



Valencia

37-C  
-----  
1406-2



21.839

SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZA SUPERIOR  
CIENTIFICA Y TECNICA





37-  
140

SEGUNDO SEMINARIO  
DE ENSEÑANZA SUPERIOR  
CIENTIFICA Y TECNICA

ABRIL 1960



R. 16465

M A D R I D

1 9 6 0

Depósito Legal M. 2.228 - 1961

ESTADES. Artes Gráficas - Evaristo San Miguel, 8. Teléfono 247 54 23 - MADRID

## PROLOGO

*Del 19 al 23 de abril de 1960 se celebró en Madrid el II Seminario de Enseñanza Superior Científica y Técnica, convocado, como el anterior, por las Direcciones Generales de Enseñanza Universitaria y de Enseñanzas Técnicas del Ministerio de Educación Nacional.*

*Continuación del I Seminario, celebrado también en Madrid, en el año 1959, respondió al mismo motivo que aquél; es decir, al establecimiento de contacto e intercambio de información y experiencia entre profesores de los distintos centros afectados, así como entre ellos y el personal de los Centros de Investigación relacionados con dichas enseñanzas.*

*Por ello fué invitado a participar en el Seminario todo el personal docente de las Facultades interesadas y de las Escuelas Técnicas Superiores, así como los investigadores y colaboradores de los Centros de investigación nacionales.*

*Los trabajos presentados, debidos a distintas ponencias y personalidades españolas y extranjeras, seguidas, en su caso, de la discusión correspondiente, constituyen la materia de esta publicación, en la que se han reproducido íntegramente las ponencias y conferencias en la forma en que fueron presentadas por sus autores, incluyéndolas en el mismo orden en que fueron expuestas. Las intervenciones incluidas en las discusiones fueron las presentadas por escrito por sus autores, faltando algunas de ellas por no haber llegado los textos correspondientes a esta Secretaría Técnica. Solamente en el caso de la ponencia sobre "Las enseñanzas relacionadas con la*

## SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

*energía nuclear" se ha incluido el resumen tomado por el profesor que actuó de secretario de la sesión.*

*Las reuniones se celebraron en los locales del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, y actuó como secretario técnico don Luis de Mazarredo, subdirector de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales..*



## P R O G R A M A

MARTES 19

*Tarde:*

Sesión inaugural presidida por el *Excmo. Sr. D. José Maldonado y Fernández del Toro, Subsecretario de Educación Nacional.*

1. «Puntos de vista sobre la educación científica de los ingenieros». Doctor F. Schultz-Grunow, Technische Hochschule, Aachen (Alemania).

MIÉRCOLES 20

*Mañana:*

Presidente: *D. Antonio Torroja Miret, Rector de la Universidad de Barcelona.*

Secretario: *D. Vicente Roglá Altet, Profesor de la Escuela T. S. de Ingenieros de Caminos.*

2. «La enseñanza de las Matemáticas en las Escuelas Técnicas Superiores». Don Angel Anón Díaz de Arcaya, Instituto Nacional de Ingenieros Agrónomos; don Wenceslao del Castillo, Ingeniero de Minas; don Angel González del Valle, Escuela T. S. de Ingenieros de Telecomunicaciones; don Miguel Jerez Juan, Escuela T. S. de Ingenieros Industriales; don Fernando Peña Serrano, Escuela T. S. de Ingenieros de Montes; don Antonio Pérez Marín, Escuela T. S. de Ingenieros Aeronáuticos; don Vicente Roglá Altet, Escuela T. S. de Ingenieros de Caminos.

Presidente: *D. José Antonio Artigas, Director del Instituto de Investigación y Ampliación Industrial.*

Secretario: *D. Sixto Rios, Facultad de Ciencias.*

3. «Las necesidades futuras de ingenieros, experimento sueco». Doctor Sven Moberg, Ministerio de Educación Nacional, Suecia,

SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

4. «Exposición de un método para el estudio de la demanda y oferta de ingenieros». Mr. Vermot Gauchy, Secretariat d'Etat aux affaires économiques, París.

*Tarde:*

Presidente: *D. José Pazó Montes, Director de la Escuela T. S. de Ingenieros Aeronduticos.*

Secretario: *D. Manuel Colomina, Instituto «Alonso Barba».*

5. «Organización de las prácticas de laboratorio y taller de los estudiantes de las Escuelas Técnicas Superiores». Profesor Ir. D. Dresden, Nijverheidsorganisatie T. N. O. (Holanda).

6. «Trabajos de fin de carrera». Don Eugenio Andrés Puente, Escuela T. S. de Ingenieros Industriales; don Luis de Mazarredo Beutel, Subdirector de la Escuela T. S. de Ingenieros Navales.

Presidente: *D. José María Otero Navascués, Presidente de la Junta de Energía Nuclear.*

Secretario: *D. Luis Fontán, Escuela T. S. de Ingenieros Aeronduticos.*

7. «La organización de las enseñanzas sobre energía nuclear en España». Don Armando Durán Miranda, Facultad de Ciencias; don Vicente Roglá Altet, Escuela T. S. de Ingenieros de Caminos; don Carlos Sánchez del Río, Facultad de Ciencias; don Juan Carlos Zabalo, Escuela T. S. de Ingenieros Industriales de Bilbao.

JUEVES 21

*Mañana:*

Presidente: *Don Juan Cabrera Felipe, Rector de la Universidad de Zaragoza.*

Secretario: *Don Antonio Canseco Medel, E. T. S. Ing. de Minas.*

8. «La enseñanza de la Física en las Escuelas Técnicas Superiores». Don Manuel Abad Berger, E. T. S. Ing. de Minas; don Luis Bru Vilaseca, Facultad de Ciencias Físicas; don Luis Fontán Abeytúa, E. T. S. Ing. Aeronáuticos; don Carlos Ortuño Medina, E. T. S. Ing. de Caminos; don José Pazó Montes, director de la E. T. S. Ing. Aeronáuticos; don Vicente Roglá Altet, E. T. S. Ing. de Caminos; don Luis Sainz Sanguino, E. T. S. Ing. de Montes; don Antonio de la Vega, E. T. S. Ing. Industriales.

## PROGRAMA

Presidente: Don *Vicente Gómez Aranda*, Facultad de Ciencias de Zaragoza.

Secretario: Don *Enrique Costa Novella*, Facultad de Ciencias de Valencia.

9. «La enseñanza de la Química en las Facultades de Ciencias y en las Escuelas Técnicas Superiores». Don *Carlos Abollado Aribau*, E. T. S. Ing. Industriales; don *Fernando Burriel Martí*, Facultad de Ciencias; don *Antonio Canseco Medel*, E. T. S. Ing. de Minas; don *Enrique Costa Novella*, Facultad de Ciencias de Valencia; don *Carlos Fernández Prida*, E. T. S. Ing. de Montes; don *Vicente Gómez Aranda*, Facultad de Ciencias de Zaragoza; don *Enrique Gutiérrez Ríos*, Facultad de Ciencias; don *Mariano Mingot*, E. T. S. Ing. Agrónomos.

### Tarde:

Presidente: Don *Modesto López Otero*, presidente de la Junta de la Ciudad Universitaria.

Secretario: Don *Fernando Casinello*, E. T. S. de Arquitectura de Madrid.

10. «El urbanismo y su enseñanza». Don *Roberto Terradas Vía*, E. T. S. de Arquitectura de Barcelona.

11. «La arquitectura como técnica». Don *Antonio Cámara*, don *Fernando Casinello*, don *Javier Lahuerta*, todos ellos de la E. T. S. de Arquitectura de Madrid.

## VIERNES 22

### Mañana:

Presidente: Don *Fernando Martín Sánchez-Julid*, Consejero Nacional de Educación.

Secretario: Don *Gaspar González González*, Facultad de Veterinaria de Madrid.

12. «La enseñanza de los temas relacionados con la Economía y la Organización de la Producción en las Escuelas Técnicas Superiores». Don *José Orbaneja y Aragón*, Escuela de Organización de Industrias de Barcelona; don *Fernán de la Sierra*, E. T. S. Ing. Industriales; don *Manuel María Zulueta y Enríquez*, E. T. S. Ing. Agrónomos.

13. «Tendencias actuales de la Enseñanza como consecuencia del desarrollo científico y técnico». Doctor *H. L. Haslegrave*, College of Advanced Technology, Loughborough, Inglaterra.

## SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

### *Tarde:*

Presidente: *Don José María Albareda, secretario del Consejo Superior de Investigaciones Científicas.*

Secretario: *Don Eduardo Ayuso, E. T. S. Ing. de Montes.*

14. «La investigación en los cursos de postgraduados en las Escuelas Técnicas Superiores, con referencia especial al grado de "Doctor of Philosophy"». Profesor R. L. Russell, University of Durnham, Inglaterra.

15. «El doctorado en las Escuelas Técnicas Españolas». Don Antonio Cámara, E. T. S. de Arquitectura; don Antonio Pérez Marín, E. T. S. Ing. Aeronáuticos; don Vicente Roglá Altet, E. T. S. de Ing. de Caminos; don Juan Santamaría, E. T. S. Ing. Agrónomos.

16. «Enseñanzas especializadas en Centros de Investigación». Don Mariano Aguilar, Instituto de Optica «Daza de Valdés»; don Faustino García Lozano, E. T. S. Ing. Agrónomos; don Enrique Gutiérrez Ríos, Facultad de Ciencias.

### SÁBADO 23

### *Mañana:*

17. «El personal científico y técnico ante una economía en evolución». Doctor Robert L. Clark, Organization Européenne de Cooperation Economique.

Resumen de las conclusiones del Seminario por don Luis de Mazarredo, secretario técnico del mismo.

Palabras del Excmo. Sr. D. Jesús Rubio, Ministro de Educación Nacional.

# PUNTOS DE VISTA SOBRE LA EDUCACION CIENTIFICA DE LOS INGENIEROS

F. Schultz Grunow



La íntima relación existente entre la vida moderna y el progreso científico proporciona una importancia creciente a que la educación de los técnicos sea esencialmente científica. Los lapsos que transcurren entre la aparición de un nuevo progreso en las ciencias y su aplicación a las necesidades de la vida humana se han hecho tan breves, que el ingeniero relacionado con estas nuevas aplicaciones debe poseer una capacidad considerable para poder dominar temas que no ha estudiado ni conocido antes.

Con frecuencia, estas aplicaciones suponen inversiones tan grandes o exponen en tal grado la seguridad pública, que sólo mediante una profunda enseñanza científica de los técnicos se pueden evitar desastres, pérdidas de bienes públicos o, incluso, del predominio político. Continuamente estamos oyendo hablar de grandes centros de investigación nuclear, de centrales de aprovechamiento de la energía atómica; casi diariamente vemos nuevos aviones y satélites con velocidades y características totalmente nuevas; se nos habla de automatización, de nuevos dispositivos electrónicos que permiten técnicas experimentales de una importancia decisiva para el progreso de la ingeniería. Incluso en los campos más clásicos de la técnica se han conseguido progresos que hubieran sido imposibles sin los conocimientos modernos sobre el estado sólido, la física del plasma, la cinética de las reacciones y las matemáticas. Por ello, las ciencias, y en particular la Física, y las Matemáticas, tienen cada día más importancia en la ingeniería, y así como antes estaban confinadas en los Institutos de investigación científica pura y en las cátedras de matemáticas y física de las Universidades y

Escuelas Técnicas Superiores, en la actualidad gozan de considerable estima en la industria. Esto no quiere decir que el ingeniero esté quedando desplazado. Su experiencia y preparación para la aplicación de los fenómenos físicos a las necesidades de la vida humana son insustituibles, pero se ha producido la necesidad de ampliar aún más su educación científica.

Es de todos conocido el gran impulso dado por Félix Klein a la técnica científica, impulso que ha hecho de la Universidad de Göttingen una metrópoli de las ciencias aplicadas. En ella se fundaron, en gran parte, la Física aplicada, las Matemáticas aplicadas y, por último —aunque esto no suponga que tenga menos importancia—, la Mecánica aplicada. Científicos y técnicos aprenden allí la aplicación de las ciencias a la ingeniería, y especialmente a partir de L. Prandtl, se han expuesto en dicho centro puntos de vista completamente nuevos sobre la resolución de los problemas científicos que se presentan en la ingeniería. La Física y las Matemáticas, por un lado, y la técnica, por otro, han ido convergiendo de forma que su unión se ha hecho cada vez más íntima. Antes, había una distinción clara entre ciencia pura y aplicada, pero en la actualidad el progreso de lo que antes se consideraba como ciencia pura tiene una influencia inmediata en el desarrollo técnico. Y así podemos ver cómo los matemáticos puros dedican sus actividades a las calculadoras electrónicas y a resolver problemas de movimientos de flúidos y gases; y lo mismo sucede con los físicos puros. Entrando así en campos cuyo planteamiento y desarrollo correspondía antes principalmente a los ingenieros. Pero, por otra parte, encontramos ingenieros manejando diestramente el cálculo operacional en problemas de movimiento de gases, aplicando la teoría de información a las operaciones industriales y resolviendo problemas no lineales de regulación en cuestiones de automatización con dispositivos electrónicos, con calculadoras, con problemas de temperaturas elevadas, aplicando la Física del estado sólido en el desarrollo de nuevos materiales, etc. Esta variedad del carácter de la ciencia ingenieril hace que la enseñanza científica de los ingenieros sea no sólo deseable, sino también obligada. La necesidad de ingenieros científicos va en aumento. Y así como la relación corriente entre los ingenieros académicos (o superiores) y los no académicos era antes, en Alemania, de 1 a 4, es ahora de 1:1.

Aunque esto demuestre que estamos entrando en una nueva fase de la ciencia ingenieril, la *Mecánica Aplicada* parece ser todavía el camino de la educación científica técnica. Y esto no sólo porque la mecánica sea la ciencia natural más antigua y porque el pensamiento racional moderno haya sido formado por ella, sino porque para un ingeniero que está habituado a pensar intuitivamente, la mecánica tiene la ventaja de ofrecer una relación directa con las experiencias de la vida cotidiana; y las concepciones formadas y explicadas de este modo intuitivo, así como los métodos desarrollados, no solamente son útiles para el estudio de los problemas propios de la mecánica.

Sabemos, por ejemplo, que el *concepto de fluido* se usa ampliamente en varias ramas de la ciencia. La ventaja de un medio continuo, o sea de un modelo teórico sencillo que permita el ser tratado por el análisis matemático hace que este concepto sea uno de los más útiles. Usamos este concepto inconscientemente cuando nos referimos al flujo de calor como algo en estado transitorio, tal como lo formuló Max Jakob en una conferencia sobre la relación entre la transmisión de calor y la mecánica. El concepto de fluido también es útil para explicar la conductividad eléctrica: el enjambre de electrones de un metal, aunque no sea un fluido ordinario, se comporta en muchos aspectos como tal. En la mecánica ondulatoria de De Broglie, la densidad en cualquier punto de un fluido que se mueve en el espacio representa la probabilidad de la presencia de una partícula en dicho lugar; concebimos, en este caso, un fluido de probabilidad. Conocemos también el modelo de gota del núcleo atómico formado por protones y neutrones, y sabemos que solamente existen fuerzas nucleares apreciables entre partículas adyacentes; el estado físico es, por tanto, semejante al de un líquido, de lo cual se deduce que el núcleo se mantiene unido por fuerzas de ligadura débiles. Finalmente, en los procesos termodinámicos irreversibles, el producto de los incrementos de entropía y la temperatura, que tiene dimensiones de energía, se concibe como la suma o integral de productos de flujos y fuerzas, siendo éstas, multiplicadas por alguna constante física, los gradientes de velocidad (o de temperatura). Con este concepto resulta evidente la correlación lineal entre flujos y fuerzas de las ecuaciones fenomenológicas establecidas por Onsager. Estos ejemplos indican cómo

la Mecánica Aplicada proporciona al estudiante el conocimiento básico de los conceptos empleados en todas las ramas de la ciencia.

Además, muchos de los métodos usados en Física fueron desarrollados primeramente en la Mecánica, y con frecuencia se han empleado los conceptos mecánicos para explicar fenómenos físicos.

Uno de estos métodos es el *análisis dimensional*, que es una de las herramientas más importantes para obtener relaciones básicas, aunque no permita la formulación matemática de las leyes que hacen al caso: se trata de las llamadas leyes de semejanza. En la introducción a este método se empieza generalmente con un modelo mecánico: el péndulo. Las primeras relaciones básicas se establecieron en el estudio de los movimientos de flúidos. Las expresiones bien conocidas de los números de Reynolds, Mach y Froude nos indican quiénes fueron los descubridores de este método, al final del siglo pasado. Von Karman dedujo con él la conocida ley logarítmica de distribución de velocidades en las capas límites turbulentas. Incluso puede decirse que hay leyes físicas que no son sino leyes de semejanza, como la ley de Avogadro de los gases y la ley de Wien, que expresan el desplazamiento que experimenta la radiación hacia longitudes de onda más cortas al aumentar la temperatura. También en la Química Física ha resultado ser muy útil este método para deducir correlaciones complicadas en la cinética de las reacciones.

Otro método importante es el de las *Analogías*, que tiene también su origen en la Mecánica. Se fundamenta en la identidad matemática de problemas físicamente diferentes, reduciendo así un problema a otro ya conocido, o a un problema que pueda interpretarse más fácilmente o tratarse experimentalmente con más facilidad que el problema original. El primer ejemplo de la primera clase de problemas se presenta en el teorema de Mohr, referente a la curva de deformación de una viga, que se relaciona con la curva correspondiente a una varilla cargada. El primer ejemplo de la segunda clase de problemas es la bien conocida analogía de la membrana de Prandtl, muy útil para la resolución de problemas torsionales. Como ejemplo más moderno puede citarse el método de concentrar, en los sincrotrones, haces de protones por medio de campos magnéticos alternativos. Gracias a este método ha sido posible alcanzar el elevado rendimiento que tienen los sincrotrones



modernos. La ecuación diferencial que expresa este proceso —la ecuación de Mathieu— es la misma que se aplica en la teoría de las vibraciones mecánicas con elasticidad variable y que fué formulada por primera vez en mecánica; un ejemplo bien conocido de estas oscilaciones es el péndulo invertido. Está claro que el conocimiento de la Mecánica puede haber facilitado enormemente este descubrimiento, en extremo importante, en la técnica de los sincrotrones.

Pero, como siempre sucede, en las ciencias aplicadas no basta con el conocimiento, ya que éste únicamente tiene valor en cuanto exista la capacidad necesaria para su aplicación. También desde este punto de vista la Mecánica Aplicada presenta muchas ventajas en comparación con otras disciplinas: el carácter intuitivo de sus problemas es lo que proporciona estas ventajas, sin que ello implique necesariamente la simplicidad, de manera que los métodos básicos pueden ser de aplicación a problemas que a primera vista parecen sumamente sencillos. En primer lugar, debe aprenderse a *plantear correctamente las cuestiones*. En el progreso de la mecánica lo decisivo no fué la evidencia que ofrecen sus fenómenos, sino la forma de plantear las preguntas desde el principio. Galileo dió base a las ciencias naturales variando la antigua pregunta aristotélica: «¿Por qué tiene lugar un movimiento?», en la pregunta «¿Cómo tiene lugar un movimiento?» En época reciente, L. Prandtl fué el primero que, en este sentido, dió a la mecánica una nueva forma, separando las influencias importantes de las menos importantes, alcanzando así una formulación matemática que resuelve los problemas con el necesario grado de exactitud. Los trabajos de Von Karman constituyen el mejor y más famoso exponente de lo que puede hacerse con la ayuda de una gran habilidad en el análisis matemático. Es indudable que hoy en día, en este siglo en el que las calculadoras electrónicas han elevado considerablemente las posibilidades de la matemática, resulta menos importante que antes el elegir correctamente lo que se debe y lo que no se debe despreciar. Pero, aún así, una comprensión exacta de los fenómenos físicos sólo puede conseguirse de esta forma.

La importancia de plantear las preguntas correctamente puede demostrarse por medio de dos ejemplos referentes a dos publicaciones que fueron consideradas de gran importancia para llegar a la comprensión de las anomalías de la viscosidad. En el primer

caso, un especialista famoso en el análisis tensorial moderno fundamentó su explicación acerca de las anomalías de la viscosidad en una extensión de la función disipatriz. Así como Newton las relacionaba linealmente con el segundo invariante del tensor de velocidad de deformación, él añadió una dependencia lineal con el tercer invariante. Los resultados obtenidos parecían estar de acuerdo con la experiencia. Pero no consideró que este término adicional, función discontinua de las velocidades de deformación, pudiese cambiar de signo, violando de esta forma el segundo principio de la termodinámica. Naturalmente, aquel científico se ofendería si se supusiese que desconocía tal principio: lo que este caso demuestra es que hacía falta aplicar algo más que conocimiento.

El otro ejemplo se refiere a un viscosímetro con paso cónico. Las ecuaciones de la cantidad de movimiento se expresaron en coordenadas esféricas, y a partir de las medidas se llegó a una conclusión básica acerca de la relación existente entre los esfuerzos medios. Sin embargo, en este caso, siendo plana una de las superficies de los límites, el método de las medidas de presión por medio de un orificio situado en la pared opuesta, no proporciona la presión que existiría en el caso de flujo radial, sino la correspondiente al movimiento plano. En realidad el flujo existente en la proximidad del orificio es el único que determina la presión. Teniendo esto en cuenta, el resultado que parecía ser de importancia fundamental, no era sino una identidad.

Tampoco en este caso resulta suficiente el conocimiento de las transformaciones de coordenadas ni el de los mecanismos de medición. Es preciso tener buen criterio y discernimiento, y esto no sólo para el trabajo experimental, sino también, como se acaba de ver para las consideraciones teóricas. Confirmándose así el antiguo principio de Descartes, según el cual la ciencia sólo se adquiere por medio del planteamiento correcto de las preguntas.

Pueden añadirse otros ejemplos de este principio. Cuando se presentó la cuestión de cómo podría aumentarse la velocidad de los aviones para llegar a sobrepasar la región subsónica, se encontró que la solución estaba en las alas en forma de flecha, con las que podrían evitarse las velocidades críticas, ya que en un perfil tiene una importancia predominante la componente normal de la velocidad. Para el vuelo transónico la regla de las áreas es de suma im-

portancia. Esta regla no se descubrió por la aplicación del conocimiento básico de la mecánica, sino mediante un análisis sistemático de datos experimentales referentes a la resistencia al avance. Lo que, desde luego, es un método sumamente interesante. Sin embargo, un segundo inventor encontró independientemente la misma solución apoyándose en los conceptos de la Mecánica Aplicada. De hecho, el cambio de perfil no supone en principio más que la sustitución del manantial que origina el flujo de desplazamiento por un dipolo. Como el dipolo no produce flujo de desplazamiento más que en la zona próxima a él, se reduce la energía absorbida por las ondas. Este caso sirve también de ilustración de cómo la manera específica de pensar que tienen los ingenieros está orientada por la Mecánica Aplicada. Podrían añadirse otros muchos ejemplos, tanto de resultados sorprendentes conseguidos por la aplicación correcta de los principios mecánicos como de planteamientos erróneos.

El hecho de que los métodos y principios básicos de las Ciencias Naturales se aprendan en su forma más evidente en el campo de la Mecánica Aplicada supone otra ventaja: la de evitar que el estudiante adquiera una especialización demasiado prematura. La *especialización* y el trabajo de equipo que lleva consigo, pueden resultar ventajosos en grandes compañías en las que exista una extensa plantilla de personal o al enfrentarse con problemas de interés nacional, como puede ser la exploración de nuevas fuentes de energía. Pero para los casos normales no debe olvidarse que la Ingeniería consiste en la combinación de cosas conocidas con otras nuevas, y que por ello la mayoría de los descubrimientos representan nuevas *combinaciones* de conocimientos propios de *diferentes ramas de la técnica y de la ciencia*. No hay morfología que pueda sustituir a la capacidad del cerebro humano para estas combinaciones y para encontrar nuevos puntos de vista.

También esto se puede aclarar con un ejemplo. La separación de isótopos, que sin duda constituye en nuestros días un problema de suma importancia, parece ser exclusivamente un problema de Química-Física. Pero para el especialista en Hidrodinámica resulta ser también un problema de Mecánica de Flúidos, desde el momento en que se dé cuenta de que por medio de un flujo convectivo puede multiplicarse el efecto de separación producido por la difusión térmica. Utilizando un disco que gira dentro de una

envuelta estrecha en reposo, el medio encerrado entre el disco y la envolvente queda sometido a un intenso flujo producido por la acción conjunta de las fuerzas de viscosidad y la centrifuga. Con lo que se forman dos capas límites: una inmediata al disco donde se produce un flujo dirigido hacia afuera y otra en la envolvente donde el flujo se dirige hacia el centro. Si el disco se enfría y la envolvente se calienta, incluso con diferencias de temperatura relativamente pequeñas —de unos  $200^{\circ}\text{C}$ —, las partículas pesadas se reúnen en los radios exteriores y las ligeras en los interiores. Haciendo funcionar este artificio de forma continuada se consigue un rendimiento mucho mayor que con los otros métodos conocidos: lo que antes se separaba en días se separa ahora en minutos. Otra ventaja de este método es que puede aplicarse también a líquidos, reduciendo las dimensiones del aparato a  $1/300$  aproximadamente del volumen que ha sido preciso dar a las instalaciones utilizadas para la separación de los isótopos del uranio en alto vacío.

Otro ejemplo más puede acabar de aclarar el método de razonar en Mecánica Aplicada. Recientemente un físico presentó una memoria con unos resultados experimentales de propagación de ondas longitudinales en una viga. Los experimentos demostraban claramente que cuando las ondas se originan por un impulso se producen dos clases de propagación. Al principio no pudo darse explicación alguna. Pero la aplicación del análisis de Fourier a este tipo de excitación mostró la existencia de un espectro continuo. Existen, pues, ondas cortas y largas. Las largas se propagan con la conocida velocidad de propagación a lo largo de la viga, pero las ondas cortas —cuyas longitudes son tan sólo una fracción del espesor de la viga— se propagan con la mayor velocidad de ondas conocida en un cuerpo elástico. La mecánica aplicada nos conduce, pues, a la conclusión de que la relación entre la longitud de onda y el espesor de la viga es el parámetro que rige en la propagación de las ondas.

La idea clásica de un medio continuo ideal en equilibrio termodinámico, que ha sido hasta ahora uno de los conceptos más fructíferos, ya no resulta suficiente. No solamente porque las velocidades supersónicas requieren que se consideren las reacciones y los efectos de relajación, sino porque también en el flujo a velocidades su-

mamente pequeñas de los materiales muy viscosos y plásticos se presentan notables desviaciones del concepto clásico de flujo de flúidos. Las anomalías de la viscosidad, ya mencionadas, la relajación de los esfuerzos y los efectos de las grandes deformaciones, son fenómenos desconocidos, ante los cuales el profesional educado en las ideas clásicas se queda un tanto perplejo. No es preciso insistir en que por ello la Mecánica Aplicada se encuentra más estrechamente unida que nunca a la Cinética de las Reacciones, la Cinética Molecular y la Física del estado sólido. Otra rama moderna relacionado con estos conocimientos y de sumo interés por sus aplicaciones prácticas es la Mecánica de los gases enrarecidos. La comparación de los puntos de vista y métodos desarrollados en las diferentes disciplinas dará ímpetu a nuevos descubrimientos y progresos, como consecuencia del efecto producido por las combinaciones antes mencionadas.

Fijándonos ahora en el comportamiento físico y químico de los materiales cuando éstos experimentan deformaciones, las ventajas que antes se han hecho notar de la Mecánica Aplicada se complementan con una visión más amplia de otras disciplinas dentro del campo de las ciencias naturales, realizada desde el punto de vista del ingeniero: lo cual es indispensable para su aplicación a fines prácticos. En esta línea se encuentran las técnicas experimentales cuya aplicación requiere un conocimiento de los aparatos electrónicos que hasta hace poco se reservaba a los especialistas.

