

REVISTA DE OBRAS PUBLICAS

PUBLICACION TECNICA DEL CUERPO DE INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

DIRECTOR

D. MANUEL MALUQUER Y SALVADOR

COLABORADORES

LOS INGENIEROS DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

SE PUBLICA LOS JUEVES

Dirección y Administración: Plaza de Oriente, 6, primero derecha.

CANAL DE ISABEL II ⁽¹⁾

Consideraciones generales.

Fácil cosa es cumplir con el propio deber; lo difícil en muchas circunstancias de la vida es el acertar con el verdadero y único camino que ese mismo deber señala á nuestros pasos.

Cuando á raíz de aprobarse el plan de obras que yo propuse al poco tiempo de encargarme de la Dirección del Canal y al emprender éstas resueltamente, surgieron en la opinión corrientes opuestas al programa adoptado; yo me pregunté con avidez de acierto si el camino del deber era para mí el de descender á la discusión para defender el plan elegido y aprobado por la Superioridad, ó si no era más bien el de un discreto apartamiento de la lucha, en donde intereses encontrados con los del Canal de Isabel II, y que se suponían heridos por el programa que se había trazado, trataban de hacer públicos por todos los medios á su alcance sus quejas y protestas.

Defender la bondad de un plan aprobado ya por los más altos organismos del Estado, y entonces en vía de ejecución, me parecía pretencioso á la par que pueril candidez.

Los hechos, más elocuentes que las palabras, se encargarían, en un porvenir no lejano, de demostrar que el plan adoptado era el más beneficioso para los intereses del Estado.

Á ellos parecióme deberse encomendar su defensa, y á ellos y á la ejecución ordenada, rápida y lógica de las obras creí deber mío el dedicar ante todo mi actividad y todos los esfuerzos de mi inteligencia.

El camino del deber, tal como yo creía verle, era el del silencio y del trabajo, y por él me lancé decidido á no apartarme de aquella línea de conducta que mi conciencia tan claramente me dictaba.

Sin embargo, como mi tenaz silencio pudiera ser acaso interpretado como indicio de cierta inconfesada tibieza de convicciones acerca de las excelencias del plan aprobado, para desvanecer toda sospecha á que haya podido dar lugar la especie vertida de que, llevado por mis pretendidas predicciones industriales, haya perdido de vista el primordial objeto del Canal de Isabel II, es decir, el abastecimiento de

aguas de la capital, poniendo en primer plano en situación preeminente entre mis constantes preocupaciones en la diaria dirección del Canal el aprovechamiento del salto del cuarto trozo, véome precisado á molestar la atención del Consejo en esta Memoria explicativa de las obras que se ejecutan, recordando los motivos que me indujeron en su día á formular lo que en mi leal saber y entender consideré y considero como la mejor solución de los problemas que se relacionan con el Canal.

En esta Memoria, que con el mayor respeto tengo el honor de someter á la alta apreciación del Consejo, pretendo demostrar que precisamente con las obras que se están realizando he tratado, en primer término, de atender con la necesaria abundancia y regularidad al abastecimiento de aguas de Madrid, sin que ello me haya impedido dar al salto de agua todo el poderoso valor industrial que tiene, y que nadie puede negar, puesto que es y será siempre un valiosísimo elemento de riqueza para los vecinos de Madrid, para su higiene y civilización.

Las ideas acerca del minimum de agua necesaria para el abastecimiento de las poblaciones han evolucionado notablemente.

La ley de Aguas promulgada en 13 de Junio de 1879, es decir, veintiocho años después de la inauguración de las obras del Canal de Isabel II, consigna en su art. 164 que "únicamente cuando el caudal normal de aguas que disfruta una población no llegase á 50 litros al día por habitante, de ellos 20 potables, podrán concedérsele de la destinada á otros aprovechamientos, y previa la correspondiente indemnización, la cantidad que faltara para completar aquella dotación".

