

La economía debe procurarse inmediatamente al lado de la solidez, y á excepcion de esta circunstancia, todas las demás deben someterse y sacrificarse á aquella, especialmente en las construcciones que motivan estas líneas.

Las formas sencillas y regulares dan por resultado mayor estabilidad y economía que las formas complicadas, facilitando considerablemente la ejecucion, y constituyen tambien la única belleza aceptable en las obras de fábrica; desgraciadamente el estudio de las formas, bajo un punto de vista equivocado, ha dado origen á la mayor parte de los defectos que se notan en las colecciones de modelos, y entre estos defectos resalta como muy principal el de economía.

Vamos, pues, á examinar y comparar sucesivamente la forma del desagüe, las disposiciones generales, los materiales, las dimensiones y la aplicacion de los modelos en diversas colecciones que tenemos á la vista, á fin de deducir las reglas que, en nuestro concepto, deben observarse para hacer nuevas propuestas, y en todo caso promover una cuestion, cuya discusion, como ya hemos indicado, nos parece importante para los ferro-carriles que aun deben llevarse á cabo, á los cuales es indispensable el concurso de todas las ideas que tengan por objeto realizar economías en su ejecucion.

(Se continuará.)

EDUARDO PELAYO.

CONTESTACION

AL DISCURSO LEIDO ANTE

la Real Academia de ciencias exactas, físicas y naturales.

EN LA RECEPCION PÚBLICA

del

SR. D. JOSÉ MORER,

POR EL ACADÉMICO DE NÚMERO

SEÑOR DON JOSÉ DE ECHEGARAY.

SEÑORES:

Al contestar al discurso que con tanto interés acabais de oír, no solo obedezco á la simpática y respetable autoridad de nuestro dignísimo presidente, sino que cedo á mi natural impulso, y casi me atrevería á decir que ejerzo un indisputable derecho.

Todos reconocéis en el Sr. D. José Morer las altas dotes de eminente ingeniero; todos respetáis en él al hombre de elevado y clarísimo talento, á la par que de conocimientos estensos y profundos, así en lo que atañe á la práctica de las construcciones, como en todo aquello que hace relacion á los conceptos abstractos de la ciencia pura; muchos de vosotros aún os contaís en el número de sus amigos, y bien pudiera por lo tanto cualquiera de los dignísimos individuos de esta Academia, ocupar en este instante mi puesto para saludar, en nombre de la corporacion á que todos tenemos la honra de pertenecer,

á nuestro nuevo compañero. Pero á estos motivos de respeto, admiracion y cariño, uno y otro que, como dije al comenzar, casi me da derecho en esta ocasion solemne para ser intérprete de la Academia: yo he sido discípulo de D. José Morer; á su palabra, clara como la luz, sencilla como la verdad, precisa y exacta como la ciencia misma, debo gran parte de lo poco que sé; y justo es que yo desee y aproveche, como es natural, que vosotros me cedais este sitio, para dar desde él público testimonio de profunda admiracion y de cariñosa gratitud á mi maestro; á la vez que, en nombre de mis compañeros, saludo al nuevo académico; y que en nombre de la ciencia doy el parabien á esta respetable corporacion, por contar ya en su seno á quien tanto vale, y tantas pruebas ha dado de su valer, y tanto puede todavia por las ciencias matemáticas, que bien lo han menester en nuestra España si han de salir al fin del lastimoso estado en que las pusieron cuatro siglos de vergonzoso abatimiento.

Si el Sr. Morer fuera ménos conocido, procedería á encarecer aquí sus méritos; sus magníficas explicaciones en la cátedra durante larguísimos años; sus excelentes construcciones en el Canal de Isabel II; sus trabajos para la distribucion de las aguas y para el alcantarillado, trabajos que son verdaderos modelos en su clase; mas por sabido, es inútil enumerarlo; y por otra parte debo, cuan presto me sea posible, librar á su modestia de la tortura que ahora sufre: modestia que da nuevo realce á su gran mérito, y que casi está simbolizada en sus obras, que con ser muy dignas de mostrarse á la luz para servir de ejemplo á los constructores, se ocultan bajo el suelo de Madrid, mientras sobre ellas pasa el público sin recordar casi que á pocos metros de profundidad hay enterrada mucha ciencia, y mucho trabajo, y largas horas de meditacion y estudio.