Debido a este progreso parece imprescindible ampliar e intensificar la educación científica de los ingenieros. En este sentido el trabajo de mi Instituto en la Universidad Técnica de Aquisgrán se ocupa, por una parte, del flujo plástico y de gran viscosidad; y, por otra, del estudio del plasma mediante tubos de descarga. Un equipo, consistente en osciloscopios, contadores, dos interferómetros Mach Zender, un estroboscopio con 40 KHz, dos tubos de descarga para los números de Mach 12 y 25 con argón como gas utilizado en los ensayos, facilitan a los estudiantes la posibilidad de aprender los límites de la ingeniería y de familiarizarse con las modernas técnicas de medida. El trabajo realizado con este equipo comprende: relaciones adimensionales en movimientos de flúidos de viscosidad elevada; la transición de suspensiones desde el estado líquido al estado plástico por aumento de la concentración; el efecto de

separación en suspensiones; la explicación de la tixotropía; el flujo de materiales en dos fases, como el jabón; separación de isótopos; investigaciones sobre la ignición y la propagación de las llamas; la relajación de la ionización detrás de las ondas de choque; la difusión de electrones a través de las ondas de choque en sentido contrario al flujo; e investigación de la estructura de las ondas de choque desde el punto de vista de las anomalías de la viscosidad.

*Por estos medios el estudiante adquiere la capacidad necesaria para poder trabajar sin ayuda y sin una continua supervisión, aprendiendo fácilmente las nuevas cuestiones que aparecen en libros y revistas y de tal forma que sea capaz de aplicarlas. Así es como puede llegar a contribuir por sí mismo al progreso técnico y científico, y ponerse en condiciones de exponer sus conocimientos en discusiones y seminarios. Con ello alcanzará un nivel más elevado de experiencia o información del que hubiese podido conseguir limitándose a escuchar las explicaciones de los profesores en una universidad de post-graduados. Es evidente que la clase de educación que propugno no es la más adecuada cuando el número de estudiantes es grande. Desde el punto de vista de las estadísticas, de acuerdo con las cuales se necesitan más o menos ingenieros científicos y no teniendo en cuenta el número de personas que realmente están capacitadas para llevar a cabo estos cometidos, otros métodos se imponen. Debiéndose, si se siguen esas ideas, abandonar la educación constructiva y sustituirla por una educación informativa. Debo subrayar, no obstante, que ello no altera la importancia que tiene el seguir el método constructivo.*

## LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMATICAS EN LAS ESCUELAS TECNICAS SUPERIORES

Angel Anón Díaz de Arcaya  
Wenceslao del Castillo  
Angel González del Valle  
Miguel Jerez Juan  
Fernando Peña Serrano  
Antonio Pérez Marín  
Vicente Roglá Altet

### CARACTERÍSTICAS E IMPORTANCIA DEL PROBLEMA DE LA ENSEÑANZA DE LAS MATEMÁTICAS PARA INGENIEROS

Desde el punto de vista de la formación de los Ingenieros, la Matemática no ha de ser considerada tan sólo como un legado de conocimientos imprescindibles para su preparación profesional, sino también como una actividad a cultivar para la asimilación, manejo y posible aumento de aquel legado. Con miras a las aplicaciones, tienen importancia preponderante los dos primeros aspectos del cultivo: asimilación y manejo.

Lo indispensable, lo utilitario, no es sólo el instrumento en sí, sino también la aptitud para aplicarlo y, sobre todo, para discernir cuándo procede aplicarlo.

Hoy en día, se concede en todos los países considerable atención al problema de la formación matemática para los futuros Ingenieros. El tema fué objeto de extensa y documentada discusión en el Congreso celebrado en Mons y Bruselas en junio del año 1959, bajo el tema «La Matemática de los Ingenieros», con interesantes aportaciones de los profesores Ives Rocard (París), Lothar Collatz (Hamburgo), Robert Sauer (Munich), Gaetano Pichers (Roma), A. van Wijngaarden (Amsterdam) y otros. Los puntos de vista generales que se deducen de la lectura de las comunicaciones al citado congreso pueden resumirse (concisa y aproximadamente) en la forma siguiente:

1.º Hace apenas treinta años, el físico y el ingeniero se con-

tentaban, por lo general, con conocer las materias clásicas del cálculo diferencial e integral. En cambio, en la hora actual, en que problemas nuevos requieren, cada vez más, teorías matemáticas muy diversas, les es necesario conocer capítulos distintos (a veces recién desarrollados) del Análisis.

2.º No basta suministrar el conocimiento de las teorías y las reglas para su conveniente aplicación, sino que es necesario desarrollar en los estudiantes el cuadro de aptitudes necesarias para descubrirlas y aplicarlas oportunamente. La formación matemática de los futuros Ingenieros debe consistir, por consiguiente, en informarles y ejercitarles sobre la creación, reconocimiento y aplicación de las estructuras que caracterizan los distintos campos de la Matemática instrumental.

3.º No parece que la enseñanza de las Matemáticas en las Facultades y en las grandes Escuelas se haya adaptado, hasta el presente, a las necesidades del conocimiento analítico que requieren las modernas aplicaciones. Además, el espíritu mismo con que están preparados los cursos y redactados los textos no suele ser el que más convendría para el físico o ingeniero. Debe señalarse, sin embargo, una apreciable mejora en los últimos años.

4.º Debe concederse el mayor interés e importancia a las técnicas de cálculo numérico, adiestrando en ellas a los futuros físicos e ingenieros, sin desdeñar el manejo de los modernos dispositivos; y ello, no sólo por la utilidad directa de este adiestramiento, sino teniendo en cuenta su valor formativo.

#### PUNTO DE PARTIDA.

Lo constituye el nivel de formación que debe suponerse alcanzado por un bachiller corriente, con la ampliación contenida en los nuevos cuestionarios del curso preuniversitario aprobados por Orden del Ministerio de Educación Nacional de 1.º de agosto de 1959. De acuerdo con este supuesto, podemos considerar adquiridos, en mayor o menor grado, los siguientes grupos de conocimientos.

(La síntesis que sigue, de los conocimientos que pueden suponerse en los alumnos que llegan a las Escuelas de Ingenieros, es debida a la colaboración del eminente profesor don Pedro Puig



Adam (e. p. d.), que fué miembro de la Comisión ponente hasta su fallecimiento, ocurrido hace pocos meses; sirvan estas líneas como homenaje a su recuerdo.)

*Número natural y número racional.*—El bachiller debe conocer estas teorías, incluyendo sistemas de numeración, potencias de binomios y polinomios, divisibilidad (con algoritmo de Euclides y congruencias), progresiones, fracciones continuas y determinantes (estudio elemental).

*Campo real.*—Apenas se ha iniciado la teoría con la introducción somera del inconmensurable, por lo que sólo podemos considerar establecida la estructura algebraica del mismo, que los estudiantes aplican de una manera instintiva, aún antes de conocer el enunciado explícito de la conservación de las leyes formales del Álgebra ordinaria. Están sin cultivar las estructuras de orden topológico, es decir, el dinamismo de relación con desigualdades e intervalos, que constituye la esencia de las nociones de límite y continuidad. Se impone, pues, una reconsideración a fondo del campo real.

*Campo complejo.*—Sin llegar a un verdadero dominio, el bachiller corriente ha practicado el campo complejo, en su doble aspecto cartesiano y trigonométrico.

*Álgebra.*—Los conocimientos del bachiller en esta rama comprenden: Sistemas lineales, división de polinomios con una variable, principio de identidad. m. c. d. de polinomios con una variable, ecuación de segundo grado y sistemas con una ecuación de primer grado y otra de segundo; y algunas representaciones gráficas, en particular la del binomio de segundo grado.

*Geometría.*—Aumentado considerablemente este campo en ocasión de la reciente reforma del curso preuniversitario, se llega, en geometría plana (aparte los conceptos métricos tradicionales), hasta traslaciones, giros y simetrías; aplicaciones inmediatas de la homotecia y semejanza; cuaterna armónica, eje y centro radical de circunferencias e inversión. En geometría del espacio se conocen las traslaciones, giros y simetrías; homotecias y semejanzas; ampliación sobre áreas y volúmenes; concepto de la geometría esférica; trigonometría esférica (con aplicación a las esferas terrestre y celeste) e inversión. Con todo, el cultivo de las estructuras

espaciales conseguido no es todavía suficiente para las necesidades del futuro técnico.

*Funciones trascendentes.* — Exponencial, logarítmica, trigonométricas y sus aplicaciones; progresiones, interés compuesto y anualidades sencillas; en trigonometría, los teoremas de adición de argumentos y la resolución elemental de triángulos rectilíneos y esféricos; no se llega a una técnica trigonométrica de aproximación (uso de analogías, fórmula de las tangentes, fórmulas de Briggs); tablas manejadas, en general, con cuatro decimales.

*Rudimentos de Geometría Analítica.* — Estudio analítico de la recta; problemas de incidencia, paralelismo, perpendicularidad y métricos. Estudio elemental de la circunferencia y cónicas. Se considera necesario insistir sobre todo ello en la siguiente fase de estudio.

*Rudimentos de cálculo.* — Exposición totalmente intuitiva de las nociones de límite y continuidad; derivada y su interpretación geométrica y cinemática, derivación de funciones elementales de una variable; máximos y mínimos en funciones de una variable; noción de función primitiva y de integral definida; aplicaciones sencillas al cálculo de áreas y volúmenes de la geometría elemental. Se considera asimismo necesario volver sobre todo ello.

*Combinatoria, probabilidad y estadística.* — Variaciones, combinaciones y permutaciones; binomio; aplicaciones a problemas elementales de probabilidades; probabilidad y frecuencia; curva normal; nociones rudimentarias de estadística; cálculo de promedios y desviaciones típicas; construcción de histogramas.

## OBJETIVO.

Partiendo del estado que acaba de referirse, la enseñanza de las Matemáticas para los futuros técnicos se va a ejercer sobre unos cerebros en los cuales existen ya conocimientos matemáticos consolidados y otros en embrión, así como otras estructuras mentales, en las cuales ha de desarrollarse la formación científica necesaria para abrir camino hacia estudios técnicos superiores.

La extensión e intensidad de aquella enseñanza viene determinada por el mundo físico natural y social sobre el que debe actuar

el ingeniero de hoy en su función consuetudinaria de proyectista y realizador.

Las estructuras matemáticas necesarias al técnico realizador afectan no solamente a su labor diaria, sino también al caudal de reserva indispensable para la posible consulta de libros fundamentales de la técnica actual, a los que debe acudir en resolución de incidencias imprevistas en tal labor.

En atención a estas premisas, hemos agrupado en el siguiente cuadro el instrumental matemático que parece necesario al ingeniero realizador en el momento actual de la técnica.

#### CUADRO INSTRUMENTAL MATEMÁTICO DEL INGENIERO REALIZADOR

##### 1.—*Cálculo numérico.*

Cálculo aproximado.

Sistemas lineales. Determinantes.

Tablas. Máquinas de calcular. Regla de cálculo. Papel logarítmico.

Ajuste de curvas y funciones.

Ecuaciones. Resolución numérica de las mismas.

Interpolación. Cálculo de diferencias.

Progresiones de orden superior.

Series y sus aplicaciones al cálculo numérico.

##### 2.—*Estructuras geométricas puras.*

Movimientos y transformaciones más importantes en el plano y en el espacio.

Nociones sucintas de geometría proyectiva (pueden estudiarse métricamente).

Fundamentos de los sistemas de representación.

##### 3.—*Estructuración analítica del espacio euclídeo.*

Matrices. Algebra lineal. Formas cuadráticas.

Cálculo vectorial.

Geometría lineal y cuadrática en el plano y en el espacio. Cónicas y cuádricas.  
Coordenadas polares, cilíndricas y esféricas. Noción de coordenadas tangencial.  
Curvas y superficies más importantes para la técnica.  
Lugares envolventes.  
Nociones sobre curvatura.  
Abacos de puntos y de rectas. Cálculo gráfico.

4.—*Análisis.*

Cálculo diferencial en funciones de una o más variables.  
Desarrollos en serie. Máximos y mínimos.  
Funciones implícitas. Cambios de variable.  
Funciones primitivas. Integral definida y sus aplicaciones.  
Integrales múltiples y de campo. Teoremas fundamentales y su expresión vectorial.  
Ecuaciones diferenciales ordinarias y sistemas.  
Introducción al cálculo operacional.  
Ecuaciones en diferencias finitas.  
Problemas de condiciones iniciales y de contorno.  
Ecuaciones en derivadas parciales.  
Estudio de algunos problemas físicos relativos a ecuaciones en derivadas parciales de segundo grado.  
Iniciación al cálculo de variaciones.  
Nociones de cálculo tensorial.  
Iniciación a la teoría de funciones de variable compleja.  
Funciones trascendentes útiles al técnico.

5.—*Probabilidades y estadística.*

Reglas de probabilidad.  
Variables aleatorias. Distribuciones. Adición de variables aleatorias.  
Variables aleatorias y multidimensionales. Distribuciones.  
Regresión y correlación. Distribución normal multivariante.  
Descripción del material estadístico. Parámetros característicos.  
Muestras. Métodos de muestreo. Encuestas muestrales.

Inferencia estadística. Prueba de hipótesis. Estimación de parámetros. Análisis de la varianza.

Control de la calidad. Inspección cualitativa y cuantitativa.

Diseño y análisis de experiencias.

Procesos estocásticos. Proceso de Poisson.

Errores de observación. Mínimos cuadrados.

Hemos dejado de consignar en el grupo primero el cálculo numérico de integrales y de ecuaciones diferenciales suponiéndolo implícitamente contenido en el grupo cuarto. La resolución numérica de ecuaciones se supone reducida a los procedimientos de aproximación de raíces, previamente separadas por procedimiento gráfico aproximado. Estimamos que el cálculo de raíces racionales y los métodos generales de separación de raíces en ecuaciones algebraicas no tienen gran interés para la técnica; en cambio lo tiene saber mejorar una raíz (sea algebraica o trascendente la ecuación), de la que se conoce un valor aproximado.

#### DISTRIBUCIÓN EN CICLOS

La anterior ordenación por grupos no supone un tratamiento didáctico independiente. Por ejemplo, y según es bien conocido, la geometría analítica se proyecta sobre el análisis y se beneficia al mismo tiempo de él, y lo mismo ocurre con otras teorías.

Después de las aclaraciones que anteceden puede afirmarse que los grupos primero y segundo deben preceder lógicamente al cuarto, mientras que el grupo quinto forma cuerpo aparte, pudiendo desarrollarse elementalmente con recursos matemáticos modestos, o con recursos más avanzados para un desarrollo científico de mayor altura.

Se perfilan así claramente los ciclos en que pueden organizarse los materiales del cuadro anterior.

Un primer ciclo (curso selectivo) debe estar constituido, en lo esencial, por el contenido del grupo primero y parte de los tercero y cuarto.

Un segundo ciclo (curso de iniciación) abarcará el contenido del grupo tercero y otra parte del cuarto para dar entrada al cálculo diferencial y sus aplicaciones geométricas, la técnica de determina-

ción de funciones primitivas y las primeras aplicaciones de cálculo integral necesarias en Física.

Un tercer ciclo (dado ya como ampliación de Matemáticas en el primer curso de las carreras) abarcará el resto del grupo cuarto, es decir, el análisis matemático y vectorial desde el concepto de integral de Riemann hasta la teoría de ecuaciones diferenciales, en derivadas parciales, cálculo de variaciones y variable complejo.

Hasta este punto se considera conveniente una formación matemática sustancialmente común para todas las Escuelas Técnicas Superiores de ingeniería.

El cuarto y último ciclo, distinto de unas Escuelas a otras, podrá consistir en la ampliación de algunas de las teorías comprendidas en el anterior, en relación con las técnicas que interesan a la especialidad, y (para algunas Escuelas) en el desarrollo de la estadística y sus aplicaciones.

La técnica de los sistemas de representación (especialmente los de proyección paralela) parecen tener su lugar más adecuado en los primeros cursos de dibujo, fundándose en las nociones de geometría proyectiva, que, principalmente con este objeto, es necesario incluir en el cuestionario de Matemáticas del curso de iniciación.

## CUESTIONARIOS

Las aclaraciones que anteceden sirven para justificar la propuesta de los siguientes cuestionarios:

### *Curso selectivo.*

- 1.—Determinantes.
- 2.—Ecuaciones lineales.
- 3.—Matrices.
- 4.—El número real.
- 5.—Sucesiones y límites.
- 6.—Potencias y logaritmos en el campo real.
- 7.—Cálculo de límites.
- 8.—Series numéricas.
- 9.—Funciones de una variable.

- 10.—Límites y continuidad.
- 11.—Derivación. Diferencial de una función.
- 12.—Crecimiento y decrecimiento. Máximos y mínimos.
- 13.—Teoremas del valor medio. Límites indeterminados.
- 14.—Interpolación.
- 15.—Cálculo de diferencias.
- 16.—Separación y aproximación de las raíces de una ecuación.
- 17.—Eliminación de una incógnita entre dos ecuaciones.
- 18.—Número complejo. Operaciones.
- 19.—Potencias y logaritmos en el campo complejo.
- 20.—Sucesiones de términos complejos. Series.
- 21.—Abscisas en la recta. Transformaciones lineales.
- 22.—Vectores libres en el plano.
- 23.—Coordenadas cartesianas en el plano.
- 24.—Problemas de incidencias e intersección en el plano.
- 25.—Problemas métricos en el plano.
- 26.—Ideas de Nomografía.
- 27.—Lugares geométricos. Circunferencia. Polaridad.
- 28.—Clasificación e ideas elementales sobre las cónicas.
- 29.—Representación de curvas en forma explícita y paramétrica.
- 30.—Vectores libres en el espacio.
- 31.—Coordenadas cartesianas en el espacio.
- 32.—El plano y la recta en el espacio. Problemas de incidencia e intersección.
- 33.—Problemas métricos en el espacio.
- 34.—Superficie esférica. Polaridad.
- 35.—Clasificación e ideas fundamentales sobre las cuádricas.
- 36.—Cálculo con números aproximados.
- 37.—Tablas de funciones.
- 38.—Métodos e instrumentos de cálculo.

El cuestionario anterior se ha desarrollado en un programa de 60 lecciones, suponiendo que la exposición, práctica y repaso de cada una de ellas requiere, en media, dos sesiones de una hora, lo que permite su estudio en un curso académico a base de cinco horas semanales de clase teórica (aparte las complementarias de carácter práctico).

*Curso de iniciación.*

- 1.—Conceptos de función, continuidad, derivada y diferencial. (Repaso.)
- 2.—Variación de las funciones. Teoremas del valor medio. Límites indeterminados. (Repaso.)
- 3.—Derivadas y diferenciales sucesivas. Fórmula de Taylor. Aproximación lineal.
- 4.—Convexidad, concavidad e inflexiones. Aproximación cuadrática.
- 5.—Series de potencias.
- 6.—Concepto de integral.
- 7.—Métodos de integración.
- 8.—Integrales elípticas.
- 9.—Integración por medio de series. Convergencia uniforme.
- 10.—Integración aproximada.
- 11.—Integrales dependientes de un parámetro.
- 12.—Funciones definidas por medio de integrales (funciones B y F de Euler; integral de los errores).
- 13.—Aplicaciones geométricas de la integral definida.
- 14.—Funciones de dos variables. Límites, continuidad y derivadas parciales.
- 15.—Incrementos y diferenciales.
- 16.—Funciones compuestas e implícitas.
- 17.—Derivadas sucesivas. Fórmula de Taylor.
- 18.—Superficie y plano tangente. Máximos y mínimos relativos.
- 19.—Cambio de variable.
- 20.—Integrales curvilíneas. Función potencial.
- 21.—Integrales dobles.
- 22.—Área de una superficie. Integral de superficie.
- 23.—Integrales múltiples.
- 24.—Coordenadas (concepto general).
- 25.—Representación de curvas.
- 26.—Curvas especiales.
- 27.—Estudio de las cónicas.
- 28.—Cónicas en coordenadas polares.



- 29.—Cónicas en general.
- 30.—Propiedades métricas de las cónicas.
- 31.—Representación analítica de líneas y superficies.
- 32.—Superficies especiales..
- 33.—Cilindros y conos cuadráticos.
- 34.—Cuádricas con centro.
- 35.—Paraboloides.
- 36.—Cuádricas en general.
- 37.—Propiedades métricas de las cuádricas.
- 38.—Curvatura de líneas planas.
39. Curvas alabeadas.
- 40.—Curvatura de superficies.
- 41.—Proyectividad en la serie y en los haces.
- 42.—Series y haces circulares.
- 43.—Homografías planas. Homología.
- 44.—Homología y homografías particulares.
- 45.—Homografía en el espacio.
- 46.—Inversión en el plano y en el espacio. Proyección estereográfica.
- 47.—Eliminación de constantes arbitrarias.
- 48.—Ecuaciones diferenciales (tipos de primero y segundo orden de interés en Física).
49. Eliminación de funciones arbitrarias. Ecuaciones en derivadas parciales. (Ejemplos clásicos.)

El cuestionario anterior se ha desarrollado asimismo en un programa de 60 lecciones, con vistas a ser estudiado en un curso de análoga extensión a la propuesta para el curso selectivo.

#### *Ampliación de Matemáticas.*

Esta asignatura (con éste u otro título), que se sitúa en el primer año de todas las carreras superiores de ingeniería, se destina a completar la preparación matemática necesaria para los estudios técnicos. Aunque los programas que se siguen en las distintas Escuelas (y que responden seguramente a las necesidades específicas de cada una) presentan algunas diferencias, puede señalarse un cuadro extenso de temas comunes expresado por el siguiente resumen:

I

Series trigonométricas. Análisis armónico.

Funciones ortogonales. Funciones esféricas.

Teoría vectorial de los campos. Teoría del potencial. Otras aplicaciones a la Física matemática.

Tensores; estudio sumario.

Superficies en coordenadas intrínsecas. Representación conforme de superficies.

II

Ecuaciones diferenciales de primer orden. Aplicaciones geométricas y físicas.

Ecuaciones de orden superior; generalidades y tipos especiales.

Ecuaciones diferenciales lineales. Problemas sobre vibraciones y oscilaciones.

Ecuaciones en diferencias finitas.

Problemas de contorno y de valores propios. Aplicaciones físicas.

Sistemas de ecuaciones diferenciales.

Ecuaciones en derivadas parciales de primer orden.

Ecuaciones en derivadas parciales de segundo orden.

Planteo y esquema de resolución de problemas clásicos de Física matemática.

Problemas extremales. Aplicaciones.

Ecuaciones integrales; concepto, ejemplos y resumen sobre métodos de resolución.

III

Métodos aproximados para la resolución de ecuaciones diferenciales. Métodos gráficos.

Idem *id.* Integración numérica.

Soluciones desarrolladas en serie. Funciones de Hermite. Funciones de Legendre.

Funciones de Bessel. Funciones de Bessel modificadas. Propiedades. Tablas numéricas. Aplicaciones.

Funciones de Mathieu. Polinomios de Tchebycheff.

#### IV

Funciones de variable compleja; teoría clásica. Aplicaciones (incluyendo funciones elípticas y aplicaciones físicas de la representación conforme).

Para las especialidades en cuyos planes no exista estudio ulterior de Matemáticas o Estadística, deben añadirse algunos temas para dar a conocer los fundamentos y métodos más importantes de esta última.

#### *Complementos.*

Se prevé que algunas especialidades requieran completar la base matemática de sus ingenieros, después del primer año, con el fin de ampliar algunos puntos de mayor importancia para las técnicas respectivas, procurar un mayor adiestramiento en algunas aplicaciones especiales (por ejemplo, las de cálculo numérico) o desarrollar, de manera independiente y completa, un curso de Estadísticas.

Dada la variedad de direcciones posibles para este estudio complementario, que puede incluso tener lugar en las propias asignaturas donde se inicie el estudio de las técnicas, no parece útil la formulación de un temario, ni siquiera con carácter enunciativo.

#### DOCTORADO

En los enunciados anteriores no se ha hecho mención de la preparación matemática (y, en general, científica) que puede convenir a las elevadas funciones de investigación, invención e innovación (creación de prototipos, nuevos procesos, etc.), así como a docencia y a los grandes esquemas de dirección, los cuales exigirán más amplias y específicas estructuras que pueden reservarse al ingeniero doctor.

A título de simple modelo, y con posibilidades de ampliación

en todos los sentidos, se enuncian los siguientes temas, que podrían formar parte de algunas de las materias con las que, en su día, vayan a estructurarse estudios para los doctorados.

*Temas posibles de inclusión en algunas de las asignaturas de los futuros planes de doctorado*

Integral de Fourier de términos reales. Idem de términos complejos. Aplicaciones físicas. Espectro de frecuencia. Función de Heaviside. Pares de funciones. Transformación de Fourier.

Matrices. Algebra matricial. Generalización al espacio complejo. Funciones de una matriz. Valores propios. Operaciones diferenciales sobre matrices. (Aplicación de las ecuaciones diferenciales.)

Aplicaciones físicas del cálculo de matrices. Estudio de los cuadripolos.

Tensores. Algebra tensorial. (Espacio vectorial afín. Espacio métrico. Operaciones.) Tensores en coordenadas curvilíneas. Operaciones diferenciales en coordenadas curvilíneas.

Aplicaciones físicas del cálculo tensorial. Redes eléctricas. Medios anisótropos. Propiedades mecánicas de los cristales. Piezoelectricidad.

Cálculo simbólico. Introducción y ejemplos. Circuito eléctrico de Heaviside. Análisis simbólico. Transformación de las funciones usuales. Fórmula de inversión. Imagen de las funciones discontinuas.

Aplicaciones del cálculo simbólico. Circuitos eléctricos. Propagación de perturbaciones a lo largo de las líneas de transmisión. Aplicación a la resolución de ecuaciones diferenciales lineales. Idem a la resolución de algunas ecuaciones integrales.

Transformación de Laplace; teoría general. Principales transformaciones. Tablas. Resolución por este medio de ecuaciones diferenciales y sistemas. Aplicación a redes eléctricas.

Transformación conforme. Ampliación teórica. Aplicaciones técnicas.

Funciones aleatorias. Funciones de partición. Problemas de convergencia. Funciones aleatorias estacionarias. (Estudio de regímenes permanentes.) Funciones aleatorias de Laplace-Gause, Aplicaciones físicas.

Teorías estadísticas de la predicción y el filtrado (Wiener).  
Máquinas de calcular. Calculadoras digitales y analógicas.  
Sistemas de organización automática.

#### IMPORTANCIA DE LAS MODERNAS TÉCNICAS DE CÁLCULO

Según quedó señalado anteriormente, es unánime el reconocimiento de la importancia de las modernas técnicas de cálculo numérico, con posible empleo de equipos de operarios calculadores, de máquinas de calcular de tipo ordinario y de las modernas calculadoras de carácter digital o analógico. Se ha destacado, asimismo, el interés de estas técnicas para la formación de entendimientos rigurosos hacia lo concreto, la que, en definitiva, constituye la característica intelectual más importante del ingeniero.

Dado el coste elevado de los equipos necesarios para la práctica y adiestramiento de estas técnicas, podría pensarse en proyectar una instalación para utilización común de todas las Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería, lo que supondría, al mismo tiempo, un ensayo de colaboración seguramente deseable y fructífero.

#### CONTRIBUCION DEL R. P. ALBERTO DOU

Ante todo deseo expresar mi reconocimiento a los señores ponentes por la labor realizada y mi satisfacción por las conclusiones a que han llegado. Tuve ocasión de discutir con los señores ponentes, en el seno de cierta comisión, varios de los complejos problemas envueltos en la ponencia que han presentado.

Mi acuerdo con los puntos de vista generales que propugnan al principio de la ponencia es completo y asimismo lo es con la mayor o casi totalidad de los temas que figuran en los programas de Selectivo e Iniciación.

Con todo, ante el requerimiento de algunas observaciones, séame permitido el siguiente parecer, ateniéndome únicamente, en virtud del objeto de estas observaciones, a los puntos en que discrepo, uno de los cuales puede que tenga una cierta importancia. Se reducen exclusivamente a lo que en el artículo adjunto llamo principio II o de rigor moderno; y aun es lo más probable que en lo único que discrepo no es en el principio mismo, sino en un par de consecuencias, que, según mi parecer, derivan de él y que menciono en la aplicación a los casos concretos.

Para terminar propongo a continuación una lista de supresiones o sim-

## SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

plificaciones que estimo mejorarían los programas; no es que estime que esos temas no son importantes, pero me parece que o no lo son tanto o pueden incluirse mejor en el curso de Análisis Matemático dentro de las Escuelas. Obsérvese que ninguno de los temas que señalo figuraba en los programas de ingreso, por lo menos no figuraba en los de Caminos, cuya preparación requería una media de cuatro años (en vez de dos), a pesar de la mejor calidad del factor humano a juzgar por razones estadísticas.

Las posibles simplificaciones o supresiones, según mi parecer, son:

Tema 8: Integrales elípticas.

Tema 12: Funciones beta y gamma.

Quizá podría tratarse todo lo relativo a las cónicas en el Selectivo y lo relativo a las cuádricas en Iniciación, para más fácilmente lograr tratados completos y evitar repeticiones.