Este artículo demuestra que en aquella época se consideraba como caudal suficiente para el abastecimiento de una población el de 50 litros al día por habitante, y es indudable que en época anterior á la fecha en que se promulgó la ley de Aguas se consideraría suficiente un caudal menor. El aumento constante de las necesidades públicas y privadas, consecuencia natural del rapidísimo desarrollo de la civilización moderna, las exigencias progresivas y perentorias de la higiene, el mayor refinamiento de las costumbres, han engendrado la necesidad ineludible de dotar de abundantísimo caudal de aguas las poblaciones de tal suerte, que el límite señalado por el citado artículo de la ley de Aguas se halla hoy en completo desacuerdo con las exigencias actuales.

Es, pues, lógico suponer que al comenzar los trabajos

(1) De la Memoria sobre el estado de los diferentes servicios del Canal redactada por el Ingeniero Director Sr. D. Ramón Aguiñaga.

del Canal de Isabel II, más de un cuarto de siglo antes de la promulgación de la ley de Aguas, se considerase en general como muy suficiente para el abastecimiento de la capital de España una dotación inferior á la de 50 litros al día por habitante. Pero aun admitido este caudal como base para los estudios, teniendo en cuenta que Madrid en aquella época contaba con una población de 200.000 habitantes, el caudal necesario resultaba de unos 115 litros por segundo. Sin embargo, los ilustres Ingenieros Sres. Rafo y Rivera, comisionados por Real orden de 16 de Mayo de 1848 para el estudio del proyecto de abastecimiento de aguas de Madrid, propusieron dimensiones tales para el canal de conducción, que permiten, como se verá más adelante, la aducción de un caudal infinitamente superior al que acabo de indicar.

En primer término, se ocuparon los repetidos Ingenieros en aforar escrupulosamente los ríos que rodean á la capital, con objeto de elegir el que mayor caudal de aguas pudiese garantizar, siendo los resultados de sus observaciones y cálculos los del siguiente cuadro, en el que se indican el gasto en litros por segundo en estiaje de cada río:

Guadarrama.....	86 en la parte alta. 281 en el puente de Retana.
Manzanares.....	108 en la parte alta. 195 en Madrid.
Guadalix.....	97 en San Agustín.
Lozoya	542 en la parte alta. 670 en el Pontón de la Oliva.
Jarama.....	433 en la parte alta. 1.730 en Puente Viveros.

En el plano que acompaño á esta Memoria se ve la extensión y situación de las cuencas de estos ríos. Por ello se pone de manifiesto lo concienzudo del estudio de los señores Rafo y Rivera, su gran competencia profesional y la medida de la previsión, casi adivinación del porvenir, que presidió en la redacción de su magnífico proyecto.

Pero si grande fué su previsión al elegir el único río del que pueden derivarse á la cota conveniente las aguas que Madrid necesita, todavía fué mayor el acierto de los ilustres Ingenieros que tomaron parte en estos trabajos en determinar la Sección del Canal de conducción, ya que desentendiéndose de las ideas corrientes en su época, en lugar de limitar sus deseos á la conducción de 115 litros por segundo, eligieron una Sección capaz de llevar á la capital un caudal de 3.800 litros, según expresa el Sr. Alvarez Cascos en todas sus Memorias anuales y acaso hasta 4.000, como se deduce de los cálculos que por mi parte verifiqué y que aparecen en el anejo núm. 1.

Al hacerme cargo de la Dirección del Canal de Isabel II, á raíz casi de establecerse el nuevo régimen, mi primera preocupación fué estudiar el caudal de agua que Madrid consumía, y del estudio que aparece en la Memoria por mí presentada el año 1907, resulta que hoy se derivan para Madrid del río Lozoya más de 2.000 litros por segundo, y que el embalse del Villar, que es el que almacena el agua en invierno para atender á las necesidades del consumo en el estiaje, llegará á ser insuficiente al reproducirse estiajes como el de 1903 y 1904, dado el consumo que hoy se verifica en la capital, y aun esta insuficiencia se hará sentir muy pronto en los estiajes ordinarios, cuando se haya ampliado la red de distribución con las obras que actualmente se construyen.

La necesidad de pensar, en primer término, en un aumento de caudal, era evidente.