No porque me falten deseos de decir más, ni tampoco porque me falte materia, sino por las razones que acabo de exponer, doy por terminado este punto, y paso á ocuparme del discurso que todos hemos oído con gran satisfaccion.

El Sr. Morer comienza consagrandolo un piadoso recuerdo al sábio profesor y astrónomo D. Eduardo Novella, cuya muerte prematura vino á sorprender dolorosamente á sus amigos y compañeros, y justo es que yo una mi sentimiento al suyo, interpretando el de la Academia toda, y que tribute á la memoria de tan respetable astrónomo las alabanzas á que por su buen talento y su amor á la ciencia se ha hecho acreedor.

Una vez cumplido este triste pero ineludible deber, entro desde luego en materia; no con ánimo de esplanar el punto que tan magistralmente ha tratado el Sr. Morer, pues fuera ya difícil, sino para ir perifrasedo, según costumbre, sus propios conceptos, ó cuando más para someter á vuestro ilustrado juicio algunas consideraciones que me ocurren, acerca de la relacion histórica que existe entre la parte práctica y los principios teóricos del arte de la construccion.

El Sr. Morer se propone bosquejar (esta es la palabra que emplea, pero contra el uso y costumbre dominante, ya habeis visto que cumple más que promete), bosquejar, digo, la historia del servicio hidráulico de la antigua Roma; examinar con el criterio científico del siglo XIX la solucion que los arquitectos romanos dieron á las principales cuestiones de la conduccion y distribucion de las aguas; y comparar, en fin, estas soluciones con las que la ciencia moderna ha desarrollado en nuestros días.

Con la claridad, el orden y el profundo saber que siempre en él resaltan, reseña el Sr. de Morer las grandes construcciones hidráulicas de la antigua Roma, rinde justo tributo de admiracion á la monumental grandeza de aquellos elevados muros y de aquellas magníficas arcadas que en su desarrollo de centenares de kilómetros presentan los catorce principales acueductos de la Ciudad Eterna, y tras esta descripción histórica formula las cuatro cuestiones capitales que comprende el problema general del abastecimiento, á saber:

1.ª Calidad de las aguas.

- 2.^a Cantidad.
- 3.^a Conduccion.
- 4.^a Distribucion.

Nada más fácil que condensar los resultados á que el Sr. Morer llega para cada uno de estos problemas. En la memoria que habeis oído, como en las explicaciones que diez y seis años há le oía yo con tanto placer como ansia, domina la más rigurosa unidad y la claridad más completa: nunca hay dudas para comprender su pensamiento, ni jamás se pierde en los detalles; con perfecto espíritu científico busca la unidad de la idea, como busca, con gran instinto práctico, una fórmula sencilla y aplicable inmediatamente á la realidad de las cosas. Así puedo yo, sin esforzarme para ello, resumir el resultado de su trabajo.

Respecto al primer punto de los cuatro que acabo de mencionar, el Sr. Morer llega á esta conclusion: bajo el aspecto práctico, los romanos dieron al problema fundamental del abastecimiento de aguas una solución casi completa; la clasificación de Celso es la misma que hoy pudiera hacerse; y si son innegables los grandes adelantos de la Química, es innegable también que, á pesar de todo, no hay motivo fundado para modificar las deducciones de aquel profundo observador.

No alcanzaron los romanos en la ciencia, como no alcanzaron tampoco en el arte, la sublime altura á que supo elevarse el génio helénico; pero dotados en cambio de un asombroso instinto práctico, supieron casi siempre convertir en hecho la idea, y dar cuerpo y vida material al pensamiento.

En cuanto al segundo problema, relativo á la cantidad de agua, llega el Sr. Morer á dos límites bien notables por cierto, ó 2970 litros por habitante y por día, ó cuando ménos 370 litros. Límites muy apartados entre sí por la incertidumbre que hay acerca de la población de Roma, y de su ley de variabilidad, durante la república y el imperio. Ahora bien: los modernos ingenieros fijan ordinariamente en 100 litros la dotación por habitante y por día para nuestras grandes poblaciones; los más exigentes no van más allá de 170 litros, y muy pocas son las capitales que disfrutaban de esta abundancia; luego aun en la hipótesis más desventajosa, el surtido de agua de la antigua metrópoli del mundo era tres veces y media mayor que el de nuestras modernas poblaciones.

Y no es maravilla que así fuese: el mundo era Roma; la centralización era inmensa; la vida del imperio afluía al corazón y lo ensanchaba; el ciudadano rey, rey mendigo, como le llama un eminente orador, necesitaba comer, beber y gozar, y era forzoso que el César, á cambio de la libertad que le arrancaba, hartase su estómago, y refrescase su cuerpo, y le festejase en el circo; mas las reflexiones que, al recordar esta época histórica, asaltan la mente, no son para este sitio ni para este momento.

Vengamos á la tercera cuestión, que es, de las cuatro ya citadas, una de las más importantes para el ingeniero, á saber: la *conduccion* de las aguas.

Dos sistemas generales pueden seguirse para resolver el problema: ó buscar en la proximidad de la población una corriente de agua, y sin cuidarse del desnivel, elevar por medio de máquinas la cantidad necesaria á la altura que la distribución exija, ó acudir á la construcción de acueductos.

En el primer caso la fuerza de la máquina ejecuta constantemente, día por día, segundo por segundo, el trabajo útil, necesario para la elevación del agua; en el último caso, con la construcción del acueducto se ejecuta este trabajo mecánico, por decirlo así, de una vez para todas: el punto de toma resulta superior al nivel de la población, y el agua, corriendo por una serie de planos inclinados, llega al depósito, desde el cual ha de distribuirse. Bajo el punto de vista económico, hay la misma diferencia entre uno y otro sistema que la que existe entre una *renta* y un *capital* empleado de una vez; bajo el punto de vista mecánico, á un *trabajo continuo* se sustituye un *trabajo inicial*.

Ahora bien, los arquitectos romanos no podían escoger entre ambas soluciones, porque el atraso de la maquinaria hacia irrealizable la segunda como medio permanente de abastecimiento, y la primera, es decir, el sistema de conduccion por acueductos, les era impuesta, digámoslo así, por la fuerza de la necesidad. Desde aquella época hasta hoy la maquinaria ha llegado á un extremo admirable de perfeccion, y ya es posible, al ménos bajo el aspecto económico, la comparacion de ambos sistemas. Más aún; el carácter propio de la industria moderna, reflejo del de toda nuestra vida social, es el movimiento, la agitación pudiéramos decir: porque ve la industria anchos horizontes y comprende que á ellos ha de llegar; porque sabe que los descubrimientos se suceden unos á otros con rapidez increíble, y que lo que hoy es progreso, es atraso mañana, teme comprometerse para el porvenir: huye de inmovilizar capitales de que tendrá necesidad bien presto, y vive con el día y para el día. Por eso prefiere obras que duren *poco*, pero que cuesten *poco*, á obras que permanezcan en pie siglos, pero de gran coste inicial; por eso para las grandes construcciones da la preferencia á la madera y al hierro sobre la clásica piedra: construir con piedra, es, según el espíritu moderno, petrificar capitales, y lo que se ansia es movilizarlos: cómo reducirlos á caliza ó á granito, cuando para que circulen más aprisa se les convierte hoy en papel?

No juzgo esta tendencia, que por otra parte, y comprendida en sus naturales límites, es irreprochable, pues que reposa en una ley económica; solo me propongo consignar hechos. Pero si, aplicando estos principios á la cuestión concreta del abastecimiento, resulta que ha dominado por algun tiempo el primero de los dos sistemas, es lo cierto que una reacción se hace sentir ya entre los constructores en favor del sistema romano. Los grandes ríos próximos á las poblaciones quedan destinados por regla general, dice el Sr. Morer, á la industria, á la navegacion, al riego, á los baños y al lavado; mas para los usos domésticos debe renunciarse á tomar el agua en el interior ó en la proximidad de la capital, y es forzoso ir á buscarla á donde, no hallándose contaminada, conserve su primitiva pureza, condicion esencialísima del agua potable. Hay que volver, continúa el Sr. de Morer, á lo que se practicaba en Roma hace diez y ocho siglos; y cita, entre otros ejemplos notables de esta tendencia, al nuevo proyecto para abastecer de aguas á Londres por medio de acueductos de fábrica, proyecto cuyo coste se eleva á la enorme cifra de 1.000 millones de reales.

Queda finalmente el problema de la distribución, y en él es donde aparece un verdadero adelanto sobre el sistema usado por los arquitectos romanos, aunque, á decir verdad, este adelanto es bien moderno. Reducidos por aquellos tiempos al uso de tubos de barro cocido y de plomo, era forzoso evitar grandes presiones en las cañerías, y de aquí la necesidad de dividir la carga total por pequeños depósitos escalonados (cambijas ó arcas de agua, según la nomenclatura moderna), depósitos que por otra parte se aprovechaban para las tomas, derivaciones y afloros.

Hoy los tubos de fundición forman una vastísima red de cañerías de carga no interrumpida, y que por lo tanto puede aprovecharse en cualquier punto: verdaderas arterias por donde circula el agua sin discontinuidad, y en las que se hacen directamente las tomas.

Este sistema es sin duda alguna más perfecto que el sistema romano, y bajo todos aspectos preferible á él; pero la posibilidad de su aplicacion estriba en el uso del hierro, y es inaplicable con materiales poco resistentes.

En resumen, dice el Sr. de Morer, las soluciones que los arquitectos romanos dieron á las principales cuestiones, que entraña el difícil problema del abastecimiento de agua de los grandes centros de población, conservan hoy un alto valor práctico, y algunas de ellas han llegado intactas, por decirlo así, hasta nosotros, al través de diez y ocho ó veinte siglos. Y preciso es confesar, agrega, que si la cantidad de agua consumida por un pueblo, y

la inteligencia, el arte y la perseverancia en adquirirla pudieran dar la medida de su civilización, deberíamos colocar al pueblo romano muy por encima de las demás naciones antiguas y modernas.

El Sr. de Morer toca con tal superioridad y tal acierto todas las cuestiones, sabe condensar con tanta exactitud la parte sustancial de ellas, y formula con tan envidiable claridad las soluciones definitivas ó provisionales que ha dado la ciencia, que es difícil agregar nada de verdadera importancia á su trabajo.

Así es que, ó tendría yo que descender á detalles técnicos impropios de este escrito y de esta ocasión, ó habría de completar la historia de los trabajos para el abastecimiento de aguas viniendo á la época moderna y reseñando los de algunas de nuestras modernas capitales.

Podría hablarlos, en efecto, de la larguísima y siempre incompleta serie de trabajos para el abastecimiento de aguas de París: de los manantiales des Prés-Saint-Gervais y de Belleville, que surten á la población desde el año 1200 al 1608; de la construcción de la bomba de la Samaritana en el reinado de Enrique IV. por el flamenco Limbaer; del acueducto d'Arcueil, en 1614; de las bombas del puente de Nuestra Señora, en 1670; del proyecto de derivación d'Ivete y de las bombas de fuego de los hermanos Perier (1717); del célebre canal de l'Ourcq; de la derivación del río Clignon; del pozo de Grenelle, ó del de Passy, que cuestan seis millones; finalmente, de los varios proyectos que para completar el surtido se han propuesto en estos últimos años, y sobre todo del de Mr. Belgrand.

Podría también, escogiendo otro ejemplo notable, reseñar la historia de las aguas de Londres hasta la formación de las ocho compañías que actualmente surten á la gran metrópoli, y describir el colosal proyecto de Mr. Bateman, fundado en la derivación de las aguas del río Severn, proyecto en que el coste de las obras se valúa, como anteriormente indiqué, en 1.000 millones: cifra enorme y que da la medida de lo imposible para muchos pueblos, muy aceptable y corriente, sin embargo, para la poderosa nación británica.

Sería aún interesante, bajo el punto de vista práctico, la historia de las fuentes de Tolosa y de sus varios filtros naturales, verdaderos ensayos en que, por algún tiempo, se camina á ciegas, y contra todos los principios que la teoría del movimiento de las aguas por macizos permeables establece.

Digno de mencionarse fuera aún el canal de Marsella y el magnífico puente acueducto de Roque-Favour (presupuesto este último en 2 700 000 francos, pero cuyo coste real llegó á 5 800 000 francos, y aun hay quien dice que á 7 millones); y digo que fuera digno de mencionarse, porque prueba los graves inconvenientes de conducir el agua, para abastecer las poblaciones, por cauces abiertos en tierra, sin revestimiento ni cubierta.

Y si el canal de Marsella, como canal de abastecimiento, es obra digna de ser conocida para no ser imitada, en cambio pudiera citar el célebre acueducto Croton, que tomando las aguas del río que lleva este mismo nombre, las conduce sobre magníficas obras, inspiradas por el sistema romano, hasta la ciudad de New York; y pudiera citarlo, repito, como ejemplo digno de estudio, y no pocas veces de oportuna imitación.

Y aun sin acudir á las grandes capitales de Europa ó á la poderosa república americana, sin salir de nuestra España, proyectos tenemos de indisputable mérito; trabajos en curso de ejecución que prometen ser por todo extremo notables; y como ejemplo nacional no inferior á ninguno de los extranjeros ya citados, el Canal de Isabel II y la distribución de aguas y alcantarillado de Madrid, obras que tanto deben á nuestro respetable presidente, en que tanta, tan indisputable y tan principalísima gloria cabe á otro de nuestros compañeros, y en que tan buena parte corresponde de justicia al Sr. de Morer. Yo no pretendo describir aquí estos excelentes trabajos, merced á los que corren ya torrentes de purísima agua por nuestras fuentes; se alza un magnífico penacho de espuma

en la Puerta del Sol; inundan las calles mil abundantísimos surtidores que templan los abrasados días de la canícula, y humedecen y purifican la antes seca atmósfera; se limpian y sanean las cloacas; reinan comodidad y asco en nuestras viviendas, y quizá pronto se cubran los áridos y tristes contornos que ciñen á Madrid de verdura y de sombra, si pronto se emprenden las obras de riego, y se dan á la tierra los 167.000 metros cúbicos ¡todo un río! que hoy, después de recorrer catorce leguas al través de montes y valles, llegan al Campo de Guardias, para verterse inútilmente en el Manzanares; pero séame permitido presentar, siquiera sea de paso, una ligera noticia de estas importantes construcciones.

El río Lozoya, detenido en su curso por la presa del Ponton de la Oliva, sube 30 metros sobre su cauce, se estiende río arriba hasta 6 kilómetros de distancia, y forma un embalse de mas de 3 millones de metros cúbicos.

Las aguas de este modo aprisionadas penetran en el Canal, que está construido con sajeción al sistema romano, como el acueducto Croton, como el moderno proyecto de Mr. Belgrand para el abastecimiento de París, como el modernísimo de Mr. Bateinan para el surtido de Londres, ó como las obras de Glasgow; y recorriendo 76 kilómetros de acueducto de piedra ó de ladrillo, con luces interiores de 9,80 metros de altura y 2,25 metros de ancho; atravesando 31 túneles, abiertos unos en roca viva, otros en terrenos arenosos y abundantes en aguas, como por ejemplo el del *Utero*, que tiene kilómetro y medio de longitud; pasando sobre 23 puentes-acueductos, de los que algunos tienen más de 28 metros de altura y 120 metros de línea, modelos de elegancia arquitectónica y de buen gusto artístico muchos, y de buena construcción todos; salvando cuatro sifones por cuatro filas de tubos de 0,92 metros de diámetro, con cargas hasta de 5½ metros, como el del Guadalix, y longitudes de 1.400 metros, como el del Badonal; de este modo aprisionadas y conducidas, digo, llegan las aguas al depósito del Campo de Guardias, que puede contener hasta 60.000 metros cúbicos.

En cuanto á las obras de la distribución y del alcantarillado, la inteligencia con que están concebidas, y el acierto con que ha sabido ejecutarlas el Sr. de Morer, hacen de ellas, como al comenzar indiqué, verdaderos modelos en su clase.

(Se concluirá.)

BIBLIOGRAFÍA.

MAGNIER.—Manuels-Roret. Nouveau Manuel complet de la formation et de l'emploi des huiles minérales, contenant la description des procédés et appareils de fabrication des huiles de pétrole, de boghead, de schiste, de lignite, houille de goudron, de tourbe, comprenant les huiles d'éclairage, la fabrication et l'épuration de la paraffine, les essences, les graisses, le gaz de pétrole, etc., ainsi que la description des appareils d'éclairage et de chauffage au moyen des huiles minérales; par M. D. Magnier, ingénieur. Ouvrage accompagné de figures gravées sur acier. In-18, 380 p. Bar-sur-Seine, imp. Saillard; Paris. lib. Roret.

Irlanda. Côte sud: Havre de Cork. Gravé par Kautz. Paris, imp. Lemercier.

Album encyclopédique des chemins de fer: 3^e série 23^e livraison, pl. 325 á 336. Paris, imp. Broise et Thieffry.

DELABUE.—Tarif usuel selon le système métrique, pour la réduction des bois: bois en grume, bois carres et bois méplats mesurés; de 25 en 25 pour les longueurs et de 3 en 3 pour les grosseurs, confor-