

todo el interes que su importancia reclama y que nuestro buen deseo nos inspira.

LA REDACCION.

La Redaccion de la REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS, elegida para el año actual, la componen los señores siguientes :

Presidente.

Excmo. Sr. D. Santiago Bausá.

Redactores.

Sr. D. Angel Arribas.

D. Manuel Riaño.

D. Miguel Muruve.

D. José Manuel Ruiz de Salazar.

D. Napoleon Ruiz de Vilanova.

D. José de Azpiroz.

ABASTECIMIENTO PROVISIONAL DE AGUAS EN VALLADOLID.

El título de *Abastecimiento provisional* que sirve de epígrafe á este artículo indica que no van á describirse obras de importancia : la escasa utilidad y enseñanza (si alguna encierran estas líneas) que en él puede encontrarse se reduce á tener conocimiento de una solucion pronta y económica, relativamente hablando, adoptada para aumentar el surtido de agua en Valladolid, y que quizá pueda tener aplicacion en alguna otra localidad.

Los 50.000 habitantes que próximamente encierra la ciudad de Valladolid sólo disponian hace cuatro años de unos 180 metros cúbicos diarios de agua, repartidos en cinco fuentes dentro de la poblacion, y ademas 420 metros cúbicos en fuentes situadas fuera de ella en los arrabales : el agua del rio Pisuergra que baña la poblacion se utilizaba subiéndola por medio de carros ó caballerías.

Pero si el agua andaba escasa, abundaban en cambio los proyectos para proporcionarla : entre ellos recuerdo habia dos para elevar las aguas del rio Pisuergra por medio de máquinas de vapor ; otro para conducir el caudal de unos manantiales, distantes 16 kilómetros y á 100 metros de altura sobre la poblacion ; y, por último, un proyecto de canal derivado del rio Duero para riego, abasteci-

miento y fuerza motriz, capaz de conducir seis metros cúbicos por segundo. Decidiéronse la opinion general y el Ayuntamiento por este último proyecto, considerándole (con justa razon á mi juicio), como de notoria trascendencia, no sólo para la capital, sino tambien para una gran parte de la provincia; no dejando de conocer, sin embargo, que, ni los 16.000.000 de reales que representaba la ejecucion de las obras, ni la terminacion de éstas era cosa tan breve y hacedera cual las necesidades exigian. Llegó, pues, un dia en que la necesidad extremó, y en que el Ayuntamiento, comprendiendo que con proyectos, concesiones y promesas de obras ni se apaga la sed, ni se extinguen los incendios, ni se riegan las calles, tuvo un arranque de iniciativa y decidió se intentase un surtido de aguas provisional, sin abandonar por eso, ántes bien acariciando más y más la idea de promover la construccion del canal derivado del rio Duero. En tal coyuntura fui encargado por el Ayuntamiento de la formacion de un proyecto de elevacion de aguas del rio Pisuergra, y su distribucion por la ciudad, con arreglo al programa siguiente : que las obras tuviesen el carácter de provisionales, procurando, sin embargo, que las cañerías y demas materiales pudiesen ser utilizables cuando se llevase á cabo el abastecimiento por medio del canal del Duero. Este acuerdo fué tomado en 7 de Abril de 1875; en 27 del mismo mes presenté un anteproyecto que fué aprobado, por lo cual redacté en seguida el proyecto detallado ; en Julio del mismo año 1876 empezaron las obras, y en Julio del año siguiente corria ya el agua por las cañerías de las calles, estableciéndose el servicio de abastecimiento que continúa hoy.

Dicho lo cual, entro desde luego en la descripcion de las obras.

Sobre el rio Pisuergra, y dentro del perimetro de la poblacion de Valladolid, existe un molino muy antiguo, que ántes de las obras tenia tres desven- cijas ruedas de paletas para dar movimiento á otros tantos pares de piedras destinadas á la molien- da de granos ; hallábase el molino sin arrendatario en la época en que fui encargado del proyecto, y parecióme ser un medio rápido y económico para elevar aguas del rio Pisuergra, el arrendar este molino y hacer en él las obras puramente precisas para establecer un motor y bombas elevatorias. Así se ha hecho : las obras de cantería se han limitado á las absolutamente necesarias para reparar una parte del deteriorado molino y á la reforma y ensanche de uno de los canalizos antiguos, dando á su fondo y

paredes la forma más apropiada para instalar una rueda de hierro, sistema Poncelet, cuyos principales elementos y dimensiones son los siguientes:

