

el 19 de Enero último á la chimenea de Seelbach-Hotel, en Louisville (Kentucky).

La chimenea habíase construído á principios del año 1905, habiendo resistido tempestades con presiones de 70 kilogramos por metro cuadrado, y ha ocurrido el hundimiento cuando el viento no ejercía más que una presión de 39 kilogramos por metro cuadrado. Soplaban en la dirección Sudoeste, y en contra de lo que podía suponerse, la chimenea se ha derrumbado en la dirección Noroeste.

La altura sobre el suelo era de 53,70 metros, y en los 21 primeros, á partir de la base, el diámetro exterior era de 2 metros, componiéndose la chimenea en esta parte de dos fustes concéntricos de 0,125 metros de espesor, separados por un intervalo de igual dimensión. Por encima de esta parte, la pared era sencilla, de 0,125 metros de espesor y de 1,60 de diámetro.

No existe plano de la construcción; pero por lo que ha podido examinarse, la armadura se componía en el sitio de la rotura

de 16 hierros en T, de  $\frac{0^m,03 \times 0,03}{0^m,0047}$  colocados verticalmente y de círculos horizontales de hierros en T, de  $\frac{0^m,025 \times 0^m,025}{0^m,003}$

espaciados á 0,61 metros próximamente, sin que existiera ninguna unión entre estas armaduras.

La sección de rotura se formó en la parte inferior del tronco de 1,60 metros, y según parece, la parte superior de la construcción permaneció intacta hasta el momento que se rompió contra el suelo.

No se conoce tampoco exactamente la composición del hormigón; pero ciertos fragmentos eran de tal manera tiernos, que se deshacían bajo la presión de los dedos. Se ha de tener presente un hecho muy importante, y es que se ha advertido que casi todos los hierros de la armadura estaban limpios de toda huella del hormigón y parecían salir del laminador; ninguno de estos hierros estaban rotos, estaban sencillamente separados del hormigón. Parece, pues, que el accidente tuvo por causa un defecto de unión entre la armadura y el hormigón; éste estaba tal vez demasiado seco en el momento en que se empleó en la construcción.—O.

## IMPORTANCIA DE LA HIDRÁULICA APLICADA

POR

D. HERMENEGILDO GORRIA

(CONTINUACIÓN)

Flamant se ocupa extensamente de la resistencia de los fluidos, de la expresión general de la impulsión, de las teorías de Poncelet y de Saint-Venant, y de los estudios experimentales de Du-Buat. Son notables las experiencias de M. de Mas para determinar la mejor forma que debe darse á los barcos de navegación fluvial.

Sería largo reseñar los trabajos teóricos y experimentales que se refieren á la resistencia de los fluidos, por lo que nos hemos limitado solamente á las anteriores indicaciones.

Gran perfección alcanzan los receptores hidráulicos, pues desde las antiguas y toscas ruedas de madera que apenas utilizaban el 20 por 100 de la fuerza del salto de agua, se llega hoy al 82 ó 85 en las modernas turbinas; con esto sólo puede comprenderse los adelantos que en pocos años han tenido los motores hidráulicos que con tanta profusión y utilidad se emplean.

Sabida es la gran dificultad que éstos presentaban para utili-

zar los grandes saltos, con pequeñas ó grandes cantidades de agua y que tan satisfactoriamente resuelven las turbinas modernas de diferentes sistemas y constructores, cuyos modelos son tan diversos á los que hace pocos años se usaban.

La fórmula general aplicable, teóricamente, á los receptores hidráulicos, se puede deducir del teorema de las fuerzas vivas entrando en ellas el trabajo útil de la máquina, y de la que se deducen las condiciones á que deben satisfacer esos motores, que son: que el agua entre en ellos sin choque útil; que no esté sometida á ninguna agitación tumultuosa, y que salga con una velocidad muy pequeña.

Generalmente estos motores se agrupan en dos clases, las ruedas hidráulicas y las turbinas. Entre las primeras, las llamadas ruedas por abajo, de cajones, de costado, de Poncelet, etcétera, de diversas formas, así como las turbinas de eje vertical ú horizontal, de los sistemas Fourneyron, Fontaine, Jouval, parciales, centrífugas, etc., y para cuyos receptores se han deducido fórmulas teóricas y prácticas, ya para su estudio hidráulico, ya para su construcción.

Igual ha sucedido con las máquinas y aparatos para elevar el agua, que son de tanto uso y aplicación; desde los antiguos timpanos y tornillo, hasta las modernas bombas tan perfeccionadas como hoy se construyen, hay un gran adelanto debido á la aplicación del análisis matemático y perfección en la construcción de esas máquinas. Sería interminable esta sesión, aunque solamente quisiera reseñar los cálculos y fórmulas, los sistemas é invenciones de tantas máquinas cual hoy conocemos para la elevación de aguas, lo mismo que de los receptores hidráulicos; cada una de estas secciones, como todos saben, forma especialidades, á las que se dedican inteligentes Ingenieros y constructores, habiéndose publicado modernamente muchas obras notables que se ocupan exclusivamente de la construcción de tan importantes máquinas.

Sin duda alguna el alumbramiento de aguas subterráneas tiene una importancia excepcional en España, por más que á estos trabajos no se les preste toda la atención que merecen.

Dice, y con mucha razón, la Junta Consultiva Agronómica al terminar el resumen de la *Estadística de regadío en España*. que: «el regadío de las tierras con aguas elevadas de las corrientes subterráneas tiene realmente importancia en diversas provincias, pues de los datos apuntados resulta que por tal manera se benefician principalmente en el cultivo hortícola más de 97.000 hectáreas. Es el sistema que más estrechamente une la propiedad del agua con el suelo, y al que, sin embargo, no se ha concedido en nuestro país toda la atención que reclama su fomento y aquella justa protección que haría su desarrollo más rápido y de mayores ventajas». La iniciativa individual, que es por lo común la que acomete esta clase de obras, debería ser eficazmente auxiliada por el Estado, ya con premios y subvenciones módicas, ya eximiendo de tributos durante cierto número de años las tierras convertidas á este sistema de riegos, ya proporcionando elementos para la investigación científica, como precedente indispensable para las probabilidades del éxito.

La Hidrografía subterránea es uno de los estudios más difíciles y complejos de cuantos se relacionan con la Hidráulica aplicada; así lo significa Daubrée en su tratado de las *Aguas subterráneas en la época actual* en los siguientes párrafos: «La circulación subterránea de las aguas á través de los poros y grietas de las rocas, bien que obedeciendo á principios muy sencillos, presenta una gran diversidad, según la naturaleza y modo de colocación de las rocas.» «En este orden de investigaciones no se puede siempre llegar, por cuidados que se tengan, á nociones exactas, en cuanto á la manera de ser de las aguas subterráneas y á los movimientos á los cuales están sometidas en sus trayectos, sea descendiendo ó en ascenso.» «La reunión y la coordinación de los hechos que se exponen (se refiere á su obra),

exigen largas investigaciones, porque hasta el presente la historia de las aguas subterráneas ha sido poco estudiada en su conjunto y sólo de una manera sumaria. Esas nociones están poco desarrolladas en los tratados de Geología, aunque constituyen una rama importante de esta ciencia, no solamente por sus aplicaciones, si que también bajo el punto de vista de la teoría.»

La investigación de los manantiales, ó sea la Hidroscopia, pertenece por completo su estudio al dominio de la ciencia geológica, pues sólo basándose en ella es posible ocuparse del estudio de las aguas ocultas, y así pudo el Abate Paramelle, autor de la obra conocida *El arte de descubrir los manantiales*, dedicándose nueve años al estudio de aquella ciencia antes de empezar sus trabajos de exploración, investigar después en el período de veinticinco años más de 10.000 manantiales.

Para poder hacer exploraciones serias sobre las aguas subterráneas, precisa tener buenos y detallados mapas geológicos, y con satisfacción hemos de decir que la provincia de Barcelona posee ya casi todo este trabajo, hecho por los Sres. Mauretay Thos y Codina en su magistral obra *Descripción física, geológica y minera de la provincia de Barcelona*, publicada por la Comisión del mapa geológico de España, por los numerosos é importantes trabajos del eminente Ingeniero de Minas D. Luis Mariano Vidal y por los Doctores D. Jaime Almera y D. Arturo Bofill, que al terminar su mapa geológico de esta provincia legarán una obra imperecedera de su ilustración en esa ciencia; ¡ojalá que todas las provincias de España contaran con ese trabajo tan importante, que es la base para que se puedan estudiar los difíciles problemas de investigación de las aguas subterráneas y otros muchos de útiles aplicaciones!

Muchos son los trabajos publicados que se refieren al estudio de las aguas subterráneas y obras para su alumbramiento, que es imposible ni aun indicarlos sin hacer interminable esta sesión. Las teorías del origen de los manantiales, régimen de las corrientes subterráneas, las condiciones de los terrenos bajo el punto de vista de la existencia de manantiales, descripción de las líneas que siguen las corrientes subterráneas, profundidad de las mismas, puntos más convenientes para su descubrimiento, cantidad de agua, etc., serían temas de extenso estudio, que no es posible ni aun indicar en esta Memoria; lo mismo respecto á los diferentes sistemas de alumbramiento, presas subterráneas, pozos y minas ó galerías, que todo ello es objeto de obras extensas y tratados especiales, en los que la Geología es la base esencial y que sin ella nada puede hacerse en tan importantes trabajos. Igual diremos del estudio de las corrientes forzadas ó aguas artesianas, y de la construcción de los pozos llamados artesianos; la investigación de las aguas por este medio forma el estudio especial de obras de gran mérito y que á ella se dedican geólogos é Ingenieros ilustres.

El estudio y práctica mecánica de los métodos de sondeo y aparatos ó sondas está ya hoy muy adelantado, y pueden efectuarse investigaciones ó sondeos á gran profundidad, con coste relativamente pequeño; esto facilita el que actualmente pueden establecerse empresas que se dediquen al descubrimiento de las aguas subterráneas, las que debieran ser muy protegidas por el Estado, ya que su utilidad es muy grande en la investigación de dichas aguas y conocimiento del subsuelo.

No podemos sustraernos de indicar, aun en esta parte de la hidráulica, que también el análisis matemático puede prestar su auxilio, debiendo citar entre otros los estudios de Dupuit sobre el movimiento del agua á través de los terrenos permeables, «suponiendo una superficie libre como la de una masa de agua que atraviesa un macizo permeable sin alcanzar la parte superior del mismo, y admitiendo que el movimiento sea permanente». Partiendo de la fórmula general de este movimiento dada por Prony, asigna Dupuit dos coeficientes según la clase de terreno, y suponiendo una capa permeable acuífera que repose sobre un terreno impermeable, sensiblemente horizontal, deduce que la superficie libre de aquella capa está representada por la

ecuación de una parábola de eje horizontal. Si en lugar de una superficie libre, la capa acuífera está contenida entre dos capas impermeables, la fórmula es muy distinta y depende esencialmente de la diferencia de nivel de los extremos, ó sea la pérdida de carga total, como si se tratase de la conducción por un tubo lleno de arena.

Son muy notables los estudios analíticos de Boussinesq sobre las «Investigaciones teóricas del movimiento de las capas de agua infiltradas en el suelo y del gasto de las fuentes», y el «Complemento de esta Memoria», publicados en el *Journal de mathématiques pures et appliquées*, cuyo trabajo de este sabio matemático demuestra un gran espíritu de análisis en hidráulica, hasta en estos problemas tan difíciles.

Flamant deduce por el cálculo el gasto de agua de un pozo usual, y por razonamientos análogos establece una relación entre el gasto del pozo y su radio, suponiéndolo abierto verticalmente y sobre una capa impermeable horizontal, deduciendo de esas fórmulas que aunque el gasto aumenta, á la vez que el diámetro es mucho menos rápidamente que éste; y si el pozo no llega á la capa horizontal impermeable, el gasto será menor, pero en una cantidad muy pequeña.

La aplicación de la hidráulica á la agricultura, ó sea principalmente á los riegos y saneamiento de terrenos, es sin duda alguna la parte más fecunda por su interés general y de mayor utilidad en España.

La escasez, inconstancia y generalmente inoportunidad de las lluvias en nuestro país hacen precisos los riegos artificiales, para que la producción rural pueda dar una buena remuneración á los capitales agrícolas que son necesarios para los cultivos. Sabido es de todos que el problema de los riegos es en nuestro país el principal en el orden económico, y que justamente preocupa mucho el asegurar el agua necesaria á los terrenos que tienen regadío incompleto y á los que sean posibles de secano. La utilidad del riego de las tierras, su aumento de valor y de producción, así como el canon ó coste que debe tener el agua, su distribución, sistemas de riego y de saneamiento, son asuntos que por sí solos necesitarían varias conferencias, para tratarlos aunque sólo fuese con poca extensión; pero todos estos problemas y estudios de lo que se llama generalmente «Hidráulica agrícola», creemos podrían más bien ser tratados en Centros y Sociedades esencialmente agrícolas, por más que en esta Academia hay la Sección de Economía rural, que suponemos se ha de ocupar de las investigaciones científicas, como base de las aplicaciones en el conocimiento de la tierra, sus mejoras, la vida y multiplicación de las plantas, en una palabra, el estudio puramente científico de la agricultura.

Por igual razón no nos ocupamos de los medios de proporcionar el agua á los terrenos, como son: los canales, pantanos, alumbramiento y elevación de aguas, las obras que para esto son precisas, sus condiciones y cuanto corresponde á la parte constructiva de las mismas, y que corresponden al estudio de la estabilidad de las construcciones, resistencia de materiales y construcción en general y particularmente las construcciones hidráulicas.

Sólo nos limitamos, pues, á indicar la necesidad del estudio de las aguas corrientes y subterráneas que pueden utilizarse en España, para que sirvan de base á los proyectos y obras de riego que son tan necesarias en nuestro país y á las que se dedican muchos Ingenieros.

Para estos estudios, uno de los datos importantes son la repartición del agua de lluvia, ya por evaporación del suelo y de las plantas, por infiltración, y la que rodada por los cauces va a desaguar en el mar y la que se necesita para los riegos. Obras notables como las de Paretto, Nadault de Buffon, Ronna, Debauve, Lewy Salvador, Durán Claye, De Cosigny, etc., se ocupan extensamente sobre tan importantes estudios, presentando

datos y coeficientes sobre la distribución del agua de lluvia, volúmenes necesarios para el riego en algunas cuencas hidrológicas del extranjero. En España no sabemos que se hayan hecho muchos trabajos; sólo como datos aproximados se asignan en algunas obras españolas coeficientes de distribución de la lluvia, como, por ejemplo, Bentabol, que propone como promedios generales el 45 por 100 el agua evaporada, el 35 torrencial, y el 20 absorbida por el terreno.

Es muy necesario que en España se hagan observaciones y se deduzca para cada cuenca hidrológica la distribución del agua de lluvia, según la clase de terreno, su orografía, vegetación, utilidades para aprovechamientos agrícolas y cuantos datos interesan para el cálculo del agua disponible en cada río, lo que serviría de base necesaria para los proyectos de canales y pantanos con destino á usos industriales ó agrícolas que tanta aplicación y utilidad tienen en nuestro país.

D. José de Arce, ilustrado Ingeniero, Catedrático de la Escuela general de Agricultura de Madrid, hace algunos años que está efectuando importantes experiencias sobre riegos, habiendo expuesto hábilmente los medios necesarios para un estudio tan interesante y en el cual demuestra su ilustración científica y constancia en su laborioso é inteligente trabajo. Mucho nos complacerá poder comunicar á la Academia los resultados de tan importantes experiencias de hidráulica agrícola, por la exactitud y competencia con que se están haciendo, y que sepamos son las únicas hoy que en nuestro país se efectúan.

En nuestra Nación se utiliza poco el agua que aún llevan los ríos y puede obtenerse subterránea; como datos estadísticos nos permitimos hacer algunos que lo prueban:

Teniendo España una superficie de 50.703.600 hectáreas, la extensión cultivada según datos de la Junta Consultiva Agronómica es sólo de 18.595.000 hectáreas. El terreno regado es de 1.230.000 hectáreas, incluyendo en ellas 340.000 que tienen riego eventual. Por lo tanto, las proporciones al de la superficie total son el 37 por 100 de terreno cultivado; el 6 por 100 de terrenos en regadío, y de ellos el 4  $\frac{1}{2}$ , por 100 como regadío completo, y en fin, el 2  $\frac{1}{2}$ , por 100 solamente, la superficie regada del total de la Nación.

Estas cifras bastan para justificar la necesidad de fomentar los regadíos en un país donde son tan necesarios y ya que con ello habría un gran aumento de producción agrícola, la que actualmente es bien poca relativamente á la que podríamos tener y que obtienen otras Naciones, utilizando las aguas que continúan ó discontinuamente llevan nuestros ríos á perderse en el mar y las subterráneas que podrían aprovecharse directamente ó por elevación.

Por datos estadísticos publicados por la misma Junta Consultiva Agronómica, la provincia de Barcelona con una superficie total de 769.050 hectáreas, tiene un regadío de 14.077, de las cuales son de regadío constante 9.156 con agua de pie, y 3.233 con aguas elevadas, y es eventual en 1.688 hectáreas. La provincia de Tarragona, que tiene 649.035 hectáreas de superficie, hay solamente 19.600 hectáreas de regadío, siendo de ellas 10.100 con agua de pie, 4.000 aguas elevadas y 6.100 de riego eventual. La provincia de Lérida, la de mayor extensión de las cuatro de Cataluña, tiene una superficie de 1.215.079 hectáreas, de las que hay unas 150.000 en regadío próximamente. La provincia de Gerona es la de menor extensión y tiene 586.496 hectáreas, de ellas solamente 7.700 de regadío.

Según la estadística oficial de la industria eléctrica en España, en el año 1904 (última publicada), las fábricas que utilizan fuerza hidráulica sumaban 52.816 caballos de vapor y 34.088 las que tenían fuerza de vapor é hidráulica á la vez. Pero según el Real decreto de 11 de Mayo de 1900, dice que se aprovechan unos 100.000 caballos de fuerza hidráulica, que siendo ya de ellos la dedicada á electricidad unos 70.000, es probable pasa-

rún de aquella cifra; de éstos hay 30.000 caballos utilizados en la provincia de Barcelona. Suponiendo que por vapor costasen 500 millones de pesetas, por fuerza hidráulica sólo importarán 100, y por lo tanto, hay un ahorro utilizando los saltos de agua de 400 millones de pesetas anuales.

Aunque se consideren exageradas las cifras que deduce el Sr. Bentabol en su obra *Las aguas de España y Portugal*, que evalúa en 10.000 millones de pesetas anuales el valor del agua que podría emplearse en el riego, y de 1.200 millones el de la fuerza hidráulica, resultará siempre, aun considerando los datos mínimos, una suma enorme que se pierde anualmente no utilizando las aguas que pueden aprovecharse de nuestros ríos, siendo fuentes de riqueza que deberían explotarse en beneficio del aumento de nuestra producción agrícola é industrial.

He de concluir esta conferencia, aunque muy incompleta y sumariamente desarrollada, como breve resumen de los principales problemas de la hidráulica teórica y sus aplicaciones en la práctica de los trabajos de que frecuentemente se ocupan los Ingenieros, Arquitectos, Maestros de obras y constructores, sintiendo no haber podido exponerlos mejor por mis pocos conocimientos ante la extensión del tema, cuya magnitud científica y práctica necesita otros más versados que yo, para tratarlo cual es preciso, y más ante los que honrándome con su presencia en este acto me han oído con tanta benevolencia, lo que mucho les agradezco.

Terminaré, recordando la gran importancia que como ciencia tiene la Hidráulica y fecundidad en sus aplicaciones, llamando la atención hacia su estudio teórico á los doctores y cuantos se dedican á las ciencias Matemáticas, la Física y la Geología, pues esta parte de la Mecánica les ofrece extenso campo para las investigaciones y experiencias científicas; y también á los Ingenieros, Arquitectos, Maestros de obras y cuantos puedan ocuparse en las construcciones hidráulicas, para que, dedicándose con la preferencia y el entusiasmo que éstas merecen, sean la base del aumento de producción agrícola é industrial y prosperidad de nuestra Nación (1).

### NUEVO MÉTODO EN EL EMPLEO DE LAS MADERAS DE CONSTRUCCIÓN

Tiende á hacerse hoy día una innovación en el empleo de las maderas de construcción, que consiste en unir entre sí, por medio de una alta presión y con la ayuda de una masa adherente refractaria al agua, piezas de madera tierna, de manera de formar vigas capaces de resistir esfuerzos estáticos, á ejemplo de lo que pasa para el hormigón y el hierro en el hormigón armado.

La casa Otto Hetzer de Weimar ha construido de esta manera vigas compuestas según las indicaciones de la figura 1.<sup>a</sup>

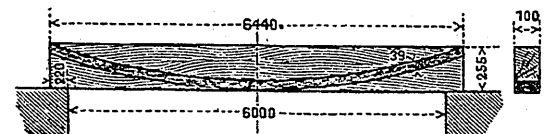


Fig. 1.<sup>a</sup>

Una viga de este género de 10 centímetros  $\times$  25 centímetros de sección, previamente tratada por un procedimiento especial para eliminar la proteína (substancia albuminoidea), ha sido cargada hasta su rotura al mismo tiempo que un larguero ordinario de las mismas dimensiones; la primera ha sido sometida á una car-

(1) Discurso leído en la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona.