

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS.

MADRID, 15 DE NOVIEMBRE DE 1888.

4.ª Serie.

Tomo 6.º

Número 21.

AÑO XXXVI DE LA PUBLICACIÓN.

SUMARIO.

Abastecimiento de aguas de Cádiz, por D. Luis Vasconi.—Resoluciones de las conferencias celebradas en Munich y Dresde con objeto de establecer métodos uniformes para las pruebas de materiales.—Ferrocarriles de Salamanca á la frontera portuguesa, por A. Guimaraes.—Lámina 82: *Movimiento comercial de los puertos de España en los años de 1880 á 1887.* (Véase los números 10, 12, 14, 15, 16 y 17 de esta REVISTA.)

ABASTECIMIENTO DE AGUAS DE CADIZ

I.

OBRAS ANTIGUAS.

Sabido es que desde hace muchas centurias y hasta fecha muy reciente, los habitantes de Cádiz no han usado otra agua que la de lluvia, que se recogía en los aljibes de las casas, y la que procedente de largas distancias, principalmente de los manantiales del puerto de Santa María, era porteada en barriles á aquella ciudad y vendida á exorbitantes precios.

La citada importante capital andaluza no podía permanecer en estos tiempos tan cara y pobremente surtida de un artículo de primera necesidad, y su Ayuntamiento, al objeto de realizar la mejora más vehementemente deseada por el vecindario, abrió un concurso para la presentación de proposiciones dirigidas á realizar las obras de abastecimiento, con arreglo al proyecto previamente redactado por el ilustrado Ingeniero de Minas D. Luis de la Escosura. Como resultado de dicho concurso se adjudicó la concesión, mediante determinadas cláusulas, á un particular, por acuerdo de 14 de Marzo de 1865, que fué sancionada por Real orden de 30 de Julio de 1867. Esta concesión, después de numerosas vicisitudes, fué traspasada en 30 de Octubre de 1871 á la Sociedad constructora inglesa «The Cádiz Waters Works Company limited», la cual dió comienzo á sus trabajos en 4 de Marzo de 1872.

El proyecto del Sr. Escosura, que no hemos podido examinar porque

de él no se conserva ejemplar alguno en los centros oficiales, consistía sumariamente, según antecedentes que tenemos á la vista, en diversos minados que debían practicarse en el valle de Sidonia, al pie de la sierra de San Cristóbal, no lejos de los manantiales llamados de la Piedad, situados en el término y pertenecientes al Puerto de Santa María, destinados á recoger las aguas filtradas de la expresada sierra y reunir las en un pozo de concentración. En este punto se instalarían las máquinas que habían de elevar el agua á la altura conveniente para llegar, rodadas, á Cádiz por medio de un sifón metálico de 38 kilómetros de longitud. El autor del proyecto calculó que las galerías filtrantes podrían suministrar 3.374 metros cúbicos de agua subterránea en cada 24 horas, con independencia de la dotación de los manantiales existentes, que era de 1.476 metros cúbicos, componiendo entre ambos caudales un total de 4.850 metros cúbicos.

Ignoramos si las obras ejecutadas por la Compañía inglesa lo fueron ó no con arreglo al proyecto del Sr. Escosura; pero es lo cierto que los brillantes pronósticos de los reputados ingenieros extranjeros que dirigieron los trabajos, según los cuales habían de alumbrarse en aquel terreno 14.000 metros cúbicos de agua potable en cada 24 horas, no se realizaron, y que por el contrario, sólo se obtuvo en definitiva agua salobre, después de invertido un enorme capital. De este lamentable fracaso da cuenta el Ingeniero D. Angel Mayo, de imperecedero recuerdo, en su Memoria publicada en los «Anales», relativa al abastecimiento de Jerez, en los siguientes términos:

«Así es que, terminadas las obras de la Compañía inglesa en la Piedad y valle de Sidonia en Junio de 1874, empezaron á funcionar las máquinas de vapor, agotándose el pozo de concentración cuando sólo se habían extraído de 800 á 900 metros cúbicos de agua, no pudiendo exceder nunca de 1.100 á 1.200 metros en las veinticuatro horas con un trabajo continuo, pues si bien hubo día de obtener hasta 1.400, fué después de descansar los pozos y galerías perforados, efecto de las continuadas interrupciones del sifón por rotura de tubos; es decir, que con un trabajo uniforme y constante se conseguirán 1.100 metros cúbicos de agua cada veinticuatro horas, los que reunidos al producto de las antiguas obras de los manantiales de la Piedad, se llegará á un máximo de 2.500 metros, teniendo que elevarlos á 62 y respetar los derechos de una población de 21.000 almas, dueña de estas aguas, y con las cuales se está surtiendo »

«No es esto lo más notable, sino que á medida que se ha seguido elevando el agua, ha ido perdiendo sus condiciones potables, efecto quizá de filtraciones salobres, por hallarse el fondo de las galerías y pozo de concentración seis metros por debajo del nivel del mar y á dos kilómetros de éste.»