Tema 45: Homografías en el espacio.

Tema 48: Ecuaciones diferenciales. A menos que hubiera tiempo se trataran no como tema nuevo, sino como apéndice del cálculo integral.

Tema 49: Eliminación de funciones arbitrarias...

## LAS MATEMÁTICAS DE SELECTIVO E INICIACIÓN

### Fines generales.

El objetivo final de la estructuración de la enseñanza de las matemáticas en los cursos Selectivo y de Iniciación puede decirse es el máximo desarrollo científico y técnico del país. El cual se concreta en conseguir una máxima eficiencia en los futuros ingenieros. Esta eficiencia parece puede valorarse considerando que consta de las tres capacidades siguientes:

a) Eficiencia adquirida al terminar la carrera. Es decir, conviene «*ce-teris paribus*» que al terminar la carrera los recién ingenieros se encuentren capacitados para el mayor número posible de óptimas actividades dentro de su rama o especialidad; y esto sin requerir nuevos estudios, requerimiento que de hecho se da y se dará siempre en buena parte de los graduados.

b) Capacidad para mejorar de una manera sustancial su propia eficiencia, mediante un continuado interés de estudio de algunos problemas particulares de su especialidad. La capacidad a que nos referimos requiere un aparato matemático más profundo. Por ejemplo, el que quiere estudiar un problema físico a fondo, más aún, sólo con que pretenda comprender la situación actual de un problema físico —hidrodinámica, elasticidad, perturbaciones no lineales, ...— necesita de un bagaje de Análisis funcional que le permita leer los libros de matemática pura o aplicada en que se tratan actualmente tales problemas. La adquisición de este bagaje es larga, costosa (no hay un camino regio para aprenderla en ocho días) y desgracia-

damente es parte inútil para los ya satisfechos con la capacidad a) de la eficiencia adquirida.

c) Capacitación para poderse dedicar a la enseñanza de las disciplinas teóricas en las mismas Escuelas Técnicas Superiores, o a la investigación, aunque no sea con dedicación completa. En este nivel puede afirmarse simplemente que no existe una división entre las matemáticas puras y las aplicadas a la física o a la técnica. En efecto, los problemas físicos han adquirido tal complejidad que los métodos exclusivamente basados en la intuición o en teoremas imprecisos no ofrecen ya suficiente garantía. Hay que acudir a métodos rigurosos, de donde resulta que la matemática pura es el único instrumento digno de confianza para abordar los modernos problemas físicos; aun reconociendo lo poco que ayuda, lo mucho que cuesta y la grosera aproximación que ofrece de la realidad, resulta ser el instrumento más útil.

Es difícil aclarar dónde se separan las capacidades a) y b) o las b) y c); pero a) y c) se distinguen perfectamente y parece también que las tres son suficientemente distintas.

Para ver la importancia que para la nación tienen las capacitaciones b) y c) copio el siguiente párrafo del Sr. L. Villena, que suscribo:

«Quiero terminar con una afirmación que quizá sea gratuita, y que, desde luego, hago a título completamente personal. Estoy seguro de que la investigación española no alcanzará su madurez mientras los ingenieros, en bloque, no sientan la necesidad de la investigación y no se incorporen de verdad a ella.» («Primer Seminario de Ense. Sup. Cient. y Téc.», Madrid, 1959, pág. 166. Publicación del Ministerio de E. N.)

Tres principios: I) Pragmatismo, II) Rigor moderno, III) Armonización.

I) A veces se invoca el valor formativo de algunas materias para su inclusión en los programas. Si por formación matemática se entiende una capacitación de tipo b), y creo que este es el sentido en que generalmente se invoca el carácter formativo, el criterio es evidentemente razonable.

Pero parece que se usa también un sentido superior, como formativo de las cualidades en sí mismas y con valores independientes de todo valor pragmático; por ejemplo, cuando se dice que tal parte de las matemáticas enseñan a discurrir o que familiarizan al estudiante con alguna noción demasiado vaga. Parece que esta razón es inadmisibile después del bachillerato o incluso muy dudosa en conexión con el bachillerato mismo. La apelación a este valor formativo superior parece inadmisibile, porque comparando el máximo tiempo posible de dedicación a las matemáticas con los posibles temas de estudio han de quedar siempre muchos temas útiles sin ser tratados; y sobre todo es inadmisibile porque no se ve razón alguna por la que los temas inútiles hayan de ser más formativos que los pragmáticos, siendo así que han sido los temas con repercusiones prácticas los

únicos que siempre y normalmente han sido incluidos en los textos de historia de las matemáticas. Por ejemplo no se ve por qué pasarse las horas resolviendo triángulos dados tres datos, aunque sean inverosímiles, haya de ser más formativo que estudiar el grupo de movimientos y sus relaciones con álgebra de matrices.

II) Las matemáticas de Selectivo e Iniciación han de empezar en los fundamentos y han de ser autónomas, sin depender en su estructuración ni en sus demostraciones de las matemáticas aprendidas en el bachillerato. Constituyen una segunda etapa, o mejor constituyen el comienzo de la segunda etapa y última en el desarrollo matemático del ingeniero.

Esta segunda y definitiva etapa que empieza en el Selectivo difiere cualitativamente de la primera, que termina con el bachillerato y preuniversitario. No se trata tanto de efectuar un empalme de materias cuanto de reestructurar todo el edificio matemático sobre la base del método matemático, y ello de una manera definitiva en las materias que se tratan, de manera que ya no sean precisas en el futuro ninguna clase de rectificaciones.

Tanto por su edad como por los estudios de bachillerato, el alumno de Selectivo llevado por un buen profesor es perfectamente capaz de edificar esa estructura con un método, el matemático, que difiere esencialmente de todos los demás métodos propios de las otras ciencias, y que sólo guardándolo puro será capaz de prestarle los beneficios que cabe esperar de él, quizá muchos años más tarde, en plena actividad profesional.

Las matemáticas de bachillerato han de ser y son más bien una parte de la física, en cuanto parece que jamás han de perder de vista la intuición y la aplicación práctica inmediata. Quizá pueda decirse que lo más importante sería que adquirieran hábitos de cálculo e ideas intuitivas lo más exactas posibles de las nociones que más tarde se han de mostrar las más potentes. Por ejemplo, que adquirieran automatismo en derivar e integrar las funciones más sencillas y elementales y asimilasen las nociones intuitivas de función, límite y continuidad.

Si se considera que la humanidad tardó dos siglos, de Newton a Cauchy, en aprender a «epsilonizar», quizá se comprenda que en el bachillerato es mejor renunciar a un concepto completo matemáticamente puro de continuidad, y que esto ha de ser el objeto de varias lecciones del curso Selectivo. A mí parecer, el alumno de bachillerato sería capaz de entender bien el concepto más simple y radical de continuidad topológica, pero al menos por ahora no está el horno para bollos.

Parece, pues, que deben reconocerse dos etapas, esencialmente distintas porque difieren en el método, en la formación matemática de un ingeniero; cuya división parece debe ponerse al fin del Preuniversitario y comienzo del Selectivo.

De ninguna manera se trata de parvificar la importancia de las matemáticas en el bachillerato; si tal acaeciera, habría que incluir el Selectivo en la etapa intuitiva y empezar la etapa abstracta con el curso de iniciación.

La aceptación de estas dos etapas con sus distintos métodos y la con-



secuente necesidad de una estructuración a partir de los fundamentos, parece es obvia en la formación de los ingenieros en las Escuelas Técnicas Superiores. La segunda etapa matemática en la forma dicha es absolutamente indispensable para la adquisición de la capacidad b) y parece casi traición a la nación no suministrar esa eficiencia a los estudiantes capaces que no se nieguen a ella. Naturalmente, lo mismo hay que decir y «a fortiori» de las Secciones de Físicas y Matemáticas de nuestras universidades; y es claro que así lo han entendido los catedráticos que han publicado textos o apuntes de Matemáticas para el curso Selectivo. Por el contrario, en las Escuelas de Peritos se debe empezar con un segundo ciclo matemático continuación del anterior y basado en el mismo método intuitivo-físico-matemático, pues no parece que el trabajo de la estructuración matemática pura fuera suficientemente compensado por los trabajos que de él se obtendrían. Lo mismo parece debe decirse, y también «a fortiori», de las matemáticas de las Facultades de Medicina y Farmacia y de las Secciones de Geología y Biología.

Una vez empezada la segunda etapa, tanto por su naturaleza como por la edad de los estudiantes, no parece sea conveniente planear volver de propósito sobre las mismas materias en sucesivos ciclos. Ello representaría por lo menos pérdida de tiempo y probablemente también una disminución del rendimiento por parte de los estudiantes.

III) Las tres capacidades que hemos mencionado como integrantes de la eficiencia del ingeniero no se desarrollan paralelamente a lo largo de la formación en buena simbiosis, sino que, por el contrario, se excluyen parcialmente de modo que a veces el máximo desarrollo de la primera resulta incompatible con el máximo desarrollo de las otras dos. Ya en los años de la carrera, antes del doctorado, hay que tener en cuenta las capacitaciones b) y c), aunque ello pudiera resultar en una merma de la capacitación a); por otra parte, no se sabe quiénes son los que con la carrera acabarán su interés por el estudio; ni aunque se supiera, sería posible separarlos.

Hay que establecer un compromiso y armonizar los diversos valores con el objetivo de una eficiencia total máxima. Una mayor estima de las capacidades c) y b) o un deseo de incrementar la investigación lleva a unos cursos con mayor base matemática que resultará muy útil y «práctica» para los que se dediquen luego a la investigación, pero parcialmente inútil a los que queden con la sola capacitación a).

Cuanto más potente en profundidad o universalidad sea el bagaje matemático con el que se quiera equipar a los futuros ingenieros, tanto más abstracto y aparentemente inútil ha de ser la base que hay que impartirles, y cómo esta base tiene que serles dada, por lo menos en gran parte, en los cursos que nos ocupan, de ahí que ese complejo problema afecte muy especialmente a estos dos cursos.

He aquí algunas normas que parece deberían regir esa armonización:

A) Según el principio II), hay algo, que llamaremos materia puramente

básica —porque es necesaria para dar a las matemáticas de la segunda etapa ese carácter riguroso y moderno de que hemos hablado—, que necesariamente debe ser enseñado a todos los alumnos, aunque tuviera que resultar parcialmente inútil para la capacitación a). Es una concesión o mejor una obligación que se tiene con los que han de salir con las capacitaciones b) y c), pues sin esa materia puramente básica explicada al comienzo se les dificultaría extraordinariamente su adquisición en el futuro. Algunos de los actuales graduados se lamentan de que no se les enseñó suficientemente esta materia cuando ellos estudiaron.

B) Las restantes materias de las matemáticas de esos dos cursos —que en casi su totalidad o en gran parte han de ser las matemáticas clásicas de nuestros antiguos programas— deberían darse de manera que la estructura rigurosa moderna no sufra quebranto.

C) No hay inconveniente en omitir demostraciones, con tal que se comprendan los teoremas, lo cual no se opone al principio II). Aunque eso debe hacerse muy raramente en esos cursos fundamentales.

D) Tampoco hay inconveniente en que se usen nociones intuitivas adquiridas en el bachillerato o se den expresamente para un determinado capítulo cuando así lo requiera una buena didáctica, con tal que más adelante y antes de que acabe el curso de Iniciación se entronquen esas nociones de una manera rigurosa moderna en la segunda etapa. Así, por ejemplo, es a veces recomendable mezclar álgebra y análisis, y las geometrías sintética, analítica y topológica, explicando cuidadosamente la distinta naturaleza de cada concepto.

E) Parece que todas las matemáticas de Selectivo e Iniciación, sin exceptuar concepto ni teorema alguno, deberían ser estructuradas conforme al puro método matemático propio de la segunda etapa.

#### **Aplicación a casos concretos.**

1) Nociones de teoría de conjuntos. Parece que unas lecciones, quizá tres o cuatro, sobre la teoría de conjuntos deberían abrir el curso Selectivo y empezar con un léxico firme la segunda etapa. Deberían incluir las nociones y definiciones precisas de conjunto, función y operaciones, producto de conjuntos, reunión e intersección, incluyendo la ley de dualidad.

Quizá también las nociones de orden y equivalencia y aun el postulado de Zermelo, aunque estas nociones pueden también explicarse la primera vez que se necesiten (lo cual tampoco habría inconveniente en hacerlo con todas las mencionadas; convendría, empero, darlas todas).

Claro que no se trata de dar una justificación (matemática) de las dificultades conexas con tales fundamentos, sino solamente de ofrecer una base sólida con los correspondientes simbolismos y terminología que hoy día son completamente del dominio común. La segunda etapa tiene que tener una base axiomática que hay que darla, sin más justificación que el

sentido común o la historia, sin entrar, naturalmente, en teoría alguna sobre los fundamentos.

2) Nociones de Álgebra moderna. Este es el punto que me parece más esencial. Parece que esas lecciones deberían seguir inmediatamente a las de Teoría de Conjuntos e incluir las nociones de grupo, anillo, cuerpo, espacio vectorial y los espacios vectoriales euclídeos con número finito de dimensiones. Nociones de homomorfismo e isomorfismo. Quizá fuera muy conveniente estudiar todo esto en conexión con las nociones que ya se tienen de número entero, racional, real y complejo, con lo que estas nociones quedarían ya rigurosamente estructuradas.

Estas nociones son las que teníamos principalmente presentes cuando en III. A) hablábamos de materias puramente básicas.

3) Álgebra lineal. Incluye el estudio de los operadores lineales en el espacio euclídeo y el correspondiente capítulo de álgebra de matrices, del grupo lineal y de la similitud de matrices. También el estudio de las formas cuadráticas. Parece importante se insista en los espacios vectoriales duales.

Quizá la geometría del Selectivo podría terminar con un estudio suficientemente completo de las cónicas, y a estos efectos se podría dar la noción de espectro de una matriz y un teorema simplificado sobre la diagonalización de matrices, especialmente para el caso de una matriz simétrica. Entonces la discusión de las cónicas en el Selectivo y de las cuádricas en el de Iniciación resultaría casi trivial.

Esta materia en sus resultados es totalmente clásica y supongo hay unanimidad en incorporarla a los programas de Selectivo e Iniciación. Parece también muy conveniente que estos resultados se enseñen siguiendo un esquema análogo al anterior, algo más abstracto que lo que se suele hacer.