Los aforos hechos por el Canal de Isabel II en diez años consecutivos, demuestran que el caudal medio mínimo en la presa del Villar puede tomarse de 6.000 litros por segundo, porque siendo el caudal menor el del año 1903, que fué de 5.758, teniendo en cuenta que los aforos han sido hechos unos 11 kilómetros aguas arriba de la presa del Villar, sumando á la cifra anterior el caudal que afluye al embalse del Villar en esa zona puede, sin temor alguno, tomarse como base el caudal de 6.000 litros por segundo.

Mi primer intento fué estudiar el problema con esta base; pero al ver que el canal actual, según expresa el Sr. Alvarez Cascos, sólo podrá conducir 3.800 y acaso llegar á 4.000, como hemos visto, creí que debía limitar las obras á este caudal, y del estudio hecho en la Memoria de 1907, tomando como base el gráfico de los aforos del río Lozoya del año 1904, deduje que para este aumento de caudal era preciso aumentar el embalse del Villar, que almacena 20 millones de metros cúbicos útiles, en 30 millones más, problema que sólo puede resolverse construyendo un nuevo embalse en Puentes Viejas.

Determinado este punto esencial, me ocupé de estudiar la manera de solucionar la construcción del canal transversal y determinar la sección que precisa dar á este canal.

El canal transversal tiene por principal objeto que las aguas, al salir de la presa del Villar, no se viertan en el río y hagan el recorrido por su cauce, como sucede hoy en 22 kilómetros, siendo ésta la causa principal y casi exclusiva de las turbias; que, además, las aguas no pierden los efectos de auto depuración que experimentan en el embalse del Villar y en el de Puentes Viejas cuando se construya, suprimir los 24 primeros kilómetros del canal existente, situados en la zona peligrosa, y en los cuales las pérdidas de agua y los gastos de conservación son muy considerables, y reducir en 25 kilómetros el recorrido del agua entre la presa del Villar y Madrid.

La construcción del canal transversal es una necesidad sentida desde que se construyó la presa del Villar. Dos soluciones podían adoptarse: prolongar el canal desde el pontón de la Oliva hasta el Villar, en la forma iniciada cuando se construyó la presa de Navalejos, y posteriormente la de la Parra, ó cruzar la divisoria de aguas del Lozoya y Jarama en el Berrueco.

Entre las dos soluciones no cabe discusión: sin género de duda, la segunda, que es la que se ha adoptado, es la única admisible.

En la construcción de este canal se presentaban dos problemas muy importantes: primero, la conducción de aguas desde la presa del Villar á la Aldehuela, empalme con el canal actual en el kilómetro 25, y segundo, el aprovechamiento de un salto ó desnivel de 150 metros, que constituye una riqueza natural, importante y aprovechable á poco coste.

El caudal medio mínimo que puede suministrar el río Lozoya es, según hemos visto, de 6.000 litros por segundo, y el caudal fijado al hacer el estudio de 4.000.

Determinada la traza del canal transversal, precisaba conocer la sección apropiada para este canal, y para esto era preciso estudiar dos partes: la primera, desde el embalse del Villar hasta el origen del salto de agua, y segunda, la parte comprendida desde la salida de aguas de la casa de máquinas, hasta empalmar con el Canal actual en el kilómetro 25.

En la primera parte, que tiene una longitud de 16.440,92 metros tiene el Canal dos funciones que desempeñar: la primera, conducir el caudal necesario para el abastecimiento de Madrid, y segunda, el necesario para el aprovechamiento del salto de agua.

Todos los que tengan una ligera idea de lo que es un salto de agua, saben que el consumo del agua en estos aprovechamientos es muy irregular y que hay horas de máximo y mínimo consumo. Los gráficos de consumo demuestran que el consumo máximo no es menor que el doble del consumo medio: por lo tanto, partiendo de la base de un consumo medio de 4.000 litros por segundo, la sección que debe darse al canal transversal no puede ser menor que la necesaria para conducir 8.000 litros por segundo, y esta fué la sección adoptada.

Es indudable que en cuanto se dé aplicación á la fuerza desarrollada por el caudal medio de 4.000 litros por segundo, se tratara por todos los medios de obtener el máximo de la fuerza que el Lozoya puede proporcionar con el empleo de los 6.000 litros de su caudal medio mínimo, y entonces es posible que la sección adoptada, en las horas de máximo consumo, no dé el caudal necesario; como llegado este caso los beneficios que el canal por este concepto obtenga han de ser de gran importancia, para regularizar el consumo en las horas de máximo consumo, será suficiente construir en el origen del salto un depósito regulador que almacene parte del agua en las horas de mínimo consumo, para ser utilizada en las de consumo máximo, y este procedimiento permitirá llegar hasta utilizar en las épocas en las que el río lleva mayores caudales hasta 8.000 litros por segundo como caudal medio.

Proceder en otra forma sería cometer una gran equivocación que quedaría patente en cuanto se desarrolle el consumo de la fuerza hidráulica.

Al final del salto, á la salida del agua de las turbinas, se ha proyectado un depósito regulador, que se está construyendo, y que tiene por objeto almacenar las aguas en las horas de máximo consumo, para conducir en todo tiempo un caudal constante por el canal que conduce las aguas á Madrid. En cuanto á la sección que era preciso dar á este canal que tiene una longitud de 5.420,88 metros desde la casa de máquinas hasta el empalme con el canal actual de conducción, pensé darle la sección necesaria para conducir los 4.000 litros por segundo; pero comprendí, desde luego, que hubiera sido una falta de previsión limitar á este caudal la sección. El río Lozoya puede suministrar, como se ha visto para el abastecimiento de Madrid, hasta 6.000 litros como caudal medio mínimo, y teniendo la parte alta del canal transversal en una longitud de 16.440,92 metros, sección para conducir un caudal mayor que los 6.000 litros, por las razones expuestas, no estaría justificado el no dar á la sección de abajo, que sólo tiene 5.420,88 metros de longitud, capacidad para conducir los 6.000 litros que puede suministrar el río Lozoya, de este modo el día en que las necesidades del consumo en Madrid obliguen á aprovechar todo el caudal del Lozoya, la obra que será preciso realizar será un nuevo canal paralelo al actual, desde el empalme, con el transversal hasta Madrid, en una longitud de unos 52 kilómetros, de la sección necesaria, para un gasto equivalente al caudal que el Canal actual no pueda conducir, y persisto en creer en la bondad de la solución, á la que hasta la fecha ninguna otra mejor se ha opuesto.

Si los Ingenieros que estudiaron el problema del abaste-

cimiento de aguas á Madrid se hubieran preocupado de la crítica de que fueron objeto, y se hubieran limitado á conducir el caudal necesario en aquella época, la situación de Madrid hubiera sido hoy verdaderamente tristísima, y si en aquellas condiciones, sin conocer el resultado económico del problema planteado, adoptaron este criterio, hoy que el Canal cuenta con recursos sobrados para realizar cuantas obras sean necesarias, si no se planteara el problema del abastecimiento de la capital con gran amplitud de miras, pensando en el desarrollo constante de la ciudad y, por lo tanto, de sus necesidades siempre crecientes, se daría prueba de una pobreza y apocamiento de espíritu incompatible con la misión que á los depositarios de tan altos intereses incumbe.

El plan de obras, tal como queda expuesto, fué aprobado por la Superioridad en 10 de Abril de 1908, y seguidamente, en consonancia con el mismo, se puso mano al estudio de los proyectos parciales, contratándose después las obras correspondientes una vez obtenida la aprobación superior.

Alcanzada ya esta fase tan definitiva de la historia del Canal de Isabel II, es decir, el estado de cosa inapelablemente juzgada, era de suponer que nadie pensara en discutir la finalidad de las obras en vía de ejecución.

Sin embargo, es notorio que perduran corrientes de oposición, sin que hasta la fecha sean conocidas concreta y categóricamente las razones técnicas ó económicas en que aquéllas se fundan.