«Bajo el punto de vista económico, los resultados obtenidos en las obras de abastecimiento de aguas de Cádiz, donde, como ya se ha indicado, se han invertido más de sesenta millones de reales, han de influir poderosamente en el retraimiento de los capitales que busquen su colocación en empresas de este género.»

Al desgraciado éxito que con tanta verdad se describe en los anteriores párrafos, siguió la ruina de la Compañía extranjera y la caducidad de la concesión, que fué declarada en 25 de Diciembre de 1876 por el Ayuntamiento de Cádiz, quien siete años más tarde, ó sea en Octubre de 1883, vino á hacerse dueño de todas las obras ejecutadas, por donación del ilustre patricio D. Diego Fernández Montañéz, cuya testamentaria las había adquirido de la Empresa quebrada en la suma de 1.287.500 pesetas.

La *Gaceta* del 12 de Agosto de 1884 publicó el anuncio que, en la parte que interesa conocer, copiamos á continuación:

«Ayuntamiento constitucional de Cádiz.—Este Excmo. Ayuntamiento ha acordado anunciar un concurso por medio de la *Gaceta de Madrid* y del *Boletín oficial* de la provincia, para que en el término de sesenta días, á contar desde la inserción, se presenten en la Secretaría municipal proyectos por triplicado para mejorar en cantidad y calidad el actual abastecimiento de aguas potables de Cádiz, propiedad de esta ciudad en virtud de donación hecha por la testamentaria del Sr. D. Diego Fernández Montañéz. Conocidos los proyectos y determinado cuál sea el mejor, con arreglo á él fijará definitivamente el Jurado los pliegos de condiciones, que una vez aprobados por quien corresponde, serán los que sirvan para la subasta del abastecimiento»....., etc.

En el brevísimo plazo fijado, presentáronse solamente dos proyectos, suscrito el primero por el Ingeniero de Caminos D. José de Bores en 12 de Septiembre de 1884, y el segundo por el de igual carrera D. Guillermo Brockmann, en 11 de Octubre del propio año.

El proyecto del Sr. Bores consistía sustancialmente en abandonar los minados antiguos y en establecer al pie de la sierra de San Cristóbal, y en dirección paralela á la misma, 3.770 metros lineales de nuevas galerías filtrantes, 2.643 al Este y 1.127 al Oeste del pozo de concentración y casa de máquinas construidos por la Sociedad inglesa, con cuyo auxilio se recogerían probablemente unos 2.500 metros cúbicos de agua potable en cada veinticuatro horas, que se consideraban suficientes para las necesidades de Cádiz. La solera de las galerías, en su punto más bajo, se hallaría al nivel medio del mar, y por tanto, ocho metros más alta que la de los minados ingleses. El presupuesto de las obras nuevas y de otras de perfeccionamiento y reparación de las antiguas, como depósitos, tubería, etcétera, que se aprovechaban, se estimó en 2.089.859 pesetas.

El Ingeniero Sr. Brockmann, opinando que era empresa difícil, si no imposible, conseguir la separación de las aguas dulces de las saladas en el valle de Sidonia, y teniendo también en cuenta las dificultades, insuperables á su juicio, que opondría el Ayuntamiento del Puerto de Santa María á que se ejecutasen obras de alumbramiento en esta zona, por el temor fundado de que las aguas de su propiedad se mermaran, basó su proyecto en traer á Cádiz parte de las que servían para el abastecimiento de Jerez de la Frontera, y con este objeto ideó un sifón de tubería de hierro de 8.166 metros de longitud, que debía unir el depósito de las de esta ciudad con el construido para Cádiz en la sierra de San Cristóbal, cuyo costo calculó en 503.899 pesetas.

El Jurado, compuesto de los ilustrados Ingenieros de Caminos señores Borregón (D. José), Ravina é Iznardi, después de estudiados los dos proyectos cuya síntesis se acaba de hacer, dió la preferencia al segundo, ó sea al del Sr. Brockmann, fundado en la inseguridad de encontrar en el valle de Sidonia aguas potables suficientes para Cádiz, en la dificultad de eliminar las salobres que allí abundan y en la tenaz oposición que opondría sin duda, no sin motivo, el Puerto de Santa María á que se hicieran las obras de alumbramiento tan cerca de sus manantiales. Uno de los miembros del Jurado presentó voto particular, inclinándose á la solución propuesta por el Ingeniero Bores.

El Ayuntamiento de Cádiz apreció debidamente los razonados dictámenes del Jurado; pero tomando quizá en consideración: primero, la popularidad que en dicha capital gozaban las riquísimas aguas de la Piedad, sin duda superiores en pureza á las procedentes del manantial de Tempul, que abastece á Jerez; segundo, que los términos del anuncio de concurso precisaban la procedencia de las aguas que se quería mejorar y aumentar; y tercero, que á pesar de aparecer más elevado el presupuesto correspondiente á las obras de la Piedad, las aguas de este origen vendrían á resultar en definitiva mucho más baratas que las de Jerez, en razón al elevado precio de adquisición ó de arriendo de estas últimas; por todo ello, decidió utilizar los dos proyectos en esta forma: se ejecutarían primero las obras de alumbramiento ideadas en la llanura de Sidonia, y si con ellas no se obtenía el mínimo de 2.500 metros cúbicos, en cada veinticuatro horas, de agua potable, que se consideraba necesaria para la capital gaditana, se realizarían entonces las del sifón á Jerez.

Inspirado en este pensamiento, redactó el Municipio un pliego de condiciones que debía servir de base á la futura concesión, la cual, después de la oportuna subasta, recayó en la «Sociedad de aguas potables de Cádiz». Esta empresa, según las cláusulas del contrato, tomó posesión del abastecimiento antiguo en 1.º de Julio de 1885, dispuesta á emprender inmedia-

tamento las obras de su compromiso y á terminarlás en el plazo de tres años, preceptuado en el pliego de condiciones.

II.

OBRAS NUEVAS.

La sierra de San Cristóbal, á cuyo pie se han construido las galerías filtrantes, corre de Este á Oeste paralela al río Guadalete. Su divisoria, cuya altitud varía de 50 á 100 metros, dista de dicha corriente fluvial cuatro kilómetros, y su base meridional unos dos, que corresponden á la llanura llamada de Sidonia, verdadera marisma bañada en parte por las pleas equinocciales, y por la cual discurrió en tiempos remotos el histórico río.

La montaña está constituida por una masa rocácea, arenisco caliza, tan eminentemente permeable y porosa, que sus huecos llegan al 17 por 100 del volumen geométrico; de aquí, que las aguas de lluvia apenas corran por la superficie del terreno, sino que penetren en él en gran proporción, dando origen á los manantiales y aguas subterráneas que en aquellos parajes existen.

Desgraciadamente estas últimas, al descender al llano, se mezclan con las saladas, y cargadas de cloruro de magnesio en proporción mayor que las del mar, marchan libremente á lo largo de las grietas de unos filones de roca conchífera de formación marina en que abunda el subsuelo de la planicie, según han comprobado las exploraciones practicadas, resultando de la confusión de ambas las aguas salobres que la Sociedad inglesa obtuvo para el surtido de Cádiz. Si los Ingenieros de esta Empresa hubieran practicado los reconocimientos escrupulosos que parece son de rigor en trabajos de índole tan delicada, hubieran visto que á menos de 100 metros al Sur de sus minados, y á un nivel 10^m superior al del fondo de sus galerías proyectadas, se encontraban aguas saladas, y tan sencilla observación les hubiera hecho desistir sin duda de las obras que con evidente imprudencia llevaron á cabo.

Ocurrióse desde luego á los Ingenieros que han llevado á cabo las obras nuevas, que situando la galería filtrante bien internada en el seno de la montaña y á la altura de las máximas pleamares, las aguas recogidas no podrían menos de ser puras y el éxito seguro; mas como el acueducto filtrante del Puerto de Santa María corre también paralelo al pie de la sierra, del cual se halla separado por una distancia variable de 40 á 100 metros, no era dable, ni jamás se hubiera consentido, establecer en dicho sitio la obra de que se trata, y que seguramente hubiera privado á aquella ciudad de las aguas de su propiedad. Hé aquí otra de las dificultades que siempre ha ofrecido la resolución del problema.

