

Ideas sobre reforma de la enseñanza técnica

POR

RAMÓN SALAS EDWARDS

La cuestión de la enseñanza de la ingeniería es demasiado compleja para pretender abarcarla entera.

Yo me limitaré a considerar uno sólo de sus aspectos; y si lo he elegido es porque le reconozco una gran influencia en la formación del Ingeniero y, porque la experiencia me ha permitido formarme una opinión respecto a él.

La cuestión a que me refiero es la investigación científica personal.

Esta tiene lugar durante los años del curso: 1.º en los problemas que son la aplicación de los conocimientos recientemente adquiridos; 2.º en los trabajos experimentales ejecutados también durante los años de estudio que confirman y completan esos conocimientos; 3.º terminados los estudios pero antes de recibir el título universitario en el desarrollo de una cuestión científica propuesta por el candidato y aceptada por la facultad, y 4.º en la confección de un proyecto de obra de ingeniería, propuesta también por el interesado.

No me referiré ni a las excursiones de estudio ni a los trabajos topográficos en el terreno.

Voy a tratar brevemente de cada uno de estos cuatro puntos y para no quedar en un terreno de divagaciones, me permitiré tener en vista la Universidad Católica, donde he sido profesor de Análisis Infinitesimal y Mecánica Racional y donde actualmente soy profesor de Hidráulica General. (Esta ciencia no incluye dentro de nuestros programas los ramos de aplicación tales como Agua Potable y Saneamiento, Hidráulica Agrícola y Trabajos Marítimos y Fluviales que están a cargo de los tres especialistas señores Calvo Mackenna, Lezaeta y Lira Orrego).

Creo que el mérito que puede tener una opinión viene de la experiencia del opinante, y en materias como las normas de enseñanza, expuestas a vanas declamaciones e improvisaciones peligrosas, conviene tener constantemente en vista la aplicación concreta de la doctrina pedagógica que se aconseja y su confirmación por la experiencia que es la verdadera maestra que deja subsistir sólo los planes de estudios eficaces.

La experiencia de una Universidad no siempre es aplicable a otras; aun dentro de la misma raza; y se ha de recelar de la trasplatación de procedimientos que dan felices resultados dentro de unas condiciones sociales; pero que cambiado el medio, la mentalidad, las tradiciones, pueden conducir a fracasos.

Para fijar ideas respecto a estas variables podría citar: el caracter personal de los estudiantes que frecuentan la Universidad, más o menos alegre o severo, disciplinado o revoltoso, trabajador o perezoso, movido por el honor o el deber, por el amor a la ciencia o por las necesidades materiales; el medio social a que pertenecen los estudiantes, que los hace trabajar para ser intelectualmente dignos de una posición que poseen o para adquirir una a que aspiran, para ser capaces de invertir su fortuna en industrias, empresas o contratos de construcción o para ser empleados públicos o particulares; la capacidad y formación intelectual de los alumnos, que son funciones naturalmente, de las condiciones de la raza, de la educación anterior en el hogar y el colegio y de la selección más o menos rigurosa que se verifica para su admisión en la Universidad y principalmente al final del primer año de estudios; el tiempo de que se dispone para estudiar, mayor naturalmente en los que no tienen necesidad de trabajar para vivir, para los que no hay otro límite que la higiene.

Creo que lo que he aprendido en las Universidades de Europa y Estados Unidos no se puede aplicar a nuestras Universidades sino haciéndole modificaciones que lo adapten a nuestro medio, y llego a creer que estas modificaciones hasta tal punto son función de las circunstancias individuales de cada Universidad, que han de variar de la Universidad Católica a la Universidad del Estado, y que han de ir continuamente evolucionando de año en año como los planes de estudio para no degenerar en formas arcaicas.

Finalmente creo interesante llamar la atención a una circunstancia importante que se observa en nuestro país.

No todos los que siguen estudios universitarios lo hacen para ejercer después la profesión. Así tiene que ser dentro del orden actual; pues la cultura de los estudios de humanidades no da un desarrollo intelectual suficiente y la corta edad en que éstos terminan permite un mayor cultivo de la inteligencia y lleva a los jóvenes a la Universidad para buscar sólo su cultura general, pues es evidente que el número de profesionales ha de ser sólo una fracción reducida de la sociedad.

Hasta ahora, principal y casi exclusivamente, la abogacía viene llenando esta función de educación universitaria general y creo que con grave perjuicio de los estudios de leyes propiamente tales; es cierto, sin embargo, que hay médicos que no ejercen ni han ejercido su profesión y que varios de nuestros partidos políticos han tenido y tienen presidentes y directores que son ingenieros que no ejercen la profesión.

Mientras no haya un curso universitario de cultura general destinado a los jóvenes que no van tras una profesión determinada, creo que conviene no olvidar

en nuestros cursos de ingeniería que entre los alumnos hay futuros hombres de negocios, futuros hombres de Estado, futuros economistas, futuros profesores, etc., que ahí deben ante todo aprender el método científico, el amor al estudio, el respeto a la ciencia y el criterio prudente, y que no conviene cerrar las puertas de los cursos de ingeniería a estos alumnos, pues el amor que tenemos a nuestra profesión y la estimación a nuestros colegas nos convencen de que estas actuaciones futuras de los ingenieros serán en beneficio de la patria.

Pero vuelvo al tema que me he propuesto de la investigación personal en los estudios de ingeniería, teniendo determinadamente en vista el curso de Hidráulica General de la Universidad Católica.

I. LOGIAS

Los problemas se resuelven en las pequeñas piezas que forman el tercer piso de la Universidad en el frente de Alameda; son más de veinte, están contiguas a la sección de la biblioteca universitaria destinada a la ingeniería y las denominamos *logias*, como a los 26 pequeños compartimentos de la célebre galería del Vaticano decorados por Rafael; pero la única decoración de éstos es su vista sobre la Avenida de las Delicias y el Cerro Santa Lucía.

En cada logia hay una pizarra y un tablero de dibujo.

Los alumnos se reúnen en una sala grande que hay al extremo de la galería y allí copian el enunciado detallado de la cuestión que se les propone, se agrupan enseguida de acuerdo con el profesor o el repetidor del curso, según sus conocimientos, sus aficiones científicas y sus amistades, de a dos o tres en cada logia.

Para formar una idea cabal, lo mejor es un ejemplo, hoy como todos los Miércoles, hubo logia de Hidráulica General.

A las 2 llegaron los 10 alumnos (en primer año, donde antes de la selección se acumulaban 40 alumnos, la tarea es más difícil) y oyeron el siguiente enunciado:

«Desde un punto A en que la cota piezométrica es 3 m., se ha de conducir agua a dos puntos B y C, que con el punto A forman un triángulo equilátero de 1 km. de lado. La cota piezométrica en B no ha de descender de 2 m., y la cota piezométrica de C de 1 m. El caudal que se extrae en B es $0.10 \text{ m}^3/\text{s}$ y el que se extrae en C también $0.100 \text{ m}^3/\text{s}$. Se pide calcular los diámetros de las cañerías y los presupuestos aproximados de ellas, aceptando \$ 100 por metro corrido y metro de diámetro, en las siguientes hipótesis: 1.ª se establece dos cañerías AB y AC; 2.ª se establece una cañería ABC; 3.ª se establece una cañería ACB; 4.ª se establece la malla AB, BC, CA y se adopta la pretendida solución más económica que anula la derivada del costo. Finalmente, suponiendo

establecida la malla, y llamando Q el caudal que va de B a C, se estudiará el costo en función Q y se dibujará un gráfico de esta función».

Los alumnos fueron a sus logias habituales, de donde sabían que no deberían salir sino a las 6, salvo una breve suspensión del trabajo para que puedan ir al comedor de la Universidad a tomar onces.

Esta holgada amplitud de tiempo importa mucho; pues evita toda precipitación nerviosa y también todo afán de terminar pronto para retirarse, pues los que concluyen antes de la hora, deberán tratar, además, alguna cuestión suplementaria relacionada con la principal.

El profesor circulaba de logia en logia, respetando en cada una la idea propia de los estudiantes, ayudándoles a marchar en el camino elegido por ellos y no forzándolos a entrar en otro aunque a su juicio fuera más sencillo.

Esta es la ventaja principal de los pequeños grupos: la investigación creadora que deja una enseñanza eficaz inolvidable, no sigue en todos las mismas vías: unos son analíticos, otros geómetros, unos van de un detalle a otro detalle y concluyen por una síntesis de la cuestión, otros llegan primero a ideas de conjunto y las detallan enseguida.

El profesor ha de respetar la naturaleza hermosa en su variedad y no ha de pretender calzar a todos dentro de un mismo zapato chino.

Si hay un talento normal, se le dejará trabajar solo; no se permitirá a uno de rápida concepción, colaborar con otros cuyos lentos raciocinios son seguros, pero requieren más calma.

El profesor debe llevar estudiada completamente la cuestión propuesta, para apreciar el tiempo que requiere y para ver a qué observaciones educativas da ocasión.

La generalidad de los profesores que no han hecho todavía estudios de esta clase, caen en errores, creyendo que las cuestiones son más breves que lo que son en realidad y estimando que verdaderos problemas de acertijo, tienen algún mérito pedagógico.

La cuestión propuesta hoy, tiene el valor educativo de que convence a los alumnos de que está equivocada una solución, que en algunos libros se expone para calcular redes de malla, y que un examen superficial había hecho creer que conducía a la solución más económica, siendo a la inversa que conduce a la más onerosa.

Enseña a desconfiar prudentemente de raciocinios analíticos mal dominados y pone en guardia contra el peligro de los algebristas que se olvidan de tener constantemente en vista la realidad.

Los alumnos revisan y ponen en orden su trabajo, si así lo desean, pueden llevarlo a sus casas para mejorar su presentación y lo archivan en la biblioteca, en el legajo de cada uno, que contiene todos los antecedentes, que unidos al examen servirán para juzgarlos: interrogaciones escritas, trabajos de laboratorios, trabajos de logias, notas obtenidas en interrogaciones orales, etc.

Importa enseñar a redactar concisamente, pero sin sacrificar ni la precisión, ni la claridad, ni la forma.

Importa enseñar a llevar nota ordenada de lo que se va haciendo, para evitar el tiempo perdido en descifrar papeles revueltos y en confeccionar borradores.

No se ha de abusar del tiempo de los alumnos, dándoles un exceso de redacción para sus casas, pues cuando se pasa en la Universidad la mayor parte del día entre clases, logias y laboratorios, apenas alcanza el tiempo para estudiar lo necesario para estar continuamente al día en las clases y no hacer inútil la asistencia a ellas.

Y no se puede olvidar que los jóvenes que estudian demasiado, pierden en salud e inteligencia.

La suspensión del trabajo durante unos tres cuartos de hora, para que vayan todos juntos al comedor, tiene la ventaja del descanso y da ocasión para conversar y discutir con los compañeros sobre los méritos e inconvenientes de los métodos elegidos para resolver la cuestión; esta comparación la pueden realizar más tarde detenidamente los alumnos examinando los archivadores de los compañeros que están a disposición de todos y corresponde al profesor hacer algún prudente comentario al respecto en algunos casos.

II. LABORATORIOS

Respecto al laboratorio, determinaré también la exposición de mi opinión, siguiendo el trabajo efectuado el último Martes, en el Laboratorio de Hidráulica General.

No son citados a este Laboratorio, todos los alumnos, todos los Martes; sino que unos cuatro cada vez.

Trabajan desde las 2 hasta las 6.

El tema del trabajo experimental lo convienen el profesor y el repetidor de hidráulica y se les comunica a los alumnos al citarlos con algunos días de anticipación, para que tengan tiempo de revisar los conocimientos que crean relacionados y de conversar al respecto.

Al llegar cada uno se pone un traje de mezclilla azul y zapatones de goma para poder trabajar con libertad.

El tema fué el último Martes: experimentar con la cañería de 0,10 m. de diámetro haciendo pasar por ella un gasto ligeramente superior al de aprovechamiento ordinario de estas cañerías y otro inferior; determinar las cotas piezométricas en el estanque de alta presión, en tres puntos de la cañería y en el estanque de baja presión; comentar las medidas experimentales.

Las medidas de diferencias piezométricas las efectuaron mediante un piezómetro diferencial fijo usando para las presiones altas agua y aire y para las pequeñas agua y esencia de limón. Los gastos se determinaron por cubicación en un

estanque de palastro de 2 m³. El agua es mantenida en circulación mediante una bomba centrífuga accionada por un motor eléctrico.

El trabajo experimental, que también se ha de interrumpir para hacer onces, es sumamente lento; los temas de él han de ser reducidísimos si se quiere evitar la confusión y desmoralización que produce una tarea irrealizable.

Al Laboratorio asiste el Profesor, el Repetidor y el mecánico; este último para intervenir sólo en aquellas cuestiones para las cuales los alumnos no tengan destreza manual suficiente, tales como reparación de pequeños accidentes o en aquellas que salen del tema de experimentación con las que no conviene distraer la atención; tales como llenar previamente los depósitos con agua, ajustar las válvulas para evitar filtraciones, etc.

Las diversas medidas de diferencias de presión no resultan rigurosamente concordantes entre sí; esto constituye una buena enseñanza y da un criterio para saber hasta dónde merecen confianza las determinaciones experimentales.

El comentario de las experiencias es a veces tema de la logia siguiente y a veces es dejado para que los alumnos lo verifiquen en sus casas y lo presenten dentro de un breve plazo.

En el caso actual está aún pendiente; pero el grupo que operó anteriormente con una cañería de 0,05 m. de diámetro encontró una reducción a la entrada de $1,5 \frac{U^2}{2g}$ aproximadamente, que corresponde a la producción de la velocidad U y al ensanche brusco que sigue a la contracción de entrada, según la generalidad de los experimentadores.

Encontró además una pérdida de carga por metro corrido debida a los floteamientos, que es mayor en el trayecto cercano a la entrada como generalmente se indica y que después se reduce a su valor de régimen.

Esta pérdida es inferior a la que indican las tablas de Flamant, por ejemplo, para tubos en uso; pues el experimentado es casi nuevo, muy recto y sin juntas; pero coincide aceptablemente con los indicados por Blasius y Lang para estas condiciones.

El fruto pedagógico que busca el profesor en el Laboratorio es ante todo la formación del criterio; prudente para desconfiar de los decimales que en exceso acumulan habitualmente los estudiantes y algunos profesionales que no han experimentado; pero no escéptico como por reacción resultan muchos ingenieros y profanos al primer desmentido de la realidad.

Secundariamente, el Profesor y el Repetidor que están acompañando y observando a cada alumno, tienen muchas ocasiones de ir sugiriendo el método de estudio experimental y enseñando el difícil arte de observar.

Cuando incidentalmente se llega a dificultades y cuestiones que sorprenden al profesor y que él no sabe contestar, debe confesar llanamente su ignorancia, porque es la verdad y porque es una lección inolvidable para los alumnos que suelen creer que todo lo saben, o lo deben saber, o a lo menos lo pueden saber.

La estimación a que un profesor ha de aspirar se basa en la verdad de su amor a la Universidad y a la Ciencia y no en la reserva y en el misterio.

El mismo clásico traje azul que visten en el Laboratorio profesores y alumnos, es una lección de amor al trabajo, de respeto al obrero y de cristiana democracia.

III. LA TESIS

Llamamos en la Universidad Católica, la tesis, la cuestión científica que el alumno, previa la aceptación del Consejo de Profesores, ha de desarrollar como uno de los requisitos para recibir el título.

También para fijar las ideas, me referiré a las tesis elegidas en Hidráulica General; de una de ellas, la del señor Francisco Javier Domínguez, sobre el escurrimiento crítico y los marcos de angostamiento, tengo el gusto de dejar un ejemplar impreso en poder del Instituto de Ingenieros, para que pueda ser consultado por los que se interesen y para que quede en la biblioteca.

Actualmente está en trabajo la tesis de los señores Delaveau y Espinoza, sobre pérdidas de carga en codos y curvas, y la tesis de los señores Vial y Domínguez sobre el escurrimiento uniforme en cinco canales de regadío existentes en Rancagua, comparándolos antes y después de las limpiezas anuales.

En cuanto a los temas, creo que también se ha de llamar la atención a que los candidatos nunca preveen que los estudios son más difíciles, más largos, más costosos que lo que imaginan, y a que el mayor fruto se obtiene de un limitado programa estudiado a fondo y con calma.

El alumno que recién ha terminado sus estudios, está perfectamente preparado para estas investigaciones, su fresca cultura matemática, el entusiasmo de su juventud, la libertad de espíritu no entrabada todavía por la lucha de la vida, las mismas ilusiones del que comienza la jornada, todo contribuye a habilitarlo para ellas.

Estas investigaciones detenidas en un punto de la ciencia en que el futuro ingeniero va a saber todo lo que se sabe y tal vez algo más de lo que se sepa, dejarán, me parece, un eterno recuerdo de aliento y contribuirán a despertar o descubrir vocaciones.

Durante la confección de la tesis, que dura algunos meses, el alumno consulta al profesor o a los profesores o especialistas que crea útil y si el Laboratorio da ocasiones para enseñar, la tesis las ofrece en un campo más vasto, enseñando a consultar los autores, a hacer su crítica, a pesquisar los plagios y los extractos incompletos de unos sobre los estudios de otros.

En este trabajo se requiere el conocimiento de los idiomas, pues los estudios especiales recientes, raras veces están traducidos y aparecen muchas veces en revistas. La Universidad Católica exige para entrar el conocimiento del francés y el inglés, tiene clases de inglés voluntarias y tres años de alemán.

El examen de las tesis deberá ser muy detenido y respetuoso de parte de los

profesores designados para ello, pues en general, tendrán en la tesis, cosas que aprender.

IV. EL PROYECTO

Otro requisito exigido para dar el título de ingeniero, es el proyecto de una obra de ingeniería, más o menos difícil, según la magnitud de la tesis elegida y que se puede efectuar conjuntamente con ella.

Antes se exigía sólo un proyecto de obra.

Pero el proyecto de obra que es posible exigir a un alumno no puede ser de gran valor, porque un proyecto de importancia requeriría un personal auxiliar numeroso, y tal vez más de un ingeniero para realizarlo, y mucho tiempo.

Además, pretender que un alumno se haga cargo de un proyecto importante al que corresponderían en la vida práctica varios miles de pesos de gastos y un considerable honorario, es ponerse fuera de las condiciones reales.

Envolvería, finalmente, esto, una equivocada lección, pues los ingenieros no deben empezar su carrera haciéndose cargo de tales obras, sino trabajando en cosas sencillas o a las órdenes de otros, hasta que adquieran la experiencia, cuya maestra irremplazable es la vida.

Un proyecto sencillo, que al futuro ingeniero sea lógico exigirle como primer trabajo, es sin duda indispensable, para dar ocasión a una síntesis de conocimientos diseminados en los diversos ramos, y para poner en contacto con las realidades económicas de los precios y los jornales.

Estos proyectos, la Universidad Católica no los abandona en manos de los alumnos exclusivamente, sino que desde este año ha designado un profesor, don Jorge Lira Orrego, para que vaya guiando a cada alumno en su trabajo y contribuyendo con su experiencia a que se obtenga el fruto buscado.

Se reproducen así las condiciones reales, en que se comienza a trabajar bajo las órdenes de los jefes de más experiencia.

En cambio, de estas simplificaciones ha de tenerse un criterio severo para juzgar los proyectos, que en ningún caso deben ser aceptados como válidos para el examen si no son aceptables para su construcción efectivamente.

He terminado, señores, mi exposición de las investigaciones científicas personales que ha de efectuar el futuro ingeniero; pero no me atrevo a formular conclusiones porque encuentro esta cuestión demasiado difícil y en una evolución que no soy capaz de fijar en rígidas proposiciones.