En orden a obtener los resultados presentes quizá no esté claro cuál sea el método más práctico; pero si se tiene en cuenta que el Álgebra de matrices es muy útil para muchas y variadas cuestiones relativamente elementales y la importancia de la noción de operador lineal continuo para abordar los actuales problemas de la Física y Técnica parece no puede dudarse que un camino análogo al mencionado es más eficiente y práctico que los métodos clásicos.

4) Considerando la importancia creciente en el Análisis funcional de la noción de dualidad, parece sería conveniente acentuar el principio de dualidad en el espacio euclídeo y desarrollar la geometría analítica sin parvificar las coordenadas tangenciales.

5) La noción de integral en el curso de Iniciación debe ser la de Riemann. Si hubiera tiempo, sería muy de desear que se diera también la noción de Lebesgue-Stieltjes, aunque ésta puede ser también un excelente capítulo del Análisis matemático dentro de la carrera (de paso séame permitido indicar mi preferencia por el título «Análisis matemático» respecto de «Ampliación de matemáticas») o como materia básica en el doctorado de ciertas especialidades. Es ciertamente más importante insistir en los múltiples aspectos de la integral de Riemann.

6) Nociones de Topología. Con mayor titubeo expongo las consideraciones siguientes, pero no quiero omitirlas dada la importancia de la cuestión.

El esquema podría ser algo así: definición de una topología. Abiertos, entornos, continuidad. Topología relativa. Espacio vectorial topológico. Espacios separados y convergencia. Nociones de compacidad y conexión.

Estas nociones participan del carácter puramente básico mencionado anteriormente, pero no es claro para mí en qué medida pueden o deben ser impartidas para que compensen la aparente inutilidad de su contenido y el pequeño esfuerzo que se requiere para su asimilación.

He aquí una línea de pensamiento: parece necesario, por lo menos en las Secciones de Matemáticas y Físicas en la mayoría de las Escuelas Técnicas Superiores, que antes del doctorado, y, por consiguiente, durante las asignaturas matemáticas de la carrera, adquieran los graduados la noción abstracta del espacio de Hilbert o por lo menos algunas realizaciones concretas del mismo, como espacios de funciones.

Si ello es así, parece se sigue que es conveniente que cuanto antes se asimilen por los estudiantes las nociones fundamentales del esquema mencionado, las cuales se mostrarán muy útiles en casi todos los teoremas del Análisis. Por consiguiente, si esas nociones se restringen a espacios normados, se adquieren sin ningún malgaste de tiempo ni pérdida alguna de eficiencia; y puesto que gozan de este carácter básico que da consistencia y mayor inteligibilidad a todo el Análisis, resulta que esas nociones deberían integrar los cursos de Selectivo e Iniciación, y al parecer mejor el primero de los dos.

Parece hay todavía otra razón que justifica la restricción del esquema dado a los espacios normados, o mejor a los espacios métricos, pues sin mayor esfuerzo se gana generalidad. Y es que son pocos los que llegaron a manejar espacios no metrificables y aun esos pocos en el estudio de espacios no metrificables se valdrán esencialmente de espacios normados densos en los espacios que quieren estudiar.

#### Bibliografía.

Desde hace varios años sigo con interés la literatura universal (francesa, inglesa y alemana) relativa al contenido y estructuración de las matemáticas de estos cursos y me parece es patente la falta de unanimidad incluso en cuestiones importantes. Con todo, si uno se limita a textos de autores de excepcional valor, universalmente reconocido, parece que la uniformidad es bastante notable y confirman los principios y conclusiones que he expuesto; o mejor dicho, de esos libros es de donde he sacado los pareceres que he desarrollado a lo largo de estas páginas.

He aquí algunos de estos textos:

H. CARTON, LICHNEROWICZ: *Structures algebriques et structures topologiques, Monographies de l'Enseignement Mathematique*, n. 7. París, 1958.

- A. LICHNEROWICZ: *Algebre et Analyse lineaires*. Masson, editeurs, Paris, 1956.  
S. FLUEGGE, Director (Editer, Herausgeber).  
G. FALK, H. TIETZ, I. N. SNEDDON, L. COLLEZ y H. BUECKNER: «Handbuch der Physik. Encyclopedia of Physics.» *Mathematische Methoden*, B. I und II. (especialmente el segundo volumen). Springer-Verlag, 1957. Colección University Mathematical Texts. Directores: A. C. Aitken and D. E. Rutherford, especialmente los volúmenes más elementales: *Determinants and Matrices*, *Topology*... Oliver and Boyd, London. Interscience, New York, 1950-1959.

Varios de estos textos han sido traducidos bajo la dirección del catedrático don Tomás Rodríguez Bachiller.

El primero es un ciclo de conferencias por los mejores matemáticos franceses, dirigidas a los profesores de matemáticas. Los restantes son libros de matemáticas para físicos y técnicos. Los autores son físico-matemáticos de reconocida fama internacional que saben lo que escriben y son además capaces de valorar la mayor o menor utilidad o alcance de los diversos capítulos de las matemáticas y seleccionan aquellos que juzgan son o han de ser los más potentes.

#### Observación.

La realidad de la situación actual respecto del profesorado, y me refiero principalmente a los profesores adjuntos y a los encargados de curso, que son quienes deberán explicar los programas, obligan a considerar lo que sin duda y con mucho es la mayor dificultad para una notable y rápida mejoría en el logro de los objetivos de la enseñanza de las matemáticas en los cursos Selectivo e Iniciación.

Que en la consecución de dichos fines la parte del profesorado sea la más importante es obvio desde un punto de vista general: cuales sean los profesores será la enseñanza, y en primera aproximación cual sea hoy la enseñanza será la nación mañana; y cual sea la actual variación de la enseñanza, será la variación futura de la nación. Naturalmente, la restricción de estos principios a la materia y cursos que nos ocupan es legítima.

Pero en el caso concreto de estos dos cursos, la consideración del profesorado es todavía más importante, por razones particulares. Confiemos que se habrán elaborado programas o temarios francamente buenos: equilibrados, realistas, modernos, en una palabra, ofreciendo el máximo de eficacia. ¿Quién explicará esos programas? Los profesores de que hemos hablado fueron estudiantes inteligentes, son ahora ingenieros o licenciados excelentes, poseen una larga formación científica, pero en su mayoría desconocen las nociones de Álgebra moderna y de Topología, así como otros modernos capítulos que deberían integrar esos programas. Todas esas nociones empiezan a ser del dominio común y aparecen en los libros de texto de distintas universidades, Institutos o Politécnicas entre 1930 y 1940, en general; en nuestra nación todavía no han entrado en las Escuelas Técnicas Superiores y sólo desde hace muy pocos años empiezan a tener vigencia en nuestras mejores universidades, ¿qué hacer?



# LAS NECESIDADES FUTURAS DE INGENIEROS, EXPERIMENTO SUECO

Sven Moberg

## 1.—INTRODUCCIÓN

Hace algunos años se llevó a cabo en Suecia una investigación relativa a las necesidades futuras de personal técnico. Debido a que las Universidades técnicas de Suecia siguen el principio del «*numerus clausus*», el objeto de esta investigación fué proporcionar a una Comisión Real de Educación Superior el material básico preciso para realizar una estimación del número adecuado de estudiantes que deberán admitirse en dichas Universidades durante la primera mitad del decenio 1960-70. Esto significa que dicha investigación tenía que proporcionar una idea a largo plazo de las necesidades de personal técnico, puesto que un aumento del número de estudiantes ingresados en las Universidades técnicas durante la primera mitad del decenio 1960-70 no influirá en el mercado de trabajo de los ingenieros hasta la segunda mitad de dicho decenio, y los efectos completos originados por este aumento no podrán apreciarse hasta los decenios 1970-80 y 1980-90.

## 2.—ANTECEDENTES

Según el tipo de educación, existen en Suecia tres tipos de ingeniero:

a) *Ingenieros "civiles"*.—Título conseguido a la edad de veinticinco años, aproximadamente, en una de las dos Universidades —o Escuelas Superiores— Técnicas oficiales («*Tekniska Högskolor*»). Estas Universidades tienen los departamentos siguientes:

SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Física.

Ingeniería Mecánica.

Aeronáutica y Construcción Naval.

Ingeniería Eléctrica.

Ingeniería Química.

Minería y Metalurgia.

Arquitectura.

Topografía.

Ingeniería Civil.

b) *Ingenieros «läroverks»*. — Título conseguido a la edad de veintidós años, aproximadamente, en Escuelas Técnicas oficiales (*Tekniska gymnasier*). Además de una sección técnica general existen en estas Escuelas las siguientes secciones:

Ingeniería Mecánica.

Ingeniería Civil.

Ingeniería Eléctrica.

Ingeniería Química.

c) *Ingenieros «instituts»*.—Título conseguido hacia los veinte años en alguna de las diferentes escuelas privadas o comunales.

El número total de los tres tipos de ingenieros durante el período de 1940-1955 puede verse en la tabla que se incluye a continuación:

TABLA 1

	NÚMERO			PORCENTAJE		
	1940	1950	1955	1940	1950	1955
Ingenieros «civiles» ... ..	7.200	9.600	11.200	31	20	19
Ingenieros «läroverks» ... ..	10.500	16.500	20.200	45	35	34
Ingenieros «instituts» ... ..	5.600	21.000	27.200	24	45	47
<i>Total</i> ... ..	23.300	47.100	58.400	100	100	100

3.—RELACIONES BÁSICAS EN AÑOS PRECEDENTES

Como el problema planteado consistía en estudiar las necesidades a largo plazo, la teoría en que había que fundamentar su reso-



lución tenía que ser muy sencilla. Pero dentro de esta sencillez tenía que reflejar también las experiencias anteriores.

Tiene que haber cierta relación entre el número de ingenieros y algún índice que mida la actividad económica general de la sociedad. Las distintas hipótesis surgidas sobre esta relación fueron contrastadas mediante la utilización de las estadísticas suecas relacionadas con el desarrollo educativo y económico. De este estudio se dedujeron las siguientes relaciones «interesantes»:

a) Durante el período comprendido entre 1935 y 1955 ha existido en la *industria privada* una estrecha relación entre el valor total de la producción y el número total de ingenieros. Si el valor de la producción total (calculada a precios fijos) se divide por el número total de empleados, se obtiene un valor aproximado de la productividad ( $P$ ). Estos valores de la productividad, en coronas suecas, durante el período 1935-55, puede apreciarse en la primera columna de la tabla número 2. Si el número total de ingenieros se divide entre el número total de empleados, se obtiene una medida de la densidad de ingenieros ( $D$ ). La densidad de ingenieros durante el período de 1935-55 aparece en la segunda columna de la tabla número 2.

TABLA 2

Año	Productividad (en coronas suecas, precios del año 1935) ( $P$ )	Densidad de ingenieros % ( $D$ )
1935 ... ..	11.000	1,4
1940 ... ..	11.000	1,6
1945 ... ..	¿?	¿?
1950 ... ..	13.000	2,5
1955 ... ..	14.000	3,2

b) Respecto a los *centros oficiales*, nacionales o regionales, durante los años 1935-55, se encontró una relación semejante a la que se había encontrado para la industria privada entre la densidad de ingenieros y la actividad, midiendo esta última por el desembolso total del Gobierno por empleado.

SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Los resultados se aprecian en la tabla número 3.

TABLA 3

Año	Desembolso por empleado (en coronas suecas, precios del año 1935)	Densidad de ingenieros %
1935 ... ..	4.000	0,9
1940 ... ..	5.500	1,0
1945 ... ..	¿?	¿?
1950 ... ..	7.000	2,1
1955 ... ..	9.000	2,6

c) *En otros campos de actividad* no se encontró ninguna relación significativa entre el número de ingenieros y los índices de actividad económica. Lo único interesante fué un aumento suave de la densidad de ingenieros, según se aprecia en las cifras siguientes :

TABLA IV

	1935	1940	1945	1950	1955
Densidad de ingenieros (%) ... ..	0,2	0,5	¿?	1,0	1,2

4.—LOS MÉTODOS

En un sistema de coordenadas con escala aritmética en ambos ejes, en el que uno de los ejes mide la productividad ( $P$ ), y el otro la densidad de ingenieros ( $D$ ), se deduciría que los valores correspondientes a la industria privada, que aparecen en la tabla 2, se ajustan bien a una línea recta del tipo

$$P = aD + b \quad (\text{primera hipótesis})$$

Se puede suponer, como se ha hecho en la investigación sueca

antes mencionada (1), que esta proporción continuará en el futuro. Esto supone, entre otras cosas, que un aumento constante en la densidad de ingenieros dará por resultado un aumento análogo en la productividad, independientemente del nivel inicial de la densidad de ingenieros, bien sea del 2 o del 15 por 100.

Pero las cifras de la tabla 2 pueden asimismo emplearse en otra hipótesis. Si se utiliza un sistema de coordenadas con escalas logarítmicas en ambos ejes, puede lograrse también una aproximación bastante buena con una línea recta (2). Esto significa que cada una de las dos variables puede expresarse en forma exponencial; o sea

$$\frac{P}{P_0} = (1 + k_p)^T$$

$$\frac{D}{D_0} = (1 + k_D)^T$$

En las que

$P$  = productividad  
 $D$  = densidad de ingenieros  
 $k_p$  = aumento anual de  $P$   
 $k_D$  = aumento anual de  $D$

Afectándose del subíndice o a los valores correspondientes al año que se tome como base.

Si se elimina  $T$  se obtiene

$$P = a_1 D^{b_1} \quad (\text{segunda hipótesis})$$

en la que

$$b_1 = \frac{\log(1 + k_p)}{\log(1 + k_D)}$$

y

$$a_1 = \frac{P_n}{D_n b_1}$$

Si se utiliza esta segunda hipótesis se obtendrían cifras mayores que las correspondientes a la primera hipótesis para las mismas previsiones de producción total y del número de empleados.

(1) Publicado en un informe de la Federación Sueca de Industrias, *Ingenjörskravet i Sverige*, Estocolmo, 1957.

(2) Esta hipótesis fué expuesta por el Director General Lundberg en una comunicación publicada en 1960 en *Ingenjörskravet i Sverige*.

SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Tomando como base las cifras de la tabla 2, el cálculo del número total de empleados en la industria, y suponiendo que la producción total de la misma aumentara 3,5 por 100 al año, se ha calculado la necesidad de ingenieros para 1965 y 1975 empleando cada una de las hipótesis propuestas. Los resultados son los siguientes:

TABLA 5

	1955	1965	1975
Primera hipótesis (1) ... ..	27.000	45.000	75.000
Segunda hipótesis (2) ... ..	27.000	58.000	141.000

Como puede verse, las diferencias son enormes.

5.—ALGUNOS CÁLCULOS

En el estudio ya citado de la Federación de Industrias Suecas se ha calculado la necesidad de ingenieros para la industria privada tomando como base la primera hipótesis. Tomando también como base dicha hipótesis y los datos de la tabla 3, se han calculado las necesidades futuras de ingenieros para las actividades gubernamentales. Dentro de los otros campos de actividad se ha calculado la necesidad futura de ingenieros admitiendo la hipótesis simple de que continuará el aumento del porcentaje de la densidad de ingenieros fijada en la tabla 4. Haciendo una estimación del aumento anual futuro de la producción total de la industria y del desembolso total del Gobierno (como porcentaje fijo de la renta nacional) y tomando como base un cálculo del aumento futuro del número total de empleados dentro de cada uno de los tres campos de actividad —industria, centros oficiales y otros campos—, puede calcularse la necesidad total de ingenieros. Así se obtuvieron las predicciones siguientes para 1965 y 1975:

TABLA 6

	1955	1965	1975
3% de aumento anual en producción ...	58.400	90.100	128.700
3,5% de aumento anual en producción...	58.400	94.700	142.600

Como se ha dicho anteriormente, existen en Suecia tres tipos de ingenieros, según la extensión de los estudios realizados. Como el problema fundamental era descubrir las necesidades futuras de ingenieros civiles, de los resultados globales de la tabla 6, que comprende todos los tipos de ingenieros, habrá que segregar los correspondientes a cada una de las tres categorías. Para ello se llevó a cabo una encuesta entre un gran número de patronos, que demostró que éstos consideraban que la proporción existente entre los tres diferentes tipos de ingenieros (tabla 1) debería aceptarse también para el futuro. Basándose en esta hipótesis —la distribución actual de los ingenieros según los diferentes niveles— pudo calcularse la necesidad futura de ingenieros civiles con el auxilio de las cifras que figuran en la tabla 6. Los resultados fueron los siguientes:

TABLA 7

	1955	1965	1975
3% de aumento anual en producción . .	11.600	17.000	24.500
3,5% de aumento anual en producción. .	11.600	18.000	27.500

## 6.—COMENTARIOS

Es evidente que este experimento sueco para calcular las necesidades de ingenieros a largo plazo puede criticarse tanto desde el punto de vista estadístico como desde el punto de vista teórico. Los datos estadísticos referentes al pasado son muy escasos. El material estadístico puede emplearse como base para establecer diferentes hipótesis sobre la tendencia del aumento del número de

ingenieros en comparación con el aumento de los índices del desarrollo económico. Como los economistas no han desarrollado ninguna teoría útil en relación con las relaciones probables entre el número de ingenieros y el crecimiento económico, resulta una cuestión abierta la decisión de cuál es la hipótesis más razonable para determinar las necesidades futuras de ingenieros.

Los resultados que aparecen en el párrafo 5 correspondiente a las necesidades futuras de ingenieros civiles se han comparado con los correspondientes al número total probable de individuos con instrucción académica..

Este año —1960— hay en Suecia unas 60.000 personas con instrucción académica con edades que oscilan entre los veinticinco y los sesenta y cinco años. Aproximadamente, 13.000, o sea el 21 por 100 del total son ingenieros civiles. Fundándose en datos de la distribución actual por edades de las personas con instrucción académica, el número total de estudiantes que en la actualidad hay en los diferentes tipos de Universidades y las tendencias en la afluencia de estudiantes a las Universidades, se ha calculado el número total de personas que habrá en 1965 y 1975 dotadas de instrucción académica. Los resultados son los siguientes:

1965	1975
82.000	136.000

Si comparamos ahora estas cifras con las consignadas en el párrafo 5, que correspondían a las necesidades futuras de los ingenieros civiles, se obtienen las relaciones siguientes entre las dos series de valores:

1960	1965	1975
20%	20-22%	18-20%

Teniendo en cuenta las tendencias generales de desarrollo social y económico internacional, los porcentajes correspondientes a 1965 y 1975 indican que la primera hipótesis, utilizada en el estudio sueco para estimar la necesidad futura de ingenieros civiles, es relativamente prudente. Por ello ha habido quien ha dicho que la segunda hipótesis será más adecuada para que las autoridades en cuestión de educación basen la planificación para el futuro.

La Comisión Real de Educación Superior ha hecho recientemente

te una propuesta al Gobierno referente, entre otras cosas, a la capacidad de las Escuelas o Universidades Técnicas suecas (3). Esta propuesta se basa en la primera hipótesis. Para conseguir en el año 1975 la cifra mayor de la tabla 7, que se basa en dicha primera hipótesis, el número total de estudiantes de primer año en las universidades técnicas, que es de 1.000 este año, tiene que aumentar a 1.800 en cinco años. Para poder aumentar en el 80 por 100 la capacidad actual en un período de cinco años es necesario construir una tercera universidad técnica y aumentar la capacidad actual de las dos existentes. Sabemos por experiencia anterior que existen enormes dificultades para aumentar rápidamente la capacidad de una universidad técnica. Tiene que hacerse un esfuerzo enorme para tener éxito con un programa como el de la Comisión Real. Por ello, desde el punto de vista de una planificación práctica de la educación, la primera hipótesis es más realista que la segunda.

---

(3) El informe tenía como nombre «Universitet och högskolor i 1960-talets samhällo». (S. O. U., 1959, 45.)





# EXPOSICION DE UN METODO PARA EL ESTUDIO DE LA OFERTA Y DEMANDA DE INGENIEROS

## Método de Previsión y Política de Formación

M. Vermot-Gauchy

La oferta y demanda de ingenieros forman parte de un equilibrio en el que intervienen todos los factores económicos. Debe ser posible, por consiguiente, poder prever los *déficits* y los *excedentes* (I) y *elaborar una política de Oferta* apoyada en bases científicas (III). Pero, para ello, es necesario conocer previamente la *posición de que se parte al hacer la previsión* (I).

### SIMBOLOS EMPLEADOS EN EL TEXTO

Concepto	CONJUNTO DE LA ECONOMÍA		SECTOR ECONÓMICO	
	Al comenzar la Previsión	Al término de la Previsión	Al comienzo	Al término
Modelo . . . . .	$X$ e $Y$	$Z$		
Disponibilidades (o recursos actuales de ingenieros) . . . . .	$D$		$d$	
Déficit o excedente de ingenieros (desviación) . . . . .	$E$	$E'$	$e$	$e'$
Demanda de ingenieros (o nivel de equilibrio) . . . . .	$D+E$	$D'$	$d+e$	$d'$
Aumento de la demanda de ingenieros. Retiro de la vida activa por fallecimiento o jubilación . . . . .		$K$		$k$
Aportación del sistema de formación (Producción) . . . . .		$R$		$r$
		$A$		$a$

La población de ingenieros puede asimilarse a un lago cuyo *nivel de equilibrio* sube a medida que aumentan las necesidades económicas, pero cuyo *nivel efectivo* es generalmente superior (situación de exceso) o inferior (situación de defecto) al nivel de equilibrio. Si el *nivel previsible* debe alcanzarse en virtud de un programa, se emplea la expresión *nivel de programa*. La Producción del sistema de enseñanza que permite mantener el nivel de equilibrio se llama *Producción de equilibrio*. Igualmente habrá una *Producción efectiva* y una *Producción de programa* (es decir, la que resulta de un programa sistemático de reclutamiento de alumnos de ingeniería).

## I. CONOCIMIENTO DE LA SITUACIÓN.

En el origen de la previsión (1955).

El instrumento que sirve para alcanzar este conocimiento puede presentarse bajo la forma de un «modelo».

a) *Elaboración del modelo.*—Después de eliminar a los diplomados dos veces, los antiguos alumnos de las 126 escuelas de ingeniería se clasificaron inicialmente en 24 epígrafes (30 con los totales) en cada una de las 126 columnas de un cuadro no representado aquí. A continuación, las 126 columnas se reagruparon por «Familias de formación» en 10 columnas (más otra para el total de cada línea). Con estas 11 columnas y las 30 líneas antes mencionadas, el cuadro final o «modelo X» (véase a continuación) consta de 330 casos distribuidos según cuatro dimensiones: la de enseñanza (Familia formativa), la económica, la geográfica (la metrópoli, territorios de ultramar y países extranjeros) y la demográfica (ingenieros todavía no en activo, en activo, jubilados, ...). Este modelo ha servido de base para el estudio de la demanda y alcanza a un total de 136.000 ingenieros, estén o no en activo.

b) *Dimensiones óptimas del modelo.*—El número de casos no puede reducirse: con menos de 330 casos la previsión perderá toda exactitud y la política de la oferta no podría traducirse en decisiones a tomar para cada escuela. Con más de 330 casos el estudio se haría mucho más pesado. Sin embargo, el modelo puede desdoblarse en las dos direcciones hasta llegar a la unidad en la que se desee fijar la atención: desdoblando las columnas cuando se trate de aislar una determinada escuela o las líneas —en tantas como se desee— cuando se trate de juzgar una especialidad o una región específicamente.

c) *Nociones que inspiran la concepción y uso del modelo.*—Dos de ellas son especialmente importantes: Las «Familias de formación» concretadas por las *columnas* y las «Situaciones de empleo» distribuidas en las distintas *líneas*.

Cada «Familia» agrupa a los ingenieros que salen de distintas escuelas, pero con una formación lo suficientemente homogénea para que puedan ser considerados como intercambiables. La dis-

tribución de estos ingenieros, en los distintos sectores de la actividad económica, varía de una Familia a otra, puesto que cada Familia presenta características originales. Los químicos, por ejemplo, se agrupan en el sector de Química; pero son también muy numerosos en los servicios públicos y en las industrias textiles y metalúrgicas. Una proporción importante ejerce en los territorios de ultramar y en el extranjero (gráfico 1).

La Situación de empleo de un sector se caracteriza por la proporción de ingenieros que, con diferentes tipos de formación, existen en dicho sector. La Química, por ejemplo (línea 11), «asocia» a su actividad a ingenieros pertenecientes a 8 Familias de formación, aunque sean los químicos, y, a continuación de ellos, los ingenieros llamados de formación general, los mecánicos y los electricistas, los que ocupan el lugar preponderante (gráfico 1). Las proporciones son muy diferentes de un sector a otro.

Mientras que las Familias de formación se enriquecen con nuevas aportaciones, a medida que progresan la ciencia y la técnica, las Situaciones de empleo colaboran y se adaptan a las transformaciones estructurales del medio tecnológico que constituye su Sector. Por esta doble consideración de Familias y de Situaciones de empleo puede apreciarse la evolución probable de los excedentes e insuficiencias de la Oferta.

## II. ESTIMACIÓN DE LOS EXCESOS E INSUFICIENCIAS PROBABLES DE INGENIEROS AL TÉRMINO DE LA PREVISIÓN (1960).

Como el exceso o déficit de ingenieros tienen por origen un desequilibrio progresivo entre la Demanda y la Oferta, es necesario determinar primeramente estos dos elementos.

### 1.º *La Demanda D': modelo provisional Z.*

Para determinar la Demanda probable de ingenieros al término de la previsión se calcula, para cada sector de la economía, un «coeficiente de Sector»  $k$  que indica el aumento probable de la Demanda, en el sector, de ingenieros de todas las formaciones durante el período de previsión; y después, diez «Coeficientes constituyentes» del coeficiente  $k$ : uno por Familia de formación.

Ejemplo

FAMILIA DE FORMACION: Químicos

SITUACION DE EMPLEO: Sector de la química

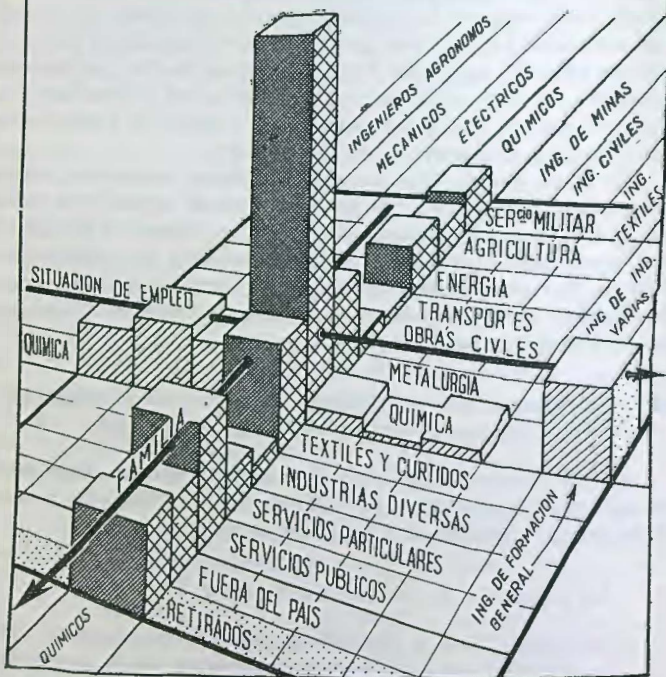


Gráfico 1.

a) «*Coficiente de Sector*»  $k$ : *volumen de la Demanda*.—El cálculo de  $k$  se funda en el hecho de que existe una relación, que se puede medir, entre la evolución de la actividad general y el volumen global de la Demanda de ingenieros en un sector de la economía. En la Química, por ejemplo (línea 11, columna 11), el cálculo ha dado por resultado el «coeficiente de Sector  $k_{11}=1,21$ »: es decir, de acuerdo con las previsiones de desarrollo económico de este sector entre 1955 y 1960, la Demanda de ingenieros de todas las formaciones aumenta en 21 por 100, o sea a un ritmo anual ligeramente inferior al 4 por 100.

El cálculo de  $k$  se desarrolla en seis etapas, todas controlables, que se articulan como los eslabones de una cadena. Una vez determinado el nivel que alcanzará la actividad al término de la previsión (etapa 1) se deduce gradualmente, fundándose en el resultado de la etapa precedente, el crecimiento respecto al origen de la previsión, del valor de la producción del Sector (etapa 2); el volumen de horas de trabajo que se emplearán en el mismo sector (etapa 3); los efectivos globales de mano de obra que se necesitarán teniendo en cuenta la evolución probable de los horarios semanales, de las vacaciones, etc. (etapa 4); de los efectivos de cuadros y empleados (etapa 5); y, finalmente, de los ingenieros de todas las formaciones, siempre en el mismo sector (etapa 6).

De la etapa 1 se pasa fácilmente a la 2 mediante un análisis de la producción probable y de las relaciones entre sectores; de la 2 a la 3, previa la consideración del crecimiento de la productividad por hombre año y de la 4 a la 5, con auxilio de las estadísticas profesionales (2). Es más difícil el paso de la etapa quinta a la sexta: actualmente se ha comprobado que los ingenieros se multiplican más rápidamente que los cuadros de mando y los empleados (3).

---

(2) Estas han revelado que los cuadros de mando y empleados crecen mucho más rápidamente que los efectivos globales de mano de obra y que las velocidades relativas de crecimiento varían considerablemente de una rama a otra.

(3) El fenómeno es particularmente característico en aquellas ramas que hayan de aplicar conocimientos científicos y técnicos cada vez más superiores y comprendan, por consiguiente, la sustitución de:

- los autodidactas que, generalmente de edad madura o avanzada, suponen un índice de sustituciones excepcionalmente importante;
- ciertos cuadros administrativos y comerciales. La creciente complejidad de

b) «*Coficientes constitutivos*» de  $k$ : *naturaleza de la Demanda*.—Una vez determinado el crecimiento ( $k$ ) de la Demanda, se plantea la cuestión de la necesidad que pueda tener un sector determinado de un número mayor de ingenieros mecánicos o electricistas que, por ejemplo, de químicos o textiles. Para responder a ella pueden seguirse dos caminos:

*Análisis del empleo*.—Las actuales situaciones de empleo se han constituido lentamente en el curso de los últimos cuarenta años. Su composición (que aparece en las diferentes líneas del modelo X) es muy diferente, en proporciones, a la situación actual de las Ofertas de empleo y de las colocaciones realizadas en los mismos sectores. Igualmente, la distribución entre los diversos sectores, de las promociones más recientes de una Familia de ingenieros no es igual a la indicada en la columna correspondiente del modelo X. Este desfase anuncia las modificaciones que se preparan en la composición futura de la Demanda global. Pero es necesario un análisis económico para separar las causas y cuantificar las evoluciones.

*Análisis económico*.—La demanda que un cierto sector pueda hacer de ingenieros de diferentes tipos de formación, es función de la densidad y de la composición de los ingenieros necesarios en aquellas de sus ramas que deban desarrollarse más rápidamente. El análisis de la estructura interna del sector y de sus tendencias a largo plazo puede, pues, permitir entrever cualitativamente la evolución de sus necesidades de ingenieros. Hay que añadir un análisis de las relaciones que unen este sector al resto de la economía, puesto que todo sector vive de sus intercambios y la situación de los empleos dentro del mismo participa, por razones análogas, de la interdependencia con otros medios técnicos. Así, por ejemplo, un impulso considerable en el sector de la Química, que prácticamente no produce más que productos intermedios, induce a que en todos los sectores clientes exista una mayor necesidad de químicos. A su vez, las necesidades de la Industria Química no solamente están

---

las técnicas y su carácter de invasión obligan, por ejemplo, a los que las aprovechan, a buscar el contacto con un intermediario que sea capaz de ser además consejero. El fenómeno, una vez iniciado, se prolonga y amplifica. Estos movimientos son susceptibles, en general, de ser medidos; por ejemplo, el aumento de ciertos epígrafes en los anuarios de ingenieros, por las tendencias de la demanda, etc.

afectadas por las exigencias de su clientela, sino también por la naturaleza de las compras realizadas a sus *proveedores*, ya se trate de productos intermedios o de productos acabados, como sucede con las máquinas e instalaciones cuya puesta a punto exige una formación especial. La naturaleza de las necesidades puede estar igualmente afectada (como en todos los demás sectores) por la difusión, cada día mayor, de ciertas técnicas (la electrónica, por ejemplo), etc.

Una vez realizado el trabajo por estos dos caminos, se puede determinar cada situación de empleo (líneas) y para cada caso — decir, Familia por Familia (columnas)— los *coeficientes constitutivos* parciales del *coeficiente de Sector k*. Para la Química, por ejemplo (línea 11 del modelo X) el coeficiente del Sector  $k_{11} = 1,21$ , ya citado, se ha descompuesto en la forma siguiente, previo acuerdo de las organizaciones profesionales, directores de las Escuelas de Ingenieros y Asociaciones de Antiguos Alumnos :

Familias de formación	Agrónomos ...	Mecánicos ...	Eléctricos ...	Químicos... ..	Minas... ..	O. civiles... ..	Textiles ... ..	F. general ...	Coeficiente de sector (k)
N.º de columna	1	2	3	4	5	6	7	8	11
Química (línea 11) ... ..	1,08	1,26	1,19	1,21	1,06	1,00	1,12	1,22	1,21

Como es natural, las bases y forma de calcular las necesidades cuantitativas y cualitativas de ingenieros difieren sensiblemente de una línea a otra del modelo (4).

(4) Las bases y forma de cálculo no pueden ser los mismos para los servicios públicos (línea 15) que para el sector nacionalizado de la energía y los transportes (integrado por las líneas 5 y 6), para los que existen programas de reclutamiento e incluso de formación a largo plazo. Las necesidades probables de los Territorios de Ultramar (líneas 21 a 25) y de los países extranjeros (línea 19) exigen un análisis de carácter especial. El número de retirados en 1960 (línea 28) depende sobre todo de la pirámide de edades en las diferentes familias de formación. Respecto a los efectivos en servicio militar (línea 29) son función de la duración de las obligaciones militares y

Energía ... ..	5	100	1.500	3.000	700	1.500	150	10	1.700	9.100		
Transportes ... ..	6	60	1.730	1.300	100	150	150	10	1.300	4.800		
Obras Públicas y Construcciones ... ..	7	60	2.050	2.500	200	200	3.000	20	1.370	9.400		
Metalurgia ... ..	10	500	20.000	17.400	1.800	1.200	460	750	90	6.300	48.000	
Química ... ..	11	850	1.550	1.100	7.770	300	50	120	1.860	13.700		
Textiles ... ..	12	70	500	250	1.550	20	20	2.240	350	5.000		
Industrias Diversas... ..	13	200	500	1.600	250	30	50	100	790	4.000		
Servicios Particulares ... ..	14	1.600	670	1.300	700	160	670	70	10	2.320	7.500	
Servicios Públicos ... ..	15	4.750	2.800	2.500	2.100	470	2.500	20	50	800	6.000	22.000
<i>Total . . . .</i>	16	13.900	32.000	32.000	15.900	3.800	7.100	2.750	950	17.100	6.000	131.500
<i>2 Fuera del país</i>	25	4.200	2.500	2.000	1.300	1.200	2.100	350	250	1.600		15.500
<i>3. Total en activo</i>	26	18.100	34.500	34.000	17.200	5.000	9.200	3.100	1.200	18.700	6.000	147.000
III. JUBILADOS .. ..	28	1.700	2.760	2.400	1.400	450	650	370	70	1.700		11.500
IV. TOTAL GENERAL ... ..	30	21.000	39.500	39.000	19.500	5.700	10.500	3.500	1.300	21.000	6.000	167.000



**EXTRACTOS del "MODELO X" (1955)**  
**Distribución de las disponibilidades, "D", de ingenieros**

SITUACION DE EMPLEO	Línea núm. ... ..	FAMILIAS DE INGENIEROS										
		Agrónomos... ..	Mecánicos... ..	Eléctricos... ..	Químicos... ..	Minas... ..	Obras civiles... ..	Textiles... ..	Industrias varias.	Form. General ..	Téc. estatales ...	Totales ... ..
Columna núm. ... ..		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>I. NO EN ACTIVO TODAVÍA (1)</b>												
Ingenieros en servicio militar ...	03	740	1.000	1.400	500	240	520	60	10	680		5.250
<b>II. EN ACTIVO.</b>												
<b>1. <i>Metrópoli</i></b>												
Agricultura ... ..	4	5.420	780	215	460	20	45	25	5	510		7.400
Energía ... ..	5	90	1.295	3.690	645	1.230	145	10		1.735		8.840
Transportes ... ..	6	65	1.700	1.245	50	115	275		10	1.225		4.686
Obras Públicas y Construcciones.	7	65	1.720	2.135	175	160	2.485	15		1.255		8.010
Metalurgia ... ..	10	380	13.110	10.815	1.270	1.020	385	125	60	5.320		32.485
Química ... ..	11	700	1.085	815	5.670	250	45	95		1.345		10.005
Textiles y curtidos ... ..	12	65	470	240	1.490	20	20	2.250		345		4.900
Industrias Diversas ... ..	13	180	425	1.415	210	35	50	75	665	420		3.465
Servicios particulares ... ..	14	1.550	495	1.125	585	160	600	55	5	2.065		6.640
Servicios públicos ... ..	15	4.185	2.500	2.285	1.875	440	2.450	15	35	735	5.500	20.020
<b>Total ... ..</b>	18	12.700	23.580	23.980	12.430	3.450	6.500	2.665	770	14.955	5.500	106.530
<b>2. <i>Fuera del país</i></b>	25	3.610	2.330	1.800	1.220	980	1.760	285	220	1.515		13.720
<b>3. <i>Total en activo</i></b>	26	16.310	25.910	25.780	13.550	4.430	8.260	2.950	990	16.470	5.500	120.270
<b>III. JUBILADOS.</b>	28	1.650	2.590	2.320	1.350	430	620	350	60	1.650		11.020
<b>IV. TOTAL GENERAL.</b>	30	18.700	29.500	29.500	15.500	5.100	9.500	3.360	1.060	18.800	5.500	136.590

(1) Materializando el flujo que une, en el tiempo, la Universidad a la población de los ingenieros que están en activo y después a éstos con los retirados, la adición de algunas líneas al principio del modelo para los efectivos que se encuentran estudiando (candidatos a las escuelas y alumnos de las mismas) hubieran aumentado las bases de la previsión y facilitado la elaboración de una política de oferta.

EXTRAGTO DEL "MODELO Z" (1960)

Repartición de la Demanda probable, "D", de ingenieros

SITUACION DE EMPLEO	Líneas núm. ....	FAMILIAS DE INGENIEROS										
		Agrónomos ... ..	Mecánicos... ..	Eléctricos... ..	Químicos ... ..	Minas ... ..	Obras Públicas ...	Textiles ... ..	Industrias varias.	Form. general ...	Tecn. estatales ...	Totales ... ..
Columna núm. ... ..		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I. NO EN ACTIVO TODAVÍA												
Ingenieros en Servicio Militar ... ..	08	1.200	2.240	2.600	900	250	650	30	30	690		8.500
II. EN ACTIVO												
1. <i>Metrópoli</i>												
Agricultura ... ..	4	5.700	850	250	550	20	50	20		560		8.000
Energía ... ..	5	100	1.350	3.800	780	1.250	150	10		1.760		9.100
Transportes ... ..	6	60	1.730	1.300	100	150	150		10	1.300		4.800
Obras Públicas y Construcciones ... ..	7	60	2.050	2.500	200	200	3.000	20		1.370		9.400
Metalurgia ... ..	10	500	20.000	17.400	1.800	1.200	460	750	90	6.300		48.000
Química ... ..	11	850	1.550	1.100	7.770	300	50	120		1.860		13.700
Textiles ... ..	12	70	500	250	1.550	20	20	2.240		350		5.000
Industrias Diversas... ..	13	200	500	1.600	250	30	50	100	790	480		4.000
Servicios Particulares ... ..	14	1.600	670	1.300	700	160	670	70	10	2.320		7.500
Servicios Públicos ... ..	15	4.750	2.800	2.500	2.100	470	2.500	20	50	800	6.000	22.000
<i>Total . . . .</i>	16	13.900	32.000	32.000	15.900	3.800	7.100	2.750	950	17.100	6.000	131.500
2. <i>Fuera del país</i>	25	4.200	2.500	2.000	1.300	1.200	2.100	350	250	1.600		15.500
3. <i>Total en activo</i>	26	18.100	34.500	34.000	17.200	5.000	9.200	3.100	1.200	18.700	6.000	147.000
III. JUBILADOS ... ..	28	1.700	2.760	2.400	1.400	450	650	370	70	1.700		11.500
IV. TOTAL GENERAL ... ..	30	21.000	39.500	39.000	19.500	5.700	10.500	3.500	1.300	21.000	6.000	167.000

tales (líneas 18, 25, 26 y 30) y se llega así al modelo de previsión Z, (véase encarte), en el que el total general  $D'$  (o Demanda global al término de la previsión: 1960) da un número de 167.000 ingenieros. El cociente  $D'$  por  $D + E$  da el valor del coeficiente nacional  $K$ , para el período de 1955-1960, que resulta ser igual a 1,15. En otras palabras, se calcula que la Demanda global de ingenieros debe aumentar, para toda la Economía, en un 15 por 100 durante cinco años, es decir, a un ritmo medio de 2,8 por año (6).

2.° *La Oferta al Final de la Previsión: Desviaciones en relación con la Demanda.*—Al final de la previsión, las desviaciones  $e'$  en cada Sector, entre la Oferta y la Demanda, no son resultado de la diferencia entre los modelos Z-X, sino de

$$d' - (d - r + a) = e' \quad [2]$$

es decir, de las operaciones siguientes: Demanda ( $d'$ ) al final de la previsión, menos oferta en el mismo momento, que, a su vez, es igual a las Disponibilidades en el origen ( $d$ ) menos retirados ( $r$ ) de la vida activa más las aportaciones ( $a$ ) que el sistema formativo ha proporcionado al sector durante el período considerado.

Evidentemente estas operaciones podrían haberse realizado línea por línea, y dentro de cada línea, caso por caso, teniendo en cuenta los índices de sustitución de ingenieros (7) y de la atracción ejercida por las diferentes ramas (8). Pero este trabajo sería largo y delicado y no ofrecería apenas interés para la elaboración de un programa de reclutamiento de alumnos de ingeniería, que es del que nos estamos ocupando. Es suficiente calcular el déficit global que, en

(6) Entre 1900 y 1955 el número de ingenieros ha aumentado, por término medio, en 1,7 por 100 al año, aproximadamente al mismo ritmo que la productividad nacional (la población activa ha permanecido aproximadamente estacionaria). El índice de crecimiento previsto, 2,8 