Diámetro de la rueda.	4m,00
Anchura.	1m,40
Altura de la corona.	0m,70
Número de paletas.	40m,00
Inclinación de la compuerta.	45°
Abertura de la compuerta.	0m,20 á 0m,26
Caida media disponible.	1m,00
Anchura del canalizo.	1m,55
Gasto medio de agua por 1".	0 m. c. ,900 á 1 m. c. ,100

En la prolongación del eje de esta rueda hidráulica va montada una rueda dentada con diámetro de 1m,50, la cual engrana con otra del mismo diámetro montada en la parte superior, en el centro de un árbol de 1m,60 de longitud, á cuyos dos extremos van caladas dos manivelas que, por el intermedio de las correspondientes bielas, dan movimiento á dos bombas. La trasmisión del movimiento de la rueda por medio del engranaje acabado de citar no tiene otro objeto que el colocar las bombas á mayor altura sobre la cara de aguas del río.

Las dos bombas son de piston macizo, aspirantes é impelentes; están colocadas horizontalmente de un mismo lado del eje motor, y sólo ocupan un espacio de 1m,60 de ancho, pues así lo han exigido las condiciones del molino; están sujetas á fuertes bastidores de fundición, los cuales á su vez se sujetan á la fábrica de piedra por medio de pasadores que atraviesan dos hiladas de la sillería. El diámetro interior de cada cuerpo de bomba es de 0m,31; la excursión puede variarse á voluntad, pero desde el principio vienen trabajando las bombas con una excursión de 0m,80. La forma y disposición de las válvulas y demas accesorios no ofrece novedad alguna, puesto que son completamente semejantes á las establecidas en Versalles, y cuya descripción puede verse en los *Annales des Ponts et Chaussées*, 1864, 1^{re} cahier.

El depósito de aire, colocado muy cerca de las bombas, es cilíndrico y terminado por un casquete esférico; su diámetro es 6m,00, la altura 4m,00; está provisto de un manómetro y de cuatro grifos á distintas alturas para conocer la altura de agua dentro del depósito.

Desde el depósito de aire parte la cañería de elevación, cuya longitud es 373 metros y su diámetro 0m,20: esta cañería vierte el agua en un depósito de palastro que hace á la vez el oficio de castillo de agua y depósito propiamente dicho, por ser el único que hasta ahora existe. Se reduce á una cuba de pa-

lastro cilíndrica, de fondo esférico, cuya altura es 4m,00, el diámetro 6m,00 y la capacidad 125 metros cúbicos; se halla colocada sobre un castillete de 12m,40 de altura, formado con carriles y hierros de T, de un modo análogo á los que se ven en algunas estaciones de ferro-carriles. No ha sido posible prescindir de la construcción de este castillete, por no existir altura alguna inmediata á las bombas en que establecer un depósito con la solera á flor de tierra. Desde el nivel de las aguas en el río hasta su nivel superior en el depósito, hay una altura de 28m,70. Del fondo del depósito parte la cañería de distribución á las calles de la población; ésta es sumamente llana y sus mayores desniveles no exceden de 3 á 4 metros; la superficie del agua en el depósito, cuando está lleno, tiene una altura de 13m,80 sobre el suelo de la plaza de la Constitución, que corresponde al nivel medio de la ciudad. Cuando el servicio de abastecimiento no exige esta carga, entonces las bombas empujan directamente el agua (sin hacerla pasar por el depósito) á las cañerías de elevación y distribución, á cuyo fin se ha colocado un pequeño ramal que pone en comunicación ambas cañerías cuando esto es necesario.

La tubería y aparatos para la distribución no ofrecen novedad alguna que merezca ser descrita; únicamente diré dos palabras acerca del sistema empleado para las juntas: los tubos son lisos en sus extremidades, sin reborde, ensanche ni brida; se colocan al tope, corriendo después sobre la junta un manguito de plomo, y sobre él dos anillos de hierro apretados uno contra otro, al rededor de los cuales se remachan los bordes del manguito. Este sistema de juntas es más económico que el de enchufe y cordón y permite levantar aisladamente cada tubo: el resultado hasta ahora ha sido satisfactorio. La cañería de distribución no se extiende por toda la población, sino solamente por sus calles principales y paseo llamado del «Campo Grande». En un principio se establecieron diez fuentes de vecindad y 97 bocas de riego; pero posteriormente ha ido aumentando el número de unas y otras; el diámetro de las tuberías varía desde 0m,25 á 0m,10.

Para obtener agua algo más limpia y cristalina que la que ordinariamente arrastra el río Pisuerga, se estableció en el mismo lecho del río un recinto triangular cerrado por una fila de pilotes y tablestacas agujereadas, y un relleno de grava limpia en el hueco formado por la doble fila; la base de este triángulo era el mismo lado mayor del edificio del molino por el lado de aguas arriba, utilizándose de

este modo dos de sus antiguas compuertas para el desagüe y limpia de este recinto ó balsa de filtración, de la cual tomaban el agua las bombas. Los resultados de este medio de filtración no han sido satisfactorios, porque el agua que entraba filtrada en el recinto triangular se escapaba en gran abundancia á través de los grandes huecos que hay en los deteriorados cimientos y muros del molino, y para evitar este inconveniente se macizaron con saquitos llenos de arcilla y con arcilla suelta los huecos entre los sillares; pero este medio inutilizó la manobra de las viejas compuertas, y privada así la balsa de filtración de los medios de limpia y desagüe, se vió pronto invadida de plantas acuáticas que crecieron con rapidez en agua casi estancada; últimamente he visto que se ha quitado el recinto de pilotes y tablestacas, desapareciendo por tanto la balsa de filtración: su coste fué de 8.000 reales próximamente.

Las obras de reparación y reforma del canalizo donde se ha establecido la rueda hidráulica y las de la balsa para filtrar el agua se han ejecutado por administración: el suministro y establecimiento del motor, bombas, cañería de elevación y depósito, así como todas las obras de distribución, han sido ejecutadas por contrata.

El coste de las obras de elevación, esto es, de las puramente necesarias para elevar el agua hasta el depósito, ha sido el siguiente:

	Pesetas. Cént.
Reparación y reformas en el molino, balsa de filtración y demás pequeñas obras de fábrica.	24.500,00
Rueda hidráulica, inclusa su colocación.	5.727,77
Compuerta, reja y demás accesorios, inclusa colocación.	1.530,15
Bombas, placas de soporte, tubos de aspiración, engranajes y demás accesorios de maquinaria, inclusa colocación.	16.631,04
Cañería de elevación colocada.	15.823,00
Castillete y depósito.	19.988,69
Material de repuesto.	5.083,37
Imprevistos (2 por 100) abonados, según condiciones, en la parte de obra ejecutada por contrata.	1.295,68
TOTAL.	90.549,70

Los principales precios de unidades de obra han sido los siguientes:

	Pesetas. Cént.
Kilógramo de hierro fundido en cuerpos de bombas, émbolos, árboles torneados y en piezas con arreglo á modelo especial, al pié de obra.	1,00
Id. en cojinetes, guías, ruedas de engr-	

	Pesetas. Cént.
naje, manivelas y demás aparatos de trasmisión, al pié de obra.	0,75
Id. en tubería, depósito de aire, vigas de soporte, al pié de obra.	0,65
Kilógramo de hierro forjado en plancha de palastro, roblones para el depósito de agua, entendiéndose empleado en obra.	1,00
Id. de id. en guías, forros, cantoneras y escuadras.	0,75
Id. de id. en carriles, empleado en obra.	0,50
Id. de id. en tirantes, riostras, tensores, etcétera, entendiéndose empleado en obra.	1,20
Kilógramo de bronce en cojinetes, guías, válvulas y llaves, empleado en obra.	5,00
Kilógramo de plomo en tubos, al pié de obra.	0,80
Llave de desagüe, inclusa su colocación y pozo registro.	33,00
Llave de paso en cañerías de 0,20 de diámetro.	30,00

Al empezar este artículo he hecho notar cuán apremiante era en Valladolid la necesidad del agua, y cuán arraigada estaba la idea de que al cabo de tres ó cuatro años sería un hecho la construcción del canal derivado del Duero, y por consiguiente, el abastecimiento de agua definitivo y completo. Bajo esta impresión reduje á proporciones pequeñas mi proyecto de abastecimiento provisional; y aún cuando el río Pisuerga lleva en estiaje de cinco á seis metros cúbicos por 1'', y por tanto, fuerza motriz suficiente para instalar más de un motor; y aún cuando la extensión y disposición del molino se prestaba á instalar tres ó cuatro pares de bombas, reduje, sin embargo, á 1.000 metros la cantidad de agua que diariamente había de elevarse, ó sean 16 litros por 1'' durante diez y nueve horas cada día: con arreglo á estos datos hice los cálculos necesarios para el establecimiento del motor y bombas, y esta es la cantidad que próximamente se obtiene con la marcha habitual de la rueda, que es de 7 á 8 vueltas por minuto, y con una excursión en las bombas de 0,80: el manómetro del depósito de aire marca constantemente poco más de 3 1/2 atmósferas, cuya presión descende á 2 3/4 atmósferas cuando el agua no pasa por el depósito, sino que es empujada directamente por las cañerías de distribución á los orificios de las calles, pudiendo entonces aumentarse hasta nueve el número de vueltas de la rueda hidráulica.

Pero desgraciadamente las esperanzas de abastecimiento por medio del canal del Duero no han llegado todavía á realizarse, y hoy mismo no puede sa-

berse cuándo empezarán las obras: forzoso es, por tanto, que Valladolid se resigne á conservar durante otros tres ó cuatro años el sistema de abastecimiento provisional con que hoy cuenta, y que si las obras del canal no empiezan pronto, piense en ampliar y mejorar las obras hechas para aumentar así la dotación de agua, pues la de que hoy se dispone es insuficiente para el riego de las muchas plantaciones que se han hecho en el paseo principal. Estas circunstancias me mueven á tratar ahora el asunto bajo el punto de vista de sus resultados económicos, y á averiguar cuál es el coste que resulta para el metro cúbico de agua elevada desde el río hasta el depósito, ó sea hasta una altura de 28,70 metros.

Para ello voy á tomar el período de ocho años, que, por lo méros, ha de durar este sistema de abastecimiento. El gasto de elevación del agua durante estos ocho años está representado por las cifras siguientes:

	Reales vellon.
Amortización durante ocho años del capital de 362.318 rs. invertido en las obras de elevación (setenta por ciento de este capital) (1).	253.622
Valor del arrendamiento del molino durante ocho años á 16.000 reales cada año (2).	128.000
Sueldo del encargado de las bombas y un ayudante durante ocho años á 9.000 rs. cada año (3).	72.000
Reparaciones, engrasado y conservación durante ocho años á 12.000 reales cada año (4).	96.000
SUMA.	549.622
O sea en cada año.	68.702

Siendo 1.000 metros cúbicos la cantidad de agua que se eleva cada día, y descontando veinte días en el año por crecidas del río, resulta que la cantidad de agua elevada anualmente es 345.000 metros cúbicos, y que el coste de cada metro cúbico elevado es de 0,19 rs.

(1) Esta cifra de amortización peca más bien de exagerada, pues la rueda hidráulica, cañería de elevación, etc., pueden venderse á buen precio: suponiendo vendido todo el material como hierro viejo, produciría próximamente 45.000 rs.

(2) El precio de arrendamiento de este molino había sido siempre de 6.000 á 8.000 rs. anuales; el propietario no quiso arrendarle por este precio y exigió 16.000 rs.

(3) Esta es la cifra que próximamente viene invirtiendo hasta ahora.

(4) Según tengo entendido, no ha llegado á gastarse esta cantidad en cada uno de los años que han transcurrido desde que se estableció el abastecimiento.

Estableciendo otro motor y otro juego de bombas podría doblarse la dotación de agua: el coste de la obra sería con muy corta diferencia 180.000 reales, y entonces resultaría 0,12 rs. para el precio de cada metro cúbico. Podría también sin inconveniente alguno triplicarse la cantidad de agua elevada, sin que el coste de las obras excediera de 300.000 reales, y entonces bajaría mucho más el precio á que resulta el metro cúbico. Esto hace ver desde luego la conveniencia de emprender obras de ampliación, si pasado algún tiempo no da señales de vida la construcción del canal del Duero: un inconveniente existe, sin embargo, y es que el molino no pertenece en propiedad al Ayuntamiento, y que pasados los diez años en que tiene derecho al arriendo de él, sería de temer que el propietario extremara sus pretensiones para un nuevo arriendo ó para la expropiación absoluta. Entre los muchos errores que habré cometido al instalar la rueda y bombas, debo citar uno que fácilmente puede corregirse, pero que influye mucho en el rendimiento útil de fuerza motriz: la rueda debe dar 10 vueltas para obtener el máximo efecto, pero habitualmente da de 7 á 8 vueltas, porque así lo exige la velocidad conveniente de los émbolos, y por tanto, el agua rebosa por encima de la corona de la rueda, disminuyéndose de este modo el efecto útil; para evitarlo basta disminuir la excursión de los émbolos ó variar la relación de los diámetros en los engranajes. De todos modos, si las obras de ampliación llegan á ejecutarse, el Ingeniero que me siga en esta tarea podrá corregir con mejor acierto los defectos de instalación que yo haya cometido, ó que reconozcan por causa la sujeción de datos que me impuse, creyendo entonces más próxima, de lo que en realidad estaba, la construcción del canal del Duero.

El río en sus avenidas ha cubierto algunas veces con uno y dos metros de agua los cuerpos de bomba, con cuyo inconveniente conté desde el principio, y así lo consigné en la Memoria del anteproyecto; pero ningún daño ha causado en la rueda y bombas, según también así lo aseguré en la misma Memoria.

ANTONIO BORRAGON.