Por mi parte, sólo he de afirmar que al proponer el plan de obras aprobadas y en vía de realización, obré impulsado por la más absoluta convicción de que dicho plan constituye la sola solución normal de los varios problemas que conciernen al Canal de Isabel II, y ahora, después del estudio que constantemente he venido haciendo de las mismas cuestiones durante los tres años que llevo al frente de su dirección técnica, me ratifico plenamente en las mismas opiniones, y dado el estado de adelanto en que las obras se encuentran, afirmo que toda alteración, toda rectificación del camino emprendido, sería fatal para los intereses del canal, y, por consiguiente del vecindario de Madrid.

El solo argumento que se ha esgrimido con más ó menos franqueza en contra del espíritu que informó el programa que se viene ejecutando, es el de que se ha sacrificado la preeminencia del abastecimiento de la población al aprovechamiento del salto del cuarto trozo, es decir, que se ha agigantado por mi parte la importancia de éste á expensas de la que tiene el abastecimiento de aguas.

Peregrino es, en verdad, el argumento, pues el solo medio de hacer viable el aprovechamiento de un salto, es el obtener que su caudal sea constante y lo más abundante posible, condición que no me parece en oposición con las que se imponen para el abastecimiento de la capital, pues no conozco ningún ejemplo de buenos abastecimientos en el que se erija en sistema la irregularidad en el gasto y la escasez de caudal.

Como se ha visto, el caudal de aguas que se conduce á Madrid es insuficiente para su consumo, y las reservas que hoy existen son insuficientes para asegurar un servicio continuo y adecuado en todas las contingencias. Debido á esto, que es evidente para cuantos conozcan estas cuestiones, fué mi principal cuidado el arbitrar los medios para aumentar liberalmente la dotación de aguas de la capital y proponer el plan conveniente para lograr el que ésta llegara á ser el do-

ble de la que actualmente es. ¿Es esto abandonar el servicio de abastecimiento?

Resuelto este problema con la necesaria amplitud por medio del embalse en Puentes Viejas, abordé el problema de aprovechamiento del salto de aguas, cuya importancia había sido ya señalada por mis predecesores. El abandono, por mi parte, de tan importante cuestión, de tan evidente riqueza, hubiera sido, no tan sólo imperdonable falta, sino una verdadera traición para con los altos intereses que el Estado me ha hecho inmerecidamente honor de confiarme.

Y esta riqueza, en realidad enorme, que en manos de una Sociedad constituiría un soberbio negocio, ¿por qué no ha de ser también en manos del Estado una fuente de saneados ingresos?

¿O se pretende acaso el que el Estado renuncie á esta riqueza, ó mejor dicho, imponga al vecindario de Madrid el sacrificio real de renunciar á beneficiarse de una riqueza que el mismo desarrollo lógico de las obras le brinda con un salto de agua destinado á abaratar la luz y la fuerza en la capital?

Por muy respetables que sean los intereses de importantes Empresas particulares, yo creo que no lo han de ser menos los de la capital, en cuyo exclusivo provecho el Estado realizó la magna obra del Canal de Isabel II, y fundado en ello yo creo que sería absurda torpeza el dejar de utilizar la energía que el salto del cuarto trozo nos brinda, y no tan sólo torpeza, sino un acto de consciente deslealtad para con el Estado y su capital.

Los beneficios que se realicen en la explotación de aquel salto podrán emplearse en extender y mejorar independientemente el servicio de abastecimiento de aguas, mejoras que han de seguir paso á paso el desarrollo y embellecimiento de Madrid, de tal forma que, en plazo no lejano, pueda llegarse á abaratar notablemente el coste del elemento tan indispensable para la higiene pública y privada como lo es el agua potable.

Es, pues, lo que se está realizando obra de verdadero progreso, obra de incalculable alcance para el desarrollo de Madrid, que por ella podrá aspirar á ser en el porvenir un verdadero modelo de capital racionalmente higienizada.

Expuestas las anteriores consideraciones como justificación de mi proceder al frente de los servicios técnicos del Canal, voy á dar cuenta del estado de las obras en las tres secciones en las que los servicios del Canal están divididos.

RAMÓN DE AGUINAGA.

(Continuará.)

PUERTO DE VALENCIA

(CONCLUSIÓN)

Bases para el plan de obras.

CONSIDERACIONES GENERALES.—Conocida la importancia del comercio del puerto de Valencia, estudiado su probable desarrollo y teniendo en cuenta los defectos enumerados, procede ya indicar las bases á las que ha de ceñirse el plan definitivo de las obras.

Dos conceptos bien definidos se deslindan en las anteriores consideraciones: el primero se refiere á las circunstancias de acceso y abrigo y el segundo á las facilidades

para las operaciones mercantiles. Todo lo concerniente al primer grupo puede decirse que, en principio, está resuelto con la aprobación del anteproyecto de los diques exteriores, acordada por Reales órdenes de 1.º de Febrero y 6 de Mayo de 1896. La orientación de las bocas, longitud y planta de los diques del Norte, Este y Sur y superficie del antepuerto, están fuera de discusión, así es que no hay que ocuparse de ello. Sólo existen tres extremos acerca de los cuales ha de señalarse ahora definitiva sanción, á saber: la boca de sotavento, el espigón que ha de separar el antepuerto de las dársenas interiores y la prolongación del malecón del Turia, más allá del dique del Sur.

BOCA DE SOTAVENTO.—Para que puedan entrar y salir en el puerto los barcos de vela con todos los vientos y sin perjuicio del abrigo correspondiente, es indispensable que éste tenga dos bocas: una para los foráneos y otra para los terrales. La primera, en tiempos ordinarios, da acceso con vientos comprendidos en un ángulo de $238^{\circ}30'$, que elimina los del NO. O. y SO., muy frecuentes en la localidad. Sería, pues, muy imperfecto el puerto si no existiera la segunda boca que permite la entrada con vientos de tierra comprendidos en un ángulo de $297^{\circ}10'$, del cual sólo se excluyen del N. NE. al E. NE., ó sea los propios de los temporales, para los que está dispuesta la primera boca.

ANTEPUERTO.—Formaba parte del anteproyecto de los diques exteriores la construcción de un espigón de 675 metros de longitud que, arrancando del dique de la Providencia, terminaba en una tangente trazada por el morro del dique Norte siguiendo la dirección de la boca. Esta obra se segregó provisionalmente de la primitiva contrata, debiendo formar parte del proyecto definitivo, y como entiendo que no puede suprimirse, he de hacer algunas consideraciones en su abono, reforzando las del autor del proyecto.

Todo puerto ha de estar dividido en dos partes, las cuales, por los distintos servicios á que están destinadas, deben responder á ideas también diversas. En el antepuerto es lógico predominen las condiciones referentes á la facilidad de acceso, no tanto como las de abrigo, mientras que en las dársenas lo esencial es que haya completa tranquilidad, á fin de que puedan realizarse con comodidad las operaciones comerciales. Ahora bien; en el proyecto aprobado, el antepuerto permite la entrada con rumbos E. O., lo cual es muy conveniente para que con facilidad puedan tomarle las embarcaciones en los días de temporal; pero también entrarán las olas de la misma dirección y aun las que formen un pequeño ángulo hacia el N. Todas ellas dejarán sentir su acción, especialmente en frente de la boca, y como la marejada del antepuerto forzosamente ha de extenderse y no conviene en manera alguna que trascienda al interior, es imprescindible construir un espigón para limitar el antepuerto, lo cual, aunque dificulte un poco la entrada de los buques de vela en las dársenas, constituye, en cambio, elemento esencial del trazado, sin el cual no quedaría más espacio aprovechable para la carga y descarga de mercancías que la dársena actual. En el proyecto primitivo se tendió á impedir por completo la entrada de las olas, cualquiera que fuese su dirección, y por ello se terminaba el espigón en la misma dirección de la boca, lo cual le daba una longitud de 675 metros; en mi concepto, puede reducirse algo ésta, pues las olas disminuirán notablemente de altura al penetrar en un espacio más ancho. Dejo, pues, limitada su longitud á 590 metros, pudiendo