No había, pues, otro medio que operar forzosamente en esa estrecha zona de terreno comprendida entre el acueducto del Puerto y el llamado caño de la Piedad, donde comienzan la llanura de Sidonia y las aguas saladas, y en ella construyó la Sociedad inglesa sus galerías, que se extienden á unos 500 metros á uno y otro lado del pozo de concentración, y la española, actual concesionaria, las que ha abierto recientemente, aunque sólo en la parte Este, y cuya longitud total es de 2.213 metros, formando seis alineaciones rectas que contornean el pie de la sierra. Estas, en planta, se encuentran situadas un poco agua arriba de aquéllas.

Si el trazado horizontal de las galerías era obligado, como acaba de verse, entre límites muy restringidos, no sucedía lo mismo con el vertical, clave de la cuestión, y para cuyo estudio había que partir, entre otros, de los siguientes datos: 1.º, que la carrera máxima de la marea en la inmediata bahía de Cádiz, y próximamente en el Guadalete, es de cuatro metros; y 2.º, que el nivel normal del manto de agua subterráneo se encuentra, término medio, á la altura de las pleas equinocciales en la llanura, y un metro más elevado según la línea elegida para la galería. Mientras ésta sea más profunda, mayor cantidad de agua dulce se recogerá, pero más probabilidad existirá de la invasión de las salobres; y, por el contrario, á medida que aquéllas sean más superficiales, se alejan estos temores en mayor grado, pero en cambio las aguas filtradas acudirán en menor volumen.

Era seductor establecer la solera á la altura de las pleas, pues por tal medio se aseguraba la pureza de las aguas; mas como el manto subterráneo se cortaba con la escasa carga de un metro, había la casi seguridad de que, á tan alto nivel, resultaría insuficiente el caudal alumbrado.

No entraremos aquí en la serie de consideraciones que presidieron á la elección de la altitud mínima del fondo de las nuevas galerías, porque esto ensancharía los límites que nos hemos propuesto guardar en estos artículos. Aquellos de nuestros lectores que deseen conocer mayores detalles, tanto sobre este punto determinado como sobre los demás concernientes á las obras ejecutadas en el llano de Sidonia para el abastecimiento de aguas de Cádiz, pueden consultar la Memoria del proyecto aprobado y el informe sobre dichas obras emitido en 7 de Mayo último por el Ingeniero Inspector de las mismas, cuyos documentos corren impresos, y de los cuales hemos tomado la mayor parte de estos apuntes.

La solera, en su punto más bajo, se ha establecido al nivel medio del mar, ó sea dos metros bajo las pleas, y por tanto, ocho metros más alta que la antigua. De este modo se corta el manto ácuco con tres metros de carga.

Si los caudales de agua de una misma capa subterránea son proporcionales á los cuadrados de las alturas, según acusan las fórmulas de la hi-

dráulica, con esta solución debe alumbrarse nueve veces más agua que con la antes examinada, y que consiste en colocar la solera á la altura de las pleas; pero aunque la influencia de la carga no fuera tan grande en la práctica como la teoría lo indica, no puede dejar de reconocerse que estos dos metros que se descienden, significan una gran cantidad de agua dulce almacenada en el seno de la masa filtrante, y de la cual podrá disponerse en los meses de estiaje, cuando el nivel general del manto descienda.

Respecto á filtraciones salobres, eran desde luego improbables, dado el pequeño desnivel de dos metros existente entre el punto más bajo de las galerías y las aguas impuras del llano; para la distancia de 100 metros á que éstas aparecen, y dada también la escasa permeabilidad de aquellos terrenos; sin embargo, como el éxito de unos trabajos en que tantas esperanzas se fundaban no podía dejarse expuesto á riesgo alguno, se ideó un procedimiento que más adelante se describirá, por virtud del cual el manto de agua dulce, en los diversos niveles que alcance con los agotamientos de la máquina elevatoria, domine constantemente al salobre.

(Se continuará.)

L. VASCONI.

RESOLUCIONES

DE LAS

CONFERENCIAS CELEBRADAS EN MUNICH Y DRESDE

CON OBJETO DE ESTABLECER

MÉTODOS UNIFORMES PARA LAS PRUEBAS DE MATERIALES

(Continuación.)

III.—Pruebas de la fundición.

1.º Las piezas de ensayo tendrán la forma de barras con una longitud de 110 centímetros para una longitud útil de 100 centímetros; su sección transversal será un cuadro de 30 milímetros de lado.

2.º Las barras de prueba se fundirán simultáneamente por dos orificios colocados al tercio de la longitud de las barras y lateralmente. Cuando las barras de prueba no hayan sido fundidas de este modo, convendrá dar á conocer el método seguido en su fundición.

3.º Las robabas de escoria deberán alcanzar una altura de 150 milímetros.

4.º El molde será de arena seca.

5.º En la prueba se determinará: