

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.

LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA EN ESPAÑA ⁽¹⁾

Señores: Es tan ajeno este tema á mis estudios habituales, tan escasa mi preparación para desarrollarlo ante vosotros y tal mi temor de que al terminar juzguéis mi intervención en el asunto completamente injustificada é ineficaz, que he creído necesario deciros, antes de entrar en materia, cuatro palabras, á modo de prólogo, para explicaros el motivo y sobre todo el alcance y objeto de mi trabajo.

Allá por el mes de Junio, nuestro digno Presidente llamó mi atención sobre una conferencia muy interesante de nuestro compañero el Sr. D. Jorge Torner acerca de la Escuela matemática de Cambridge, en la cual se anuncia que en el próximo Congreso de Matemáticos que ha de celebrarse en Estocolmo en 1916, se pondrá á discusión el tema «El lugar de la matemática en la práctica del Ingeniero»; manifestó gran interés en que se discutiera aquí ampliamente ese punto, con el fin de llegar á conclusiones que pudieran presentarse en aquel Congreso y, finalmente, me propuso que iniciara la discusión.

Difícilmente podría yo negar nada á la antigua y cariñosa amistad del Sr. Laviña; pero, además, había otro motivo que me indujo á aceptar el honroso encargo.

Desde que nació este Instituto, en cuya creación colaboré con entusiasmo, he insistido, siempre que la ocasión se ha presentado, en la necesidad de que atienda con empeño á favorecer toda iniciativa capaz de fomentar nuestra cultura ó de enaltecer y dignificar la profesión del Ingeniero. Cumpliría así un deber moral; trabajaría por nuestro prestigio y al mismo tiempo conquistaría la autoridad necesaria para que se le oiga al resolver acerca de las cuestiones que nos afectan directamente.

Si queremos que el Instituto alcance la personalidad y la fuerza que á nuestro juicio le corresponden, no hemos de limitarnos á tratar aquí de nuestros intereses materiales, muy justificados sin duda, pero que á nosotros solos nos importa. Hemos de buscar ideales más altos, y muy especialmente hemos de estudiar, hemos de proponer á los Poderes públicos y hemos de defender con ahinco todas aquellas medidas, todas aquellas reformas que puedan contribuir á la mejor administración de los grandes intereses nacionales que nos están encomendados.

Generalmente, los Ingenieros á quienes he expresado estas

ideas se han manifestado conformes con ellas; en alguna ocasión se pensó seriamente en llevarlas á la práctica, pero todo quedó en buenas intenciones.

El Instituto arrastra una vida lánguida, y podría creerse, al ver su inactividad, que los Ingenieros, por exagerada modestia, por pereza, por falta de entusiasmo.... por lo que quiera que sea, nos juzgamos incapaces de tomar aquellas iniciativas que legítimamente nos corresponden.

Es necesario combatir este marasmo, y á combatirlo eficazmente tiende el propósito del Sr. Presidente. Todo lo que se refiera á la enseñanza de la ingeniería es de importancia capital para nosotros y de gran trascendencia para el porvenir de España, y no podía yo, que tan censurable encuentro nuestra habitual apatía en ocasiones semejantes, negarme á colaborar en esa obra.

Bien vi, desde luego, las dificultades con que había de tropezar, nacidas principalmente de que ni soy competente en estos asuntos ni tengo condiciones de conferenciante.

De todos modos, creí que debía aceptar y acepté el ofrecimiento, por dar muestra de mi buen deseo.

Entonces faltaban aún cuatro ó cinco meses para la fecha en que había de celebrarse la conferencia; nunca había yo estudiado deliberadamente la cuestión, pero había pensado muchas veces en ella; había reflexionado sobre algunas reformas que podrían ser beneficiosas, y creí que tendría tiempo de estudiarlas detenidamente, de examinar los juicios más autorizados que sobre ellas se hayan emitido, de averiguar si han sido ensayadas, en qué condiciones y con qué resultados; de cumplir, en fin, el deber de todo conferenciante, documentándome acerca del asunto que me proponía tratar.

Pero los presupuestos de tiempo son aún más falaces que los presupuestos de dinero. Mis ocupaciones habituales, aumentadas con las que me acarreo la Exposición celebrada en el mes de Junio por iniciativa de la Asociación española para el progreso de las ciencias, primero, y más tarde, preocupaciones de orden familiar absorbieron todo mi tiempo, y al llegar el momento de escribir la conferencia me encontré con que su preparación no había adelantado un paso.

Pudiera haberme excusado á última hora; pero esto hubiera contrariado quizá la feliz iniciativa del Sr. Presidente, que contaba conmigo para empezar. Además, bien pensado, mi falta de preparación poca importancia tiene, porque yo no vengo á enseñar. No vengo á dar soluciones concretas, no vengo siquiera á plantear el problema en toda su complejidad, haciendo un estudio crítico de la situación en que se encuentra la enseñanza de

(1) Conferencia dada en el Instituto de Ingenieros Civiles por nuestro distinguido compañero el ilustrado Ingeniero de caminos, canales y puertos, Excmo. Sr. D. Leonardo Torres Quevedo, el 15 de Noviembre de 1913.

la ingeniería en España, puntualizando los defectos que debemos corregir y los remedios que debemos aplicar. Mi propósito no es tan ambicioso; algo diré de todo esto, pero me limitaré á remover el problema, exponiendo algunas consideraciones acerca de él.

He rebuscado por los rincones de mi memoria las ideas que en diferentes ocasiones me han ocurrido acerca de reformas posibles en nuestras escuelas; he procurado coordinarlas, sin ocuparme de su historia y antecedentes, y he escrito esto, que voy á leerlos, fiando en vuestra benevolencia.

Gran satisfacción tendría en que alguno de mis proyectos mereciese en todo ó en parte vuestra aprobación; pero aun sin eso, yo me daré por contento si mi conferencia sirve de pretexto para que otros más conocedores de la materia venga aquí á exponerla con todo el desarrollo que requiere.

* *

Todos comprendéis la importancia del tema que ha de discutirse en Estocolmo, y, sin embargo, sólo constituye un aspecto parcial de este otro que, á mi juicio, es el que debemos discutir primero. «¿Cuáles han de ser la orientación y el desarrollo de la enseñanza teórica en las escuelas de Ingenieros?»

Y no se piense que así nos apartaremos de la cuestión. Si acertamos á formular los principios que han de servirnos de guía para resolver acerca de la enseñanza teórica en general, fácil nos será luego aplicarlos á la enseñanza matemática.

Que el Ingeniero ha de ser hombre de ciencia parece cosa indudable; pero también es evidente que se pueden señalar grandes diferencias entre el Ingeniero y el hombre dedicado á la ciencia pura.

Este último—y me refiero aquí únicamente al que cultiva las ciencias llamadas positivas—estudia la Naturaleza sólo por el afán de conocerla: investiga sus fenómenos, descubre sus leyes y procura dar una explicación mecánica del mundo físico por medio de hipótesis ó teorías más ó menos plausibles. Crea, á semejanza del mundo real, otro mundo ideal, constituido por entes de razón que evolucionan en su fantasía, obedeciendo con exactitud matemática á las leyes que lógicamente se derivan de las propiedades que les atribuyó al crearlos. Estas atrevidas construcciones de la inteligencia humana constituyen su más preclaro timbre de gloria, y son fuente y raíz de todo progreso, pero no tienen realidad ninguna ni utilidad inmediata.

Más modesta es, desde el punto de vista científico, la labor del Ingeniero. Estudia también la Naturaleza, procura averiguar sus secretos; pero es con ánimo de utilizarlos.

Un botánico concederá quizá escasa importancia al estudio de los cereales, y, en cambio, estudiará con gran empeño alguna planta rara que le aporte nuevos datos acerca de la variabilidad de las especies y del mecanismo de sus variaciones. Un Ingeniero agrónomo, por el contrario, podrá prestar escasa atención á las discusiones sobre la teoría transformista, pero estudiará detenidamente las diferentes variedades de trigo y los procedimientos de cultivo que deben emplearse para obtener mayores cosechas.

En el Ingeniero han de considerarse—y esto es de capital importancia para nuestro objeto—dos aspectos: el científico y el técnico.

Como científico, estudia en qué forma la acción del hombre puede intervenir en la marcha de los fenómenos para alterarla y modificarla en nuestro provecho; examina los materiales que le ofrece la Naturaleza; crea métodos y procedimientos para utilizarlos, y formula aquellas reglas generales que han de servirle de norma en el ejercicio de su profesión.

Como técnico—siguiendo estos métodos y aplicando estas re-

glas—, horada la Tierra para buscar las riquezas que en ella se contienen, explota los campos y los bosques, levanta fábricas, traza caminos, construye buques que surcan los océanos, y globos y aeroplanos que se enseñorean del aire; es en los tiempos modernos el principal factor de la civilización y del progreso.

Claro es—y de sobra lo sabéis vosotros—que estos dos aspectos han de darse en todo Ingeniero. No sería digno de tal nombre, y se expondría á errores gravísimos, el técnico que se limitara á seguir servilmente ciertos métodos y aplicar sin discusión ciertas reglas aprendidas de memoria. Ni tampoco podrá realizar labor útil, formular métodos y reglas de aplicación práctica el teórico que desconozca las cuestiones técnicas.

No es fácil, ciertamente, definir dónde acaba lo científico y empieza lo técnico, como no es fácil señalar el momento preciso en que se pasa de la noche al día.

Pero de todos modos, creo yo que sin más explicaciones comprenderéis el alcance de la diferencia que he procurado establecer, y en la cual he insistido porque es la base de lo que voy á decirlos.

* *

La labor técnica es generalmente la única que se tiene en cuenta al hablar de los Ingenieros, ya porque ella absorbe la mayor parte de su actividad, ya, también, porque es la más fácil de percibir y de apreciar; el trabajo del que ejecuta la obra sobre el terreno es y será siempre mejor conocido que el de aquel otro que, en su gabinete ó en su laboratorio, dictó las reglas ó estableció las fórmulas que han permitido realizarle.

Así sucede con frecuencia—y no siempre se libran de este error los Ingenieros—que al hablar de la cuestión que ahora me ocupa sólo se piensa en la cultura científica necesaria para el desempeño de la función técnica, y á esto se debe que en el público y en la Prensa, entre los Ingenieros y aun en los claustros de las Escuelas, se levanten con frecuencia voces que claman contra nuestro exceso de preparación teórica y muy especialmente contra nuestro excesivo bagaje matemático.

Desde su punto de vista la afirmación es cierta. La mayor parte de los Ingenieros, al trabajar en su profesión, abandonan los estudios puramente teóricos, sin que esto les impida cumplir satisfactoriamente en sus cargos, ni llegar á ser técnicos distinguidos y aun quizá eminentes. Todos podríamos citar Ingenieros de mediana cultura teórica que, por la importancia y el éxito de sus trabajos, son honra del Cuerpo á que pertenecen y de toda la ingeniería española. Y es natural que así suceda. Un Ingeniero, por ejemplo, que dirige la explotación de un ferrocarril, necesita, para elegir un tipo de locomotora, tener idea clara de las condiciones á que debe satisfacer; pero no necesita conocimientos muy profundos de Mecánica, ni un dominio completo de la Termodinámica; más útil le será, para proceder acertadamente en su elección, consultar los catálogos de las principales casas constructoras é informarse acerca de las garantías que cada una de éstas ofrece. Ni tampoco el Ingeniero de la casa constructora, el que ha de proyectar la máquina, necesita ser un pozo de ciencia; con saber manejar un formulario, la regla de cálculo y los útiles de dibujo le bastarán para su trabajo.

Pero no se puede olvidar que en los datos, en las fórmulas, en las tablas y en las reglas prácticas del formulario se ha comendado el resultado útil de profundos y prolijos estudios teóricos. Los Ingenieros beneméritos que los realizaron son los padres y maestros de la ingeniería moderna. Ellos son los que han forjado las herramientas de trabajo de los Ingenieros; los que han creado las técnicas profesionales que permiten, á quien sabe aplicarlas, obtener con pequeño esfuerzo prodigiosos resultados:

Estas técnicas están en evolución constante. En todos los países del mundo civilizado numerosos hombres de ciencia se afanan por desarrollarlas y perfeccionarlas. No es posible pensar que deliberadamente nos neguemos nosotros á colaborar en este trabajo. Sería rebajar voluntariamente nuestro prestigio; sería decretar nuestro perpetuo atraso, porque las novedades tardan en difundirse y siempre allí donde surgen es donde primero se utilizan; sería afirmar nuestro propósito de seguir sometidos á la tutela de los extranjeros, que nos envían ciencia ya fabricada y nos imponen sus ideas sobre cosas y personas de tal manera, que si un español tiene algo nuevo que proponer necesita casi siempre, para que le atiendan en España, llevarlo antes al extranjero á que le pongan el visto bueno.

No podemos querer esto, y entonces ocurre preguntar: ¿Tenemos sobrada cultura científica ó, por lo menos, la suficiente para contribuir á esta labor?

Yo creo que no la tenemos.

Seríame imposible, y es además inútil ó, por lo menos, insuficiente para demostrar la exactitud de esta opinión, comparar los programas de las escuelas españolas con los de sus homólogos del extranjero. Pero hay un dato importantísimo que salta á la vista: la escasez de nuestra producción científica. Y no he de insistir en este punto, poco grato para nosotros, porque supongo que estamos todos de acuerdo.

Verdad es que esa escasez no depende sólo de la enseñanza. La falta de ambiente, la poca ó ninguna recompensa que aquí encuentran con harta frecuencia los trabajos puramente científicos y la carencia de medios para realizarlos, constituyen obstáculos considerables, aunque—justo es reconocerlo—algo se ha ganado en este terreno durante los últimos años.

Pero esto no destruye el argumento. ¿Queremos aumentar y perfeccionar nuestra producción científica? Pues bueno será elevar nuestro nivel científico sin perjuicio, por supuesto, de acudir á todos los otros medios que contribuyan más ó menos directamente á conseguir el mismo fin.

* *

Esta afirmación impone una consecuencia ineludible: *es necesario ampliar las enseñanzas teóricas de nuestras escuelas.*

Tal necesidad me parece evidente; pero también es indudable que ni podemos satisfacerla sin aumentar la duración de los estudios, ni sería prudente ese aumento, cuando ya exigen ocho ó nueve años ó imponen penosos sacrificios á los alumnos y á sus familias.

No cabe más que una solución para resolver la dificultad: prescindir de la uniformidad que en esto de la cultura científica se ha querido establecer entre todos los Ingenieros; ya que sólo un número reducido de entre ellos ha de dedicarse á la investigación científica, no les obliguemos á todos á prepararse para esa labor; no impongamos á los que sólo desean ejercer la profesión una carga inútil; no les atiborremos el cerebro de fórmulas, teorías y elucubraciones que nunca han de aplicar, á costa quizá de no completar todo lo necesario su preparación práctica. Y, en cambio, demos facilidades de todo género á los que, sintiéndose con aptitud y vocación para ello, quieran profundizar en los estudios teóricos; procuremos, dentro de la gran unidad que constituye la ingeniería española, crear dos tipos diferentes: el del profesional, constructor, organizador, director de trabajos, y el del científico, hombre de gabinete y laboratorio, investigador que procura aumentar nuestros conocimientos, ó vulgarizador que los organiza y expone en la cátedra ó en el libro.

Claro es que los dos tipos han de aparecer siempre más ó menos mezclados, sin que sea posible establecer una línea divisoria

bien marcada. Esto—pensaréis quizá al escucharme—es lo que existe actualmente: cierto que sí; pero existe porque es inevitable, porque lo impone la naturaleza de las cosas; existe á pesar de nuestra tendencia á obtener la uniformidad.

Pues, á mi juicio, sería muy conveniente no contrariar, sino favorecer esa división, que es natural, que es necesaria, que obedece á las diferentes aptitudes, vocaciones y caracteres de los individuos.

Pero no se entienda que quiero establecer una clasificación entre los intelectuales.... y los otros. Es verdad que se distinguirían los dos grupos por sus caracteres mentales; serían diferentes; pero eso no quiere decir que uno de ellos hubiera de ser necesariamente superior al otro.

Ni creo, por ejemplo, que quien estudia un sistema mecánico y determina las condiciones de su movimiento, tomando en cuenta sus enlaces, las masas y velocidades de las partes que le componen, las fuerzas exteriores que sobre él actúan, etc., demuestre, por eso sólo, ser más inteligente que quien proyecta y dirige una obra, venciendo las dificultades técnicas que ofrezca y teniendo en cuenta, además, los intereses de la Empresa, las circunstancias de lugar y tiempo, las aptitudes, las condiciones morales, los intereses y hasta las pasiones de sus subordinados, y tantas otras causas como influyen en la marcha del trabajo y deciden con frecuencia del éxito.

Sería necesario, si hubieran de tomarse en cuenta estas indicaciones, reformar hondamente nuestro plan de estudios.

La enseñanza técnica—que forzosamente habrían de recibir todos los Ingenieros—podría dejarse á cargo de las Escuelas actuales, reduciéndola en la parte teórica á lo que se juzgue necesario para el ejercicio de la profesión.

Y se crearía una *Escuela de Ampliación*, en la cual podrían perfeccionar su cultura científica aquellos Ingenieros á quienes su vocación les llevara por ese camino.

* *

Además de simplificar la enseñanza teórica en las Escuelas técnicas, sería necesario revisar cuidadosamente sus programas y redactarlos de manera que no se sacrifique la *intensidad* á la *extensión*.

Nos hicieron estudiar cuando éramos alumnos, y temo que siguen haciendo estudiar á nuestros futuros compañeros, muchos detalles inútiles. Se abusa con frecuencia de las descripciones minuciosas. La parte descriptiva es importantísima, es imprescindible; nadie puede pensar en eliminarla de nuestros programas; pero debe evitarse que adquiera desarrollos inconsiderados, que se describa por describir, olvidando que el fin principal de la enseñanza es imbuir ideas generales á los alumnos y no recargar su memoria con noticias referentes á casos particulares.

El Ingeniero ha de tener conocimiento de las máquinas ó aparatos que está llamado á manejar; pero basta describírselos en forma esquemática, porque á él sólo le interesa darse cuenta de su utilidad y aplicaciones. No hay razón ninguna que le obligue á estudiarlos detenidamente, sin perdonar detalle de construcción. Para entenderlos basta un esquema; para familiarizarse con su manejo huelgan todas las explicaciones, y siempre tendrá que acudir á la práctica.

También es de necesidad describir obras de ingeniería á modo de ejemplos, que ilustren la exposición de los principios fundamentales de las diferentes técnicas, que den á conocer la forma en que esos principios han recibido aplicación práctica; pero bastará que la descripción ponga de manifiesto aquello que la obra tenga de característico, aquello que pueda ilustrar la aplicación de una regla general. Entre las causas que más con-

tribuye á dar á ciertas asignaturas el carácter memorista, que no pocos Ingenieros señalan, ocupa lugar preferente el afán de considerar á veces estas descripciones como verdaderas monografías, cada una de las cuales ha de suministrar al alumno todos los detalles de una obra: los interesantes y los que no tienen interés ninguno.

Yo tuve que aprender de memoria muchos puentes, muchos taquímetros, brújulas y niveles, muchos faros, y, en fin, muchas obras, máquinas y aparatos de diferentes clases, con detalles excesivos que había olvidado antes de terminar la carrera, y no me produjeron más beneficio que hacerme trabajar y perder el tiempo miserablemente.

Hay que evitar que esto siga.

Lo que más importa no es la erudición técnica del Ingeniero; es la orientación de su inteligencia. Un Ingeniero y un abogado difieren por las cosas que cada uno sabe; pero difieren también, y esta diferencia es mucho más honda, por su complexión mental, por la mayor facilidad que cada uno de ellos encuentra al discutir acerca de las cuestiones relacionadas con su profesión; aunque sean cuestiones completamente nuevas para ambos y no requieran para su estudio el auxilio de la erudición.

La misión principal de la enseñanza no ha de consistir en amueblar copiosamente la memoria de los alumnos, sino en educar su inteligencia; es preciso que éstos entiendan las ideas fundamentales, se familiaricen con ellas y se acostumbren á manejarlas; que se las asimilen y las tengan como ciencia propia, adquirida por su propio esfuerzo, y no meramente como noticias recogidas en los autores.

Poco importará, por ejemplo, que un alumno de Mecánica racional no sepa formular las ecuaciones canónicas del movimiento de un punto ó de un sistema *holónomo*; podrá pasar que esté flojo en el manejo del cálculo infinitesimal y no sepa plantear ó resolver analíticamente problemas un poco complicados; pero es indispensable que tenga idea muy clara de los conceptos de masa, fuerza, aceleración, fuerza viva, cantidad de movimiento....; que penetre el sentido y el alcance de los teoremas fundamentales: el de las velocidades virtuales, el principio de d'Alambert, la equivalencia entre el trabajo y la fuerza viva....; y que todas esas nociones se incorporen indisolublemente á su pensamiento, de manera que, aun inconscientemente, las tenga siempre en cuenta. Así sus intuiciones serán generalmente acertadas, y esta es, á mi entender, la primera condición del Ingeniero.

Se le presentan con frecuencia problemas imprevistos que surgen de la marcha misma de los trabajos ó de accidentes que pueden ocurrir en ellos, problemas que no dan tiempo á pensar ni á consultar, que tiene que resolver sobre el terreno por impresión, fiando en su golpe de vista, es decir, intuitivamente.

Pero aun cuando se trata de proyectar obras de importancia, la intuición es absolutamente necesaria.

Los problemas de la ingeniería no son, en general, como aquellos problemas matemáticos que sólo admiten un reducido número de soluciones ó quizá una sola. Casi siempre, al estudiar un proyecto, cabe seguir varios caminos ya conocidos y muy apartados tal vez unos de otros, y aun se puede, si la ocasión lo requiere, buscar otros nuevos, y luego, dentro de cada uno de ellos, todavía se encuentran á cada paso bifurcaciones que permiten cambiar más ó menos el itinerario.

Cada problema ingenieril admite un gran número, un número indefinido de soluciones; no han de examinarse todas; es necesario que previamente por intuición— se determine cuáles son las más ventajosas, las que merecen ser tomadas en cuenta. Y esta selección previa es de importancia decisiva.

Es fácil luego, aunque enojoso, aplicando los métodos conocidos, estudiar detenidamente una á una todas las soluciones elegidas; pero si la selección primera no fué acertada, el resultado final será una equivocación estudiada con todas las reglas del arte.

Respecto al carácter que debe tener la enseñanza de las matemáticas en las escuelas profesionales, muy poco he de decir esta noche. Claramente se deduce de todo lo que precede que esta enseñanza, lo mismo que las otras de carácter puramente teórico, ha de reducirse á lo que se juzgue estrictamente necesario para las aplicaciones usuales en la práctica de la carrera.

Todo Ingeniero debe estar en condiciones de leer con facilidad los libros de su profesión, y debe también poseer conocimientos matemáticos sólidos, aunque muy elementales, sobre todo de Geometría, de Análisis y de Mecánica, para estudiar, formular y redactar sus proyectos. Además necesita familiarizarse con las operaciones de Aritmética y Algebra, con la Estática gráfica, con el empleo de la regla logarítmica y de toda clase de tablas y nomogramas, para tener seguridad y rapidez al ejecutar los cálculos numéricos.

También le son indispensables las matemáticas, como gimnasia intelectual; pero, aun desde este punto de vista, le bastará con las elementales. Ha de ser un hombre práctico; ha de discutir sobre realidades; los conceptos que sirvan de base á sus razonamientos—representación directa de los elementos naturales—serán sencillos y fáciles de entender. Para discurrir sobre ellos necesita solidez más que sutileza de entendimiento. Bástale comprender las teorías matemáticas, porque su misión no es aquilatarlas ni perfeccionarlas, y así podrá ser inútil y hasta contraproducente á veces exagerar el respeto al rigor científico é introducir en nuestras escuelas teorías y métodos muy alambicados.

Paréceme que, ateniéndose á las indicaciones que anteceden, no sería difícil, sin perjuicio de la enseñanza—antes al contrario, haciéndola más prácticas y eficaz—acortar considerablemente los estudios en las escuelas profesionales.

Saldrían de ellas los Ingenieros preparados para el ejercicio de su profesión, y ese camino seguirían casi todos; pero algunos, aficionados á los estudios puramente científicos, desearían ahondar más en ellos, y es necesario darles toda clase de facilidades en su noble propósito, y aun estimular con empeño su afición.

Ese será uno de los principales objetos de la escuela de Ampliación que propongo, y acerca de la cual presentaré luego algunas consideraciones.

Todo lo que llevo dicho relativamente á la enseñanza técnica puede resumirse en tres consejos.

Aligerar todo lo relativo á detalles y casos particulares.

Insistir en los principios fundamentales. No basta que los alumnos los recuerden, no basta que los entiendan; es necesario que los manejen, hasta que lleguen á aplicarlos *intuitivamente*, lo mismo que un buen obrero maneja la herramienta, sin pensar en las reglas que le enseñaron durante su aprendizaje.

Exponer en forma elemental las teorías científicas con la amplitud necesaria para estudiar *analíticamente* los problemas corrientes de la profesión y hacer que los alumnos se ejerciten en aplicarlas, hasta que se familiaricen con ellas.

**

Sentiría dar ocasión con todo lo que precede á que se me sumara con los detractores de la Escuela de Caminos y de las otras similares.

Creo que todas ellas han prestado grandes servicios, y quien

no lo piense así deberá negar al mismo tiempo la aptitud profesional y la competencia de los Ingenieros españoles que en ellas se han educado.

Tengo respeto y cariño á esas Escuelas en que se ha formado nuestro pensamiento, y por eso mismo, lejos de proponer su destrucción, pido que se perfeccionen, pido que se introduzcan en ellas las reformas necesarias para adaptarlas al nuevo plan de enseñanza de la ingeniería. Y quien pide reformas, forzosamente ha de señalar y aun ha de poner de relieve los defectos que pretende corregir.

Antes de abandonar este terreno he de proponer una innovación, que quizá no encaja perfectamente dentro de nuestro asunto, pero tiene estrecha relación con él. Las Escuelas podrían fácilmente—por una extensión natural de sus funciones—llenar una necesidad apremiante: formar una bibliografía para uso de los Ingenieros.

Está bien que no se recargue la memoria de los alumnos; pero es preciso, en cambio, darles noticias de todo lo más importante que se ha escrito acerca de las materias que estudian, para que sepan á qué libros ó revistas pueden acudir en consulta cuando les sea necesario. Estas noticias no podrían limitarse á indicar el título de cada obra y el nombre de su autor; contendrían, además, un índice razonado y un juicio crítico; en suma: una reseña bibliográfica bastante completa para que cada uno pudiera juzgar de su utilidad con relación al asunto que le interesa.

Reuniendo luego, á fin de curso, las reseñas de todos los profesores, podrían las Escuelas publicar anuarios bibliográficos de incuestionable valor para los Ingenieros, á quienes evitarían ó facilitarían en gran manera el trabajo de rebusca en las bibliotecas.

Completarían así las Escuelas su misión: después de haber enseñado á sus alumnos, después de haberles capacitado para obtener el título de Ingeniero, seguirán ayudándoles constantemente, guiándoles y aconsejándoles, allanándoles las dificultades que encontraran en el ejercicio de su carrera.

Esta bibliografía no puede sustituirse con ninguna otra. Escrita con entera independencia, sin esperanza de lucro, por redactores de competencia extraordinaria, cada cual en la materia que tratara, no sólo en cuanto al fondo de la misma, sino también en cuanto al modo de exponerla y á las necesidades de los Ingenieros, tendría una autoridad insuperable y nos inspiraría á todos una confianza que difícilmente podríamos conceder á otras publicaciones análogas.

La creación de estos anuarios no representaría un aumento sensible de trabajo para los profesores. Ellos, en cumplimiento de su cargo, cuidan, sin duda, de estar al día, como vulgarmente se dice; de leer todo lo más importante que se escribe y de extractar aquello que juzgan más útil para incorporarlo á su enseñanza, pues nada les costará escribir unas pocas cuartillas al año dando cuenta del resultado de sus lecturas.

Por otra parte, las escuelas mismas serían las que mayores ventajas obtuvieran de la publicación de estos anuarios. Ellos les servirían para vivir en más íntimo contacto con todos los Ingenieros, y aunque por modo indirecto, para poner de manifiesto su trabajo, que quizá no se aprecia siempre con justicia, por no ser bastante conocido.

Y aun obtendrían otro beneficio, porque esa obligación de colaborar en el anuario podrían utilizarla en ocasiones para eliminar elementos perjudiciales, que alguna vez, aunque por excepción, pudieran entrar en sus claustros: algunos seudoprofesores que se propusieran ocupar las cátedras con fines extradidácticos, tomándolas por comodín para aguardar otra colocación

más de su gusto ó disfrutándolas, á modo de sinecura, sin ocuparse de novedades y limitándose á señalar y tomar la lección por el libro.

Además—si queremos tomar en serio estas cosas de la enseñanza—los anuarios podrían dar lugar á que intervinieran, aunque indirectamente, en ella los especialistas en cada materia, enviando noticias ó presentando observaciones al profesor encargado de explicarla.

Y de cualquier modo que se considere, la publicación de los anuarios facilitaría los trabajos técnicos, contribuiría á aumentar nuestra cultura, ensancharía el campo de acción de las escuelas y aumentaría su autoridad y su prestigio.

*
* *

La Escuela de Ampliación á que antes me he referido debería ser una sola para todos los Ingenieros. Lo que es privativo de cada una de ellas se habría expuesto ya en la Escuela correspondiente; la de ampliación se dedicaría á la cultura científica, y ésta puede ser la misma para todos los Ingenieros.

No me sería posible, ni es necesario tampoco, indicar aquí nada concreto acerca de los programas de estos nuevos estudios. Versarían—es evidente—sobre las matemáticas y sobre las ciencias físicas y naturales principalmente, y habrían de distinguirse de los universitarios por el mayor desarrollo que se concediera á las teorías en que se fundan las aplicaciones técnicas, sacrificando algo, cuando fuera necesario, aquellas otras que no tienen trascendencia práctica.

El claustro de esta Escuela de Ampliación se constituiría con hombres de ciencia eminentes, fueran ó no Ingenieros, sin exceptuar, por supuesto, ni á los profesores de las escuelas especiales, ni á los catedráticos de la Universidad, y aun creo que podríamos, sin humillación, traer—como se ha hecho en países muy adelantados—profesores extranjeros cuando se juzgara necesario.

De todos modos, y como quiera que se organizara esta escuela, lo esencial, lo indispensable sería que se procediera con absoluta honradez científica, con entera sinceridad; que se pensara únicamente en preparar Ingenieros capaces de contribuir con sus trabajos y sus investigaciones al progreso científico ó de exponer en forma didáctica y propagar entre nosotros los conocimientos necesarios para realizarlo.

Yo conozco nuestra falta de iniciativa en asuntos de esta índole, debida á modestia mal entendida, que les hace retraerse á muchos creyendo que su deseo de contribuir á una obra útil y desinteresada ha de tomarse por afán de notoriedad, ó al pesimismo, que persuade á otros de la inutilidad de todo esfuerzo, ó también quizá, en ocasiones, á egoísmo y pereza, sencillamente.

Yo sé lo difícil que es mover el ánimo de una colectividad, sobre todo si quien lo intenta no tiene el don de persuadir y convencer. Temo que mi proyecto os parezca un sueño y encontréis algo ridículo oírme hablar de él como de una cosa realizable. Y, sin embargo, yo por tal le tengo; creo que si merece vuestra aprobación y le apoyáis con voluntad decidida, puede realizarse, y por eso insisto en que, si se realizara, el Instituto debería atender con especial interés á esta cuestión que nos ocupa.

Porque como la *Superioridad*, según decimos en estilo oficinesco, no concede siempre á los asuntos puramente científicos toda la atención debida, si nosotros no cuidamos de que en la organización de la Escuela de Ampliación se atienda ante todo y sobre todo á las necesidades de la enseñanza, será fácil que en vez de crear un Centro que fomente nuestra cultura y sea factor poderoso en el desarrollo de la riqueza de nuestra Patria, se cree un nido más para algunos señores aficionados á cobrar cómoda-

mente un sueldo en Madrid, y también una nueva fábrica de títulos para los que quieran lucir á poca costa una patente oficial de sabios.

Nada puedo decir ahora de la organización administrativa de esta Escuela, de la admisión de alumnos, de los beneficios que éstos podrían conseguir y de otras muchas cuestiones que sería necesario tener muy en cuenta si el Instituto creyera útil entrar en el estudio de este asunto.

*
* *

Tan importante ó más que la cuestión de la enseñanza es para el Estado la de los exámenes, que frecuentemente se confunde con ella, pero es en realidad cosa muy distinta.

El Estado puede abandonar y abandona, como es sabido, algunas veces, la enseñanza, dejándola entregada á profesores particulares; pero necesariamente ha de examinar por sí mismo la competencia de los candidatos, antes de concederles un título en que esta competencia se garantice.

Cuando yo estudiaba, sufríamos, á fin de curso, un examen oral en cada asignatura. El Tribunal se componía del profesor de la misma, que hacía las preguntas, y otros dos señores que, salvo en casos excepcionales, se aburrían grandemente escuchando cosas que no les importaban. El resultado práctico era—y esto yo no lo censuro—que el profesor, teniendo en cuenta el trabajo de cada alumno durante todo el año y el resultado del examen, procedía á la clasificación de aprobados y suspensos. Al cabo de cuatro ó seis años, aprobando tres ó cuatro asignaturas en cada uno de ellos, recibía uno el título de Ingeniero.

No había examen de fin de carrera. Nada se hacía para averiguar si el alumno, al final del último año, recordaba mucho ó poco lo aprendido en el primero; si se había formado una idea de conjunto, dándose cuenta del fin á que tienden todos los conocimientos adquiridos, ó si comprendía la utilidad ó importancia de cada uno de ellos y estaba en condiciones de aplicarlos.

Algo se va cambiando en esto, pero vamos muy despacio. Yo creo que se impone una transformación radical. Es preciso que se desliguen por completo estas dos funciones esencialmente diferentes: *enseñar* y *examinar*. Es preciso que los exámenes, ó mejor el *examen único*, sea lo que lógicamente debe ser: una averiguación de si el examinando está ó no en condiciones de ejercer su profesión, sin que se conceda importancia ninguna á que sepa ó haya sabido anteriormente repetir las explicaciones que escuchó á sus profesores ó leyó en los libros de texto.

El Estado tendrá un programa para cada carrera; una escuela ó varias donde se explique ese programa, y un Tribunal que, con arreglo á él, juzgue á los que aspiren á profesarla. Pero ese Tribunal, cuya única misión ha de ser examinar, no se ocupará de saber cómo ó dónde adquirieron sus conocimientos los candidatos, no tomará en cuenta, ni aun tendrá conocimiento, á ser posible, de si han pasado ó no por la escuela oficial.

Este examen será muy diferente de los que ahora se usan. El Tribunal disfrutará de libertad completa para enterarse por todos los medios adecuados de si cada uno de los aspirantes sabe lo que debe saber y discurre como debe discurrir.

Importará poco que pueda ó no contestar de memoria á las preguntas que se le hagan. Examinarle será hacerle trabajar en circunstancias parecidas á las que ha de encontrar durante su carrera. Tendrá que dibujar, ejecutar cálculos, numéricos, algébricos ó geométricos, manejar aparatos de topografía y de laboratorio, esbozar anteproyectos y estudiar en ellos con detalle algún punto interesante; visitar obras, fábricas, talleres y laboratorios, y dar opinión acerca de ellos y acerca de las operaciones que en ellos se realizan.

Los individuos del Tribunal, aisladamente unas veces y otras veces todos juntos, hablarán y discutirán con él acerca de todas las materias que ha de abarcar el examen; le pedirán juicio acerca de libros técnicos ó de artículos de revistas, ó acerca de proyectos y de obras construídas y en construcción.

En una palabra, el Tribunal se informará de su capacidad, de sus conocimientos técnicos y aun también de si posee la cultura general y las condiciones de trato de gente que deben exigirse á todo Ingeniero.

No pienso que este sistema de examinar ofrezca grandes dificultades.

¿El tiempo? Le habrá sobrado en todo el año para examinar treinta ó cuarenta aspirantes.

¿El dinero? Las cuatro ó cinco plazas que han de aumentarse para cada Tribunal se podrían economizar, sea en la escuela correspondiente, ya que se ha de simplificar la enseñanza, sea en otros Centros, donde quizá no hagan tanta falta. Y de todos modos, si fuera necesario, bien podría aumentarse algo el presupuesto. Ninguna finca tiene un Estado tan valiosa como los cerebros de sus ciudadanos; ningún dinero más reproductivo que el que se emplee en cultivarlo.

Tampoco cabe duda de que sería mucho más eficaz que los exámenes actuales. El procedimiento que ahora propongo le empleamos todos de preferencia cuando se presenta ocasión. Acaso cualquiera de vosotros, si como director ó consejero de una Sociedad se ve en la precisión de elegir un Ingeniero entre varios candidatos, ¿se fía de las notas que obtuvieron durante su carrera? De ningún modo. No los somete á examen porque no es posible; pero si los conoce, si los ha oído hablar de los asuntos que piensa encomendar á uno de ellos, no hay duda que la elección tendrá gran importancia, una importancia probablemente decisiva, la opinión que de ellos haya formado en estas conversaciones.

Y si tanta confianza tenemos en nuestro propio juicio, basado en informes deficientes, que recogimos al acaso escuchando á los Ingenieros á quienes juzgamos ó discutiendo con ellos, sin finalidad ni plan preconcebido, no podremos negar autoridad á un Tribunal cuyos miembros se habrán elegido por su reconocida competencia y que ha tenido medios de informarse todo lo que ha creído necesario para juzgar con conocimiento de causa.

*
* *

Voy á terminar, porque no quiero cansaros demasiado.

No soy tan temerario que crea lícito acometer una revolución profunda en nuestra organización escolar, partiendo de algunos principios radicales, más ó menos plausibles, sin examinarlos desde todos los puntos de vista y sin tener en cuenta todos los antecedentes que pueden ilustrar este magno problema.

He procurado únicamente, según anuncié al principio, removerle. No he querido presentar soluciones estudiadas y completas; he querido sólo exponeros algunas ideas que, si os parecen aceptables, podrán orientarnos al estudiar la cuestión.

Yo espero que otros compañeros más competentes se encargarán de esta labor si creen que el asunto merece la pena de discutirse.

Y sería sensible que no lo creyeran. Podrá pareceros desacerchado casi todo lo que os he dicho esta noche; pero en una cosa á lo menos estaréis conformes conmigo: en que nuestros procedimientos de enseñanza atraviesan una crisis muy honda. Y si esto es así, tampoco se os ocultará el interés capital que tenemos en resolverla, ni el papel importantísimo que corresponde al Instituto en su resolución.

No bastaría estudiar y proponer una solución. Será necesario

además buscar la manera de que esta solución, si se acepta, nazca con probabilidades de alcanzar larga vida.

Parece á veces que las escuelas especiales se han tomado por campo de experimentación. Constantemente están variando los programas, los Reglamentos, el número de años de carrera, las condiciones de ingreso, etc., y lo peor es que no se ve motivo para que esto acabe.

Los Ministros y Directores generales no tienen, no pueden tener de ordinario, competencia en el asunto; rara vez serán opuestos á las reformas; antes bien, parece que han de adoptarlas con gusto para dar muestras de actividad publicando Reales órdenes ó decretos en la *Gaceta*. Los Directores de las escuelas, por el contrario, suelen ser profesores eminentes, de gran competencia; tienen casi siempre ideas propias y no respetan, ni se les puede pedir que respeten, el régimen vigente si les parece equivocado, sólo porque le adoptó pocos años antes un señor que no tenía más autoridad que ellos.

En estas condiciones no es posible fundar nada estable. Cualquier organización que se cree nacerá sin autoridad y sin apoyo, de suerte que quien pretenda reformarla ó destruirla no encontrará en ello dificultad ninguna.

Es necesario salir de esta situación inaceptable. Es preciso que los Ingenieros españoles nos preocupemos seriamente, con empeño y constancia de la enseñanza de la ingeniería. Es preciso que estudiemos el asunto, que nos formemos una opinión, que la exponamos en forma *gacetable* y que procuremos imponerla. Pero esto no sería suficiente. Es preciso, además, que después de haber dado vida á la nueva organización sigamos ocupándonos de ella para corregirla, para perfeccionarla, y también, si es preciso, para defenderla con toda nuestra fuerza y nuestra autoridad. Esa autoridad sólo corresponde á este Instituto, que á todos nos representa, y difícilmente podría encargarse de otra labor más fecunda ó más interesante.

Mi único empeño está en convencerlos de que debéis emprenderla, á eso tiende en último término toda mi conferencia; si lo consigo tendré la convicción de haber realizado esta noche una obra útil, aunque no toméis luego en cuenta ninguna de las otras ideas que antes expuse.

Y para concretar más mi pensamiento formularé una proposición, pidiendo al Sr. Presidente del Instituto que me perdone si la presento fuera de tiempo y en forma inusitada:

Tengo el honor de proponer al Instituto de Ingenieros Civiles que nombre una Junta de carácter permanente encargada de estudiar y gestionar todo lo relativo á la organización de la enseñanza de la ingeniería en España.

CARRETERAS

III CONGRESO INTERNACIONAL CELEBRADO EN LONDRES, EN JUNIO DE 1913

MEMORIA

Redactada por los Ingenieros de caminos, canales y puertos, Ilmo. Sr. D. Rufo García Rendueles, D. Francisco Terán y Morales y D. Pedro Diz Tirado (1).

TERCERA PARTE

APLICACIONES

Examinadas atentamente las indicaciones que al conjunto de las carreteras se refieren, deducidas de cuanto en el III Congreso se ha discutido y acordado, se ve pronto que en lo relativo á ser-

(1) Véase el número anterior.

vicios dependientes del nuestro, de Obras públicas, es muy distinto el aspecto esencial del problema que tenemos planteado en España; dos consideraciones importantes así lo indican, y son las siguientes:

«La cifra media de consignación por kilómetro de carretera para conservación en España, es por lo menos la mitad de lo que en otras naciones se consigna como gasto anual.

»La reglamentación del peso á transportar sobre ruedas de determinado ancho es un hecho en la mayor parte de los países que dedican especial atención á la mejora de las carreteras. De tal modo, que citando un término medio se limita en general á 4.000 kilogramos la carga á transportar sobre carros de dos ruedas con llanta de 10 centímetros.»

En España no hay límite práctico, y es corriente transportar 4.000 kilogramos sobre llantas de 6 centímetros en igualdad de diámetro, y son muchos los casos en que se somete el firme á presiones mayores. Así, nuestras carreteras se ven cortadas por los carros y atendidas por una consignación escasa. Y como éstos son los dos factores que hay que modificar, si las carreteras nuestras han de mejorar, y como la cuestión de recursos señalada es causa en la que no podemos insistir, nos limitamos á hacerlo respecto de la reglamentación del transporte.

Lo complejo del asunto, los intereses, costumbres y medios ya creados, hacen que el formular un Reglamento y los medios de comprobación no sea labor fácil. Por otra parte, en el terreno técnico, aun están con carácter provisional las fórmulas de uso corriente, que los diversos elementos: peso, llantas, diámetro de ruedas, naturaleza del firme y fundación, enlazan y deben tenerse en cuenta.

Es por lo que, sin perjuicio de lo que en definitiva la Superioridad decida y ordene, el mejor Reglamento y modo de llevarlo á la práctica, juzgamos conveniente estimular el estudio del asunto por los Ingenieros, y previa la reunión de datos locales y propuestas de fórmulas á aplicar por las diferentes provincias, llegar luego, y con la urgencia que el caso reclama, á establecer el debido Reglamento y los medios de aplicarlo. Sin este factor, cuanto se haga, aun con gasto doble, será inútil para mejorar nuestra red de carreteras.

El desarrollo que en España va teniendo el automovilismo, tanto el llamado de lujo ó de coches ligeros, como el de camiones y coches pesados para viajeros, hace que no pueda dejarse de tener en cuenta estos medios de locomoción, que si no son como en otros países los que dominan por su número, tienen ya gran importancia y hay que esperar siga el aumento de automóviles circulando por las carreteras y la extensión por ellas de nuevas líneas de servicio de viajeros y de mercancías, por medio de coches de tracción mecánica.

Así, hay que preocuparse en España también de esa *seguridad de tráfico* reclamada en diferentes trabajos presentados al Congreso y dándole sentido amplio al título que comprende, las medidas á adoptar, son aquellas que á indicaciones de distancias y dirección, á señalamiento de obstáculos y puntos peligrosos, á la supresión de algunos y al arreglo de la carretera, se refieren. Son los aspectos en que más inmediata modificación, con respecto á lo actual, necesitan nuestras carreteras, poniéndolas de acuerdo con lo generalizado ya en la mayor parte de las naciones.

Debe estudiarse un nuevo sistema de indicaciones de dirección y distancia, aprovechando en lo posible los postes actuales, y adoptando placas con indicaciones limitadas, siendo recomendables los modelos experimentados en Francia, en el trayecto París-Trouville. Colocación de señales conforme á las indicacio-