que va de siglo, y que hasta ahora se ha pretendido que la presa quede desaguada una cierta parte del año para evitar su aterramiento, haciéndose el embalse en la primavera por ser la época en que las aguas son más puras, se comprenderá que se trata, en resumen, de una verdadera cuestión económica. Si á toda costa y á cualquier precio se desea tener una seguridad, que en definitiva jamás puede ser absoluta, de que habrá siempre aguas sobrantés y aun que éstas se embalsarán en las más favorables condiciones, claro está que deberá recurrirse al agua de otras cuencas, con lo cual, razonablemente, podrá creerse que se habrán evitado, con el empleo de sumas respetables, peligros y temores por remotos que sean; si, por el contrario, la carencia de estas sumas impide emprender las obras necesarias, debe admitirse que han de ser muy extraordinarias las circunstancias para que pueda temerse que el agua llegará á escasear, debiendo, sin embargo, en tal caso, sacrificar en parte alguna ó algunas de las ventajas con que hasta ahora se había podido contar.

En las circunstancias actuales, no obstante, el aprovechamiento de las aguas del Guadalix representa ventajas positivas de otro orden, que unidas á la de aumentar con ellas las hoy disponibles del Lozoya, son bastantes para que pueda afirmarse que el establecimiento de las obras necesarias constituirá dentro de poco una verdadera necesidad, según propuso hace ya algún tiempo la Dirección del canal; la presa y canal de Guadalix podrá no sólo aumentar el caudal disponible, sino también, como se ha dicho, contribuir grandemente á evitar ó á hacer menos temibles los efectos de las turbias (según las obras que se construyan), y también los que podrían producir alguna avería inesperada y de difícil reparación que pudiera presentarse en la parte alta del canal, comprendida entre su origen y el Guadalix, ó en la propia presa del Villar. En cuanto al Jarama, es inútil, hoy por hoy, recurrir á él, máxime sabiendo que las obras necesarias para aprovechar sus aguas serían más costosas que las del Guadalix, que su ingreso debería tener lugar en el Pontón de la Oliva, cerca del origen del canal, y, por último, que en él las turbias

suelen ser más intensas y más frecuentes que en el Guadalix y en el Lozoya.

Casi sin excepción, todos los problemas que envuelve el abastecimiento de aguas de Madrid se agravan notablemente con el aumento en el consumo; y cuando este aumento radica, no en el útil empleo del agua, que vendría representado por un mayor ingreso en la recaudación del canal, ó por lo menos en mayores ventajas para los habitantes de la capital, sino que procede del despilfarro y del derroche en los servicios, tanto públicos como privados, resulta que las dificultades aumentan, sin que aumenten á la vez los recursos disponibles, y lo que es aún peor, sin que nadie encuentre justificada la necesidad de emprender nuevas obras para vencerlas, creyendo, por el contrario, que las construídas han de ser de tal linaje que puedan adaptarse y ser igualmente eficaces para toda clase de consumos. Hace tiempo que en Madrid se rebasó con exceso el límite en que termina un gasto razonable y justificado en toda clase de servicios, y este fenómeno, que en modo alguno es exclusivo de esta población, sino que se presenta indefectiblemente en todas las que emplean el sistema de caño libre para el suministro en los usos domésticos, y en que los municipales no tienen limitación de ninguna clase, es indudable que contribuye poderosamente á agravar el problema de las turbias y ha contribuido igualmente á que en dos años se hayan podido abrigar temores de que en condiciones desfavorables, que no era imposible que se presentasen, pudiera llegar á faltar el agua. Mas, por otra parte, como ésta, de ordinario, es abundante, se comprende que la Administración haya estado reacia en abandonar un sistema de suministro que, dando plena satisfacción á los abonados, contribuía, primero á crear los hábitos de usar el agua con abundancia, y luego á acrecentar el número de casas abastecidas, con lo cual quedaban á la vez beneficiados los ingresos del canal y los intereses de la higiene; y en cuanto á la amplísima concesión de que, aparte del agua de su propiedad, disfruta el Municipio, se comprende bien que el Estado, disponiendo de aguas sin aplicación, no tuviera inconveniente en otorgarla, favoreciendo aquellos mismos intereses higiénicos por los que, él en primer término, debe velar constantemente; en esta parte ha habido, quizá en muchos, una lamentable confusión, y lo que constituye laudable concesión puramente graciosa y con limitaciones indispensables y bien marcadas, se ha supuesto que era un derecho adquirido á título oneroso, cuando es sabido que los 19 millones de reales que próximamente entregó el Ayuntamiento de Madrid representan el importe de 2.000 reales fontaneros de agua por él adquiridos y el reintegro de parte de los desembolsos que por su cuenta se hicieron para la construcción del alcantarillado. Existe, pues, en cuanto á las restricciones que al derroche en el uso del agua pueden imponerse adoptando el sistema de suministro por medida, un delicado problema de oportunidad, que no es fácil resolver siempre con el debido acierto y que puede justificar plenamente el proceder de la Administración del Canal; dadas, sin embargo, las circunstancias actuales, aun teniendo presente que dentro de un plazo no muy largo deberá contarse con una capacidad de depósitos muy superior á la de hoy, parece indudable que ha llegado el momento de prescindir del caño libre y aun de limitar el consumo del agua en los servicios municipales á lo que realmente reclamen las necesidades ampliamente satisfechas, dando este paso que antes que nosotros han tenido que dar otras capitales que disponían de distribuciones establecidas de más antiguo. Claro está que, en esto, como en todo, los resultados que se obtengan dependerán en gran parte del acierto y de la perseverancia que exista en la implantación de las medidas que se adopten; pero es seguro que aquéllos siempre serán favorables para el mejor abastecimiento de Madrid.

Para el establecimiento de la red de distribución se aceptaron bases amplísimas de consumo, á pesar de lo cual hoy resultan insuficientes las cañerías, porque el gasto real es ya superior al supuesto, y sobre todo porque se han derivado de las cañerías destinadas tan sólo á abastecer el área en que se hallaba el Ma-

drid antiguo, otras nuevas que alimentan los barrios del ensanche de la población, con lo que, al paso que se ha visto disminuir la presión en la red antigua, no se han obtenido cargas suficientes en algunos de los nuevos barrios edificados en puntos muy elevados con relación al nivel de los depósitos. Si se tienen bien en cuenta las condiciones en que se ha verificado el ensanche de Madrid, que ha tenido lugar de una manera paulatina y por diversos extremos, y que además la red antigua, durante mucho tiempo, tenía un verdadero exceso de capacidad, se comprenderá cuán justificada es la marcha que en este punto se ha seguido, utilizando dicha capacidad casi por entero, antes de lo que hubiera podido hacerse á no haber hecho las derivaciones para el ensanche con notoria y bien entendida economía, puesto que ello evitaba, por de pronto y durante mucho tiempo, el establecimiento de una nueva red que arrancase directamente del Depósito para servir á cada uno de los nuevos y populosos barrios que se han ido construyendo en la periferia del antiguo Madrid, obras que necesariamente han de ser de gran coste. Mas desde el momento en que en el ensanche se han formado núcleos importantes de población, y, sobre todo, que el consumo se ha elevado á cifras muy grandes, resultando insuficientes las cañerías para dar paso á toda el agua sin que descendieran las cargas notablemente, podía considerarse necesario acometer la empresa de establecer nuevas arterias principales de alimentación de las nuevas redes, descargando, por decirlo así, de este trabajo á las arterias antiguas. También en este punto concreto podría señalarse quizá algún retraso en la ejecución de las obras; pero hay que tener muy presente la cuantía de éstas y que los desembolsos que exigirán tendrán mejor remuneración cuanto más pobladas se hallen las zonas que deben ser abastecidas con independencia de las antiguas. A medida que estos trabajos se realicen, aumentarán en toda la población las cargas; pero en ciertos barrios, efecto de la altura á que se hallan situados, no serán aún suficientes, y en otros será imposible que á ellos alcancen las aguas, por hallarse á igual ó mayor altura que los depósitos, construidos cuando nadie podía prever ni sospechar siquiera que la población llegaría á extenderse por las alturas de los Cuatro Caminos, Gindalera, Prosperidad, Madrid Moderno, Plaza de Toros, etc. Se impone, pues, la necesidad de elevar las aguas para ciertos barrios de la población, á la vez que la de enlazar directamente con los Depósitos las canalizaciones de otros que deberán completarse á medida que la edificación se extienda. No ha habido con lo hecho errada maniobra, se ha seguido tan sólo el camino que la necesidad ha marcado, con el gasto menor posible, si bien hay que reconocer que ha llegado ya el momento en que es indispensable aportar los desembolsos que sean precisos, y que obtendrán de seguro el debido interés con el aumento en el consumo remunerado.

También en esta parte podemos hacer una afirmación categórica, ya enunciada en nuestro anterior artículo; la marcha trazada no es sólo la que con completa claridad indica el conocimiento entero de la cuestión, sino que también es de cuantas soluciones pudieran idearse dentro del actual sistema de abastecimiento ó partiendo de otro cualquiera la que ha de resultar más económica, puesto que aprovecha la mayor suma de elementos reunidos.

Podría por alguien admitirse que en todo lo que venimos exponiendo se parte de que ciertos supuestos son incontestables, cuando es sabido que en la realidad han sido contestados, pues no escasean en Madrid, como en toda gran población, las inteligencias audaces que imaginan soluciones ventajosas para los problemas más arduos de la ingeniería, más en armonía generalmente con los deseos ó la voluntad de sus autores que con la posibilidad de darles forma práctica.

Se ha dicho, por ejemplo, que en vez de las del Lozoya, debieron haberse conducido las aguas del Guadalix, las del Jarama ó las del Guadarrama; ya se ha indicado, respecto á las de los dos primeros ríos, que en el programa primitivo se partía del supuesto de que deberían aprovecharse cuando la necesidad lo exigiera, no

antes. En cuanto á las del Guadarrama, que son mucho menos abundantes que las del Lozoya, sin ser más puras, y cuya aducción hubiera exigido también largo y costosísimo acueducto que había de cruzar la extensa cuenca del Manzanares, se comprende bien que fueran postergadas al principio, y que ahora, mientras basten las del Lozoya más las del Guadalix primero y las del Jarama después, ya que con un gasto muchísimo menor se pueden reunir, será inútil recurrir á ellas. Cuando en un porvenir, que puede admitirse que aún está muy remoto, las cuencas del Lozoya, del Guadalix y del Jarama, reguladas con las presas de embalse necesarias, resultasen insuficientes, ó cuando se haya agotado la capacidad de conducción del actual Canal, será llegada la ocasión de pensar en las aguas del Guadarrama.

Pudiera igualmente creerse que las aguas artesianas, siempre caras y casi siempre puras, podrían constituir una solución mucho más radical que la anterior; mas interin no se demuestre que existen tales aguas, y en la cantidad necesaria, tal suposición no tendrá fundamento alguno, pues lo cierto es que las tentativas que hasta el presente se han hecho, no han dado resultado, y son pocas las esperanzas fundadas que pueden abrigarse de que en lo sucesivo lo darán mejor las que se hagan.

Por último, se ha emitido en diversas ocasiones la idea de que el abastecimiento, al menos para los usos domésticos, debería hacerse con aguas subterráneas ó con las procedentes de manantial. Ya se ha dicho, sin embargo, que el primer procedimiento, que es el seguido en Madrid hasta que se trajeron las aguas del Lozoya, sobre no estar exento de peligro desde el punto de vista higiénico, probó una larga experiencia que pecaba de costoso, y que con él, probablemente, jamás hubiera podido conseguirse poseer un caudal abundante. Respecto á los manantiales capaces de dar 150 á 200.000 metros cúbicos diarios, ¿dónde están en condiciones de ser conducidos á Madrid? Ni los minuciosos reconocimientos, ya de antiguo practicados en el Guadarrama y sus estribaciones, ni el caudal de los ríos en los estiajes los delatan, ni aquí ni en parte alguna es posible que tales veneros cuando son utilizables escapen al conocimiento de geólogos experimentados y aun de los habitantes de las sierras. París ha podido, invirtiendo caudales considerables, procurarse de largas distancias aguas de manantial (y suponer también que lo eran aguas de río que sólo en trayecto reducido corrían por bajo tierra); pero este ejemplo no puede seguirse, digan lo que quieran los partidarios de aguas de manantial, en los puntos en que éstos no existen, y París mismo tiene que recurrir, y está hoy haciendo nuevas instalaciones, al agua del Sena, no sólo para los usos públicos ó industriales de toda la población, sino también para los puramente domésticos de buena parte de ella.

Cuanto queda expuesto, con los apremios que el tiempo y el espacio de que disponemos imponen, constituye, á nuestro entender, la satisfactoria demostración que ofrecimos en nuestro anterior artículo sobre este asunto, de que si pudiera tacharse á la Administración del Canal de falta de oportunidad, que mejor podría decirse de falta de recursos, sería á todas luces injusto admitir que ha habido falta de acierto en los Ingenieros que la han aconsejado. Un programa trazado desde el principio, que aun hoy, después del tiempo transcurrido, llena por completo todas las necesidades y soluciones que aun deberían ser adoptadas para los mismos problemas, si acaso hubiera que resolverlos, utilizándose todas las obras realizadas, podrán ciertamente ser objeto de dura crítica, pero no serán con justicia criticados. Se dirá, quizá, que en tal cual detalle no se ha obtenido el resultado propuesto, como, por ejemplo, en la solera del primitivo depósito; mas aparte de que estos casos son tan excepcionales en el canal de Isabel II, que dudamos pasen de dos, ¿podrá pretenderse que en obra de tal magnitud é importancia, realizada en gran parte en una época en que se carecía de la experiencia de hoy en esta clase de construcciones, no haya absolutamente ningún punto que no responda á las previsiones de sus autores? ¿Qué se diría, por ejemplo, si hubiera habido que abandonar, como en Nueva York y Berlin, obras importan-

tísimas, ó que, como en París, se hubieran invertido sumas enormes para obtener aguas de manantial, sin conseguirlo, porque han resultado ser de río? ¿Qué se diría de los fracasos experimentados en otras partes, y que en gracia á la brevedad no citaremos, sólo á fuerza de dinero subsanados? Por nuestra parte, no nos extrañan; en materias tan arduas, en que lo imprevisto tiene una participación tan considerable, en que los recursos frente á las necesidades y á las exigencias del público son siempre necesariamente limitados, la falta de éxito nada prueba, y el buen resultado revela, por el contrario, mérito indiscutible.

Resulta, por lo tanto, que en Madrid no nos encontramos, como se ha supuesto, sin datos de la cuestión y sin fundamento bastante, ni frente á un fracaso, ni siquiera frente á problemas de los que no se conozcan perfectamente su carácter y su solución. Tenemos, sí, graves deficiencias que remediar, preocupaciones que vencer y aun intereses que armonizar; pero ha de bastar para todo la firme voluntad y la perseverancia, que casi siempre son condiciones inseparables del éxito, sin más que seguir la línea que un adecuado conocimiento del asunto marca de una manera por completo decisiva, entendiendo siempre que la perfección que se desee obtener en el abastecimiento ha de ser, ante todo, función que variará muy directamente con los recursos que se empleen, é indirectamente, por lo tanto, con los sacrificios pecuniarios y de comodidad que de los usuarios se exijan. Abrigamos, con toda sinceridad, la confianza de que basta seguir los caminos emprendidos para alcanzar remedio á todos los males, con sólo que al largo periodo de calma que ha precedido la construcción del tercer depósito, suceda otro de mayor actividad, en que pueda ejercerse la iniciativa precursora de los Gobiernos, implantando la prolongación del Canal y de nuevas presas, disponiendo el aprovechamiento de las aguas del Guadalix, elevando las necesarias en una estación central, distribuyéndolas por las zonas que carecen de red completa, y, finalmente, realizando la instalación de filtros; con ello, al par que se dará merecida satisfacción á la opinión y á verdaderas necesidades públicas, se seguirán las huellas del insigne Bravo Murillo, que, adelantándose á su tiempo, en un camino que hoy empiezan á seguir los países más civilizados, supo preparar la solución acertada á un difícil problema económico, que Municipio y particulares eran impotentes en resolver, y que, sin embargo, en manos del Estado ha constituido fuente de pingües ingresos

para el público Tesoro, y que es seguro que para el porvenir constituirá igualmente una lucrativa inversión del dinero y poderosa ayuda para la riqueza é higiene de la capital de España.

VENTILACIÓN DE TÚNELES

(CONCLUSIÓN)

Se han adoptado otras bases de evaluación, además de la del tonelaje de extracción, para fijar el volumen de aire que debe introducirse en las minas.

M. Schondorf, admite que la ventilación debe ser suficiente para que la pérdida en oxígeno no exceda de 1,5 por 100, el desarrollo de ácido carbónico de 0,5 por 100 y el del hidrógeno carbonado 0,6 por 100. Supone además que un hombre con su lámpara absorbe 50,5 litros de oxígeno por hora y que desprende 38 litros de ácido carbónico, mientras que un caballo absorbe 100 litros de oxígeno y desarrolla 90 litros de ácido carbónico.

Según Callon, la cantidad de aire fresco que como minimum debe afluir cada veinticuatro horas en un espacio cerrado, es de 17 á 19 m.³ por cada hombre que en él permanezca. Esta cantidad debe triplicarse si los hombres trabajan. Según el mismo autor, desde el punto de vista del consumo de aire, una lámpara de mina equivale á un hombre, y un caballo á tres hombres.

Demagnet indica prácticamente 25 m.³ por hombre y por hora, de los cuales 14 son para el obrero, 7 para su lámpara y 4 para combatir los miasmas. Adopta también para el caballo el triple del consumo del hombre.

M. T. Wills pide por hombre y por minuto 2,800 m.³, de los cuales 0,013 para la respiración y el resto para todas las demás causas de alteración.

El general Morin indica como indispensable para la ventilación de una cámara cerrada, 100 m.³ por hora y por persona.

La Compañía de Blanzly envía 80 litros de aire por segundo y por obrero en los pozos que desprenden grisou.

Una regla bastante generalizada en Bélgica, recomienda, como minimum, la cifra de 30 á 50 litros por obrero.

A continuación insertamos un cuadro, copiado de la obra de M. Haton, que contiene términos medios muy interesantes sobre esta cuestión. Los volúmenes de aire se expresan en metros cúbicos por segundo.

REGIONES	POR OPERARIO				POR TONELADA				POR HECTÁREA	
	Número de minas.	Mínimum.	Medio.	Máximum.	Número de minas.	Mínimum.	Medio.	Máximum.	Número de minas.	Medio.
Westfalia.....	35	»	0,0285	»	35	»	0,0172	»	35	0,1020
Inglaterra.....	18	0,1010	0,1860	0,3320	24	0,0307	0,0986	0,2023	»	»
Bélgica.....	9	0,0370	0,0890	0,1550	15	0,0820	0,0894	0,1660	»	»
Brückenbergr (Sajonia).....	1	»	0,1510	»	1	»	0,0633	»	»	»

Depresión y velocidad.—En los cálculos de ventilación de minas, mucho más complicados que los de túneles, por la diversidad de situación, posición y dimensiones de las galerías, así como el número y disposición de los orificios con que aquéllas comunican con el exterior, se usan ciertas expresiones que conviene conocer, por si algún día al hacer el cálculo de la ventilación de un túnel, hubiese precisión de usarlas. Entre dichas expresiones, las más importantes son las referentes á depresión y velocidad.

Se llama *depresión motriz* el exceso de tensión que presenta

el aire del exterior respecto al del interior de una mina ó túnel, diferencia que determina el movimiento de dicho fluido. Desde este punto de vista existe un marcado contraste entre las condiciones de la metalurgia, que emplea cantidades de aire bastante limitadas, pero sometidas á tensiones importantes, y las de ventilación de túneles, que exige, por el contrario, volúmenes muy considerables, con muy pequeñas depresiones. Estas últimas son á menudo de sólo algunos centímetros de agua; rara vez más de diez.

Se llama *velocidad de ventilación*, la velocidad que tiene el