

REVISTA DE OBRAS PÚBLICAS

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.

MATEMÁTICAS PRÁCTICAS

DE

JOHN PERRY

TRADUCIDO DEL INGLÉS Y ANOTADO

POR

D. LUIS GAZTELU

Marqués de Echandía; Ingeniero Jefe de Caminos, Canales y Puertos;
Director de la Escuela especial del Cuerpo.

De esta interesante obra, de que nos ocuparemos en el número próximo, copiamos el prólogo con que encabeza su traducción nuestro distinguido compañero el Director de la Escuela de Ingenieros de Caminos Sr. Gaztelu:

La Sociedad Matemática Española, en Junta general celebrada el 25 de Abril próximo pasado, me honró con la comisión de traducir al castellano la obra *Practical Mathematics*, del ilustre profesor John Perry, propagandista entusiasta de la reforma y vulgarización de la enseñanza matemática elemental, y de la que tiene por objeto la preparación para las aplicaciones a las profesiones técnicas.

Es evidente que mi trabajo no podía limitarse á una traducción literal, por tratarse de una obra que contiene innumerables ejercicios en que se emplea continuamente el sistema inglés de pesas y medidas, como también símbolos matemáticos y hasta modos de expresión desusados en nuestro país, y que de ningún modo conviene adoptar en una obra elemental de vulgarización.

Agréguese á esto la forma de la exposición, que no es sino la reproducción de conferencias de vulgarización, pronunciadas ante un auditorio de obreros, en las cuales el autor emplea con frecuencia el tono festivo ó humorístico, singularmente al hacer la crítica de los métodos de enseñanza clásicos ú *ortodoxos*, como él los llama.

Resulta de aquí que algunas frases que indudablemente debieron de ser celebradas como ingeniosas, y aun acogidas con francas carcajadas por aquel auditorio inglés, se convierten inevitablemente, al ser vertidas al español, en lo que se ha dado en llamar *chistes malos*. No pretende el traductor haber salvado completamente este escollo, porque, entre las diversas soluciones posibles, ha optado por la fidelidad, transigiendo con ese defecto, por considerarlo como cosa muy secundaria, dado el objeto

de este libro. En todo caso, conviene declarar que en este punto la responsabilidad corresponde totalmente al traductor.

En mi Memoria «La enseñanza matemática en las escuelas técnicas de Inglaterra», publicada recientemente, he tratado con alguna extensión de los métodos de enseñanza de Perry, adoptados hoy, generalmente, en aquellas escuelas, después de un minucioso y profundo estudio hecho por una Comisión presidida por el célebre Ingeniero naval Sir William White, cuyo objeto era estudiar é informar acerca de los mejores métodos de educación para toda clase de Ingenieros, y muy generalizados también en los Estados Unidos, donde son conocidos con el nombre de «Método de laboratorio», por su semejanza con los estudios físicos, químicos y mecánicos en los laboratorios. No es oportuno repetir aquí, ni aun en extracto, aquel estudio, al cual remito á los lectores que deseen más amplia información sobre este asunto. Pero considero necesario dar algunas explicaciones sobre la significación y alcance del libro que hoy presento al público. Es la más elemental de las obras del profesor Perry, y por este motivo la recomendé á la Sociedad Matemática Española, que trataba de elegir una obra extranjera de vulgarización para darla á conocer en España.

En 1901 se celebró en Glasgow un Congreso, cuyo objeto era discutir sobre la enseñanza de las Matemáticas, y su principal tarea consistió en examinar un programa de Matemáticas elementales, presentado por el Profesor Perry, redactado de acuerdo con sus principios y procedimientos, y que caracteriza perfectamente su escuela pedagógica. El Consejo de educación, «Board of education», estableció más tarde algunos cursos y exámenes de Matemáticas, cuyo objeto era la preparación para la Ingeniería y la Mecánica prácticas, y rogó al Profesor Perry que redactase un compendio de las conferencias que había pronunciado en 1899 en el Museo de Geología ante un auditorio de obreros, las cuales pueden ser consideradas como el desarrollo del programa presentado al Congreso de Glasgow, y este es el libro cuya traducción ofrecemos hoy al público. A continuación reproducimos también el mencionado programa.

En la actualidad, los métodos de Perry han adquirido un desarrollo extraordinario. Puede decirse que, en cuanto á sus líneas generales, fueron ya aceptadas por el Congreso de Glasgow, siendo de notar la adhesión entusiasta del eminente Lord Kelvin. Los trabajos de la Comisión, presidida por Mr. White durante tres años, desde 1903 á 1906, y cuando se publicó el informe, casi todas las escuelas técnicas se apresuraron á organizar sus estudios y á redactar sus programas conforme á los principios de

esta escuela. Ya se ha visto también el gran desarrollo que ha adquirido en América.

Pero aun hay más: las tendencias de los pedagogos más eminentes de Francia y de Alemania coinciden, en cuanto á los principios más esenciales, con algunas de las ideas que con mayor tenacidad sustenta el Profesor Perry. Así Poincaré, Tannery, Laisant y otros muchos han insistido en combatir el abuso de la memoria, en procurar que los trabajos de los alumnos se encaminen á su preparación para la investigación personal, en que se introduzca en época muy temprana la noción de función y su representación gráfica, en recomendar la enseñanza simultánea ó paralela de las diversas ramas de la Matemática, con ejercicios de aplicación á la Física, la Química y la Mecánica, la supresión de los cálculos largos y enojosos que no tienen aplicación inmediata, la de las demostraciones especiales y artificiosas independientes de los métodos generales y la introducción de las primeras nociones del Cálculo diferencial é integral, reformas ya incluidas en gran parte en los programas oficiales franceses.

Lo mismo sucede en Alemania. En 1901 se introdujeron algunas reformas conformes con estas tendencias, y posteriormente en 1905, el Profesor Klein, de Gotinga, cuya autoridad en estas materias es notoria, recomendó, en un informe, que se continué eliminando las teorías puramente abstractas para presentar las materias en forma de problemas concretos, la introducción temprana y progresiva de la idea de función y de sus aplicaciones gráficas, el uso de modelos é instrumentos, como la regla logarítmica, la atención especial á los ejercicios numéricos de aspecto práctico, las aplicaciones á la Física y á la Mecánica, y la introducción de los elementos del Cálculo infinitesimal.

Es muy conveniente la vulgarización en España de libros como el presente, en que se combaten faltas graves y directamente opuestas á las tendencias pedagógicas modernas, muy arraigadas, desgraciadamente, en nuestra enseñanza elemental. Me limitaré á citar tres que son capitales:

- 1.º Descuido en la ejecución de ejercicios numerosos, trabajados individualmente por los alumnos.
- 2.º Abuso del estudio de memoria en libros de texto, y
- 3.º Extensión excesiva de los programas.

Basta leer el libro de que tratamos; basta tener alguna noticia de los trabajos que realizan los alumnos en las escuelas extranjeras, en Francia, por ejemplo, para convencerse de que existe y ha existido siempre en España mucho descuido en lo tocante al primer punto, de importancia capital, si la enseñanza ha de tender á que el alumno aprenda á discurrir por cuenta propia y se prepare para la investigación personal, fin principal que asignan muy acertadamente á la enseñanza los pedagogos modernos.

En cuanto á lo segundo, se ha llegado al extremo inconcebible de generalizarse la práctica de hacer aprender de memoria á los alumnos las reglas preparadas en letra bastardilla en los libros de texto, para que las distingan así, mecánicamente, lo cual les induce á creer que es lo único útil é importante que deben aprender.

Esto equivale á querer enseñar á hablar á los niños haciéndoles aprender las reglas de la Gramática, y pueda también ser comparados con los procedimientos que emplean algunos profesores de lenguas que se limitan á enseñar las reglas de la Gramática, y sólo ocasionalmente, y á manera de ejemplos de aplicación, pronuncian algunas frases en la lengua que tratan de enseñar.

Con tan absurdos métodos nadie puede aprender nada, y muchas veces se agosta en flor la afición á los estudios matemáticos en jóvenes dotados quizás de las más felices disposiciones.

Finalmente, es manifiesta la funesta manía que ha predominado en nuestra enseñanza de exagerar la extensión de los programas, olvidando que la solidez y la profundidad son en esto muy preferibles á la extensión superficial. Y es de notar que este error se ha exacerbado en estos últimos tiempos en algunos establecimientos de enseñanza, siguiendo así una tendencia diametralmente opuesta á la que se ha observado en las naciones más adelantadas y á las recomendaciones de los más ilustres pedagogos modernos.

Se habla mucho en la actualidad de las *Matemáticas prácticas* y de las *Matemáticas del Ingeniero*. Creo que en España es una novedad la afirmación de que el Ingeniero no necesita Matemáticas, así, en absoluto y sin distinguos.

Aducen los partidarios de esta escuela (de algún modo hay que designarla) el ejemplo de Inglaterra, y lo citan precisamente en el momento en que los ingleses, reconociendo unánimemente su antiguo error, no han vacilado en subsanarlo á costa del sacrificio de muchos millones de libras esterlinas para crear muchas y excelentes escuelas.

Es de advertir, además, que cuando se trata de esta cuestión es necesario observar que la palabra inglesa «Engineer» no puede tomarse como rigurosamente equivalente á la nuestra «Ingeniero», sino que tiene una extensión mucho mayor, pues se aplica también á los montadores, mecánicos, maquinistas y otros obreros que sólo poseen la práctica de su profesión. Es verdad que muchos de ellos adquieren alguna instrucción elemental en conferencias y clases nocturnas, y llegan así á convertirse en prácticos excelentes y muy ilustrados en su especialidad, generalmente muy limitada.

Pero fuera de Inglaterra y de los países de lengua inglesa, no bastan estos estudios irregulares y de ocasión para poder ser llamado Ingeniero, porque esta denominación se reserva á los que han invertido varios años en estudios técnicos, precedidos ó combinados, con una preparación científica seria y bastante amplia.

El presente libro contiene, principalmente, Matemáticas de Ingeniero. Yo no creo de ningún modo que estas Matemáticas sean suficientes para quien aspira á ser un buen Ingeniero, pero sí afirmo que las cuestiones matemáticas de este género son las que más directamente le interesan, y que de ellas debe procurar adquirir pleno dominio lo más pronto posible. Creo que por ahí debería empezar sus estudios matemáticos, á reserva de ampliarlos más tarde, porque procediendo así alcanzaría una instrucción más sólida y más completa con menos trabajo.

La enseñanza matemática, muy especialmente la elemental, se halla en España en una situación tal, que es indispensable su reforma conforme á estas tendencias. Me permito rogar á los Profesores y á cuantos se interesen en estas cuestiones que, aunque encuentren en este libro apreciaciones y afirmaciones chocantes, á primera vista, por su oposición radical con las costumbres y las ideas recibidas, no condenen estos métodos de enseñanza sin maduro examen. Métodos tan rápidamente generalizados en Inglaterra y en América, acogidos favorablemente y hasta con entusiasmo por matemáticos y pedagogos ilustres, y conformes en sus líneas generales y en sus principios esenciales con las tendencias pedagógicas en las naciones más cultas, no merecen ser juzgados con ese desprecio.

Si los alumnos de la segunda enseñanza empleasen los cuatro años que dedican al estudio de las Matemáticas en resolver ejercicios del género de los contenidos en este libro bajo una dirección acertada, se hallarían, ciertamente, al obtener el grado de Bachiller, en condiciones mucho más favorables y ventajosas que en la actualidad, no sólo para emprender estudios prepara-

torios para las profesiones técnicas, sino para los mismos estudios de Matemáticas puras en sus ramas superiores, propios de las facultades de ciencias.

DESCRIPCIÓN

de un método para la construcción de un túnel bajo el East River, en Nueva York.

POR

EMIL DIEBITSCH

(Del *Engineering News*.)

La construcción del túnel para el Pennsylvania Railroad, bajo el East River, en Nueva York, pone de manifiesto los inciertos progresos realizados en los métodos de perforar túneles seguidos hasta hoy en dicha localidad. Hace tiempo se perdió un escudo, debido á un desprendimiento de tierras, y fueron precisas varias semanas de trabajo para recobrarlo. Siempre era preciso inyectar enormes volúmenes de aire en la cámara de trabajo, y, últimamente hubo que cubrir con arcilla algunos trozos del lecho del río para poder efectuar los trabajos.

Análogas dificultades se encontraron en la construcción del túnel, objeto de este artículo, en Brooklyn, y tanto el coste como los trabajos en la ejecución fueron grandes.

La causa principal de la mayor parte de estas dificultades reside en la diferencia de presión hidrostática entre el fondo y lo alto del escudo de perforación del túnel. La presión del aire suficiente para mantener seco el fondo del túnel, será bastante más grande que la presión hidrostática necesaria en el techo del mismo y permitirá que el aire se escape en gran volumen, y si el escudo no es suficientemente pesado, puede producir un orificio en el fondo del río, y á causa de esto reducirse rápidamente la presión del aire y, permitiendo la entrada del agua y fango, inundar la obra ejecutada.

En la práctica esta diferencia de presión se mantiene tan pequeña como posible, haciendo que la presión en el túnel sea igual, aproximadamente, á la hidrostática en la sección media del mismo, pero ésta es aún más grande que la presión hidrostática en su techo; y esta diferencia de presión es la causa principal de los retrasos y gastos en la construcción de túneles por el método del escudo.

Con el método del escudo, por consiguiente, el trabajo de excavación y construcción se lleva, adelantando según un plano vertical, ó de lo contrario sometido á presiones no equilibradas. Con el método aquí expuesto, el trabajo se puede llevar según planos horizontales y estando las presiones equilibradas. Por esta razón, este nuevo método permite construir túneles más rápidamente, más económicamente, y también con menajes pendientes y resultar mejor ejecutada la obra.

El método, en general, consiste en construir sucesivas secciones de túnel bajo la protección de un inmenso, movable, cajón de aire comprimido, que permanece en el fondo del río y rebasa la superficie del agua como un dique ó muelle.

Cuando una sección del túnel está terminada, el cajón se mueve hacia adelante, á lo largo de la alineación del mismo, y así la otra sección inmediata á la terminada y unida á ella se puede construir.

Por la repetición de este proceso se puede perforar la totalidad del túnel.

Este cajón es una inmensa caja de acero con dobles paredes, que comprenden las cámaras de lastre, (rodeando la cámara de trabajo), cubierta por el techo, pero abierta por el fondo del río.

El agua se expulsa de esta cámara de trabajo por medio de aire comprimido y el acceso á ella para hombres y material se hace por medio de esclusas, como ordinariamente.

Se usa la palabra cajón para designar esta caja de acero, pero es de advertir que su estructura difiere en forma y funciones de la de los cajones usados para la cimentación de puentes y otras construcciones.

No forma parte del fondo de la estructura como sucede, generalmente, con los cajones ordinarios, sino que se usa como una protección temporal, cubriendo el sitio de la porción del túnel en construcción, y se lleva á nueva posición tan pronto como una sección del túnel está terminada.

Este cajón permanece en el fondo del río, encima y á los lados de la excavación en la cual se construye el túnel. De aquí que no tenga bordes cortantes, sino un borde ancho, lo que le da una gran estabilidad y evita que el cajón se hunda demasiado en el fango del fondo del río.

Para facilitar el desplazamiento del cajón va provisto de cámaras para lastrarle, que pueden llenarse ó vaciarse con gran rapidez por medio de válvulas y bombas. El lastre que puede entrar en estas cámaras es suficiente con mucho para mantener el cajón con toda seguridad en el fondo del río, mientras se procede á la construcción del túnel. Como el lastre es agua, se puede expulsar fácilmente con bombas, lo que permite al cajón flotar.

Las dimensiones del cajón son: longitud, 120 pies (36,58 metros); ancho, 50 pies (15,24 metros); profundidad, 62 pies (18,898 metros). Las dimensiones de la cámara de trabajo son: longitud, 100 pies (30,48 metros); ancho, 40 pies (12,21 metros), y altura, 25 pies (7,62 metros). El peso aproximado, sin maquinaria ni lastre, es de 2.500 toneladas (2.540 toneladas métricas).

Su estructura es bastante grande y bastante fuerte para que cuando permanezca en el fondo del río puedan las barcasas y remolques atracar junto á él y desembarcar los materiales y máquinas de trabajo. La cubierta principal del cajón está equipada con grúas, cabrias, hormigoneras y otras máquinas y útiles que puedan ser necesarios para el rápido y económico manejo de las materias excavadas en la cámara de trabajo y de los materiales empleados en la construcción, tales como arena, grava, cemento, acero y madera, trasbordándolos de las barcasas á las esclusas de aire.

En la cubierta de las máquinas, emplazada 12 pies más abajo que la cubierta principal, están situadas las calderas, compresores de aire, máquinas de vapor, generadores eléctricos, motores, bombas y otra colección de máquinas necesarias en la construcción del túnel ó en el manejo del cajón.

Las paredes de la cámara de trabajo se pueden prolongar en sentido vertical por medio de unas paredes movibles á voluntad y en las que, tanto para su fácil manejo, como para hacer en lo posible impermeables las juntas, se ha adoptado la disposición siguiente: á las paredes de la cámara de trabajo se han roblonado perfiles especiales, parecidos en la forma á los Zorés; la pared móvil está formada por hierros en I y maderos de gran escuadría sujetos con pernos; las cabezas de las I entran dentro de las ranuras que quedan entre la pared de la cámara de trabajo y los perfiles especiales á ella roblonados, quedando así una especie de ensamblaje á ranura y lengüeta. Las paredes móviles se llevan un poco adelantadas con relación á la excavación general y sirven para evitar que el aire dentro de la parte excavada se escape demasiado libremente. También sirven para sostener los desmontes de la trinchera dentro de la cual se construye el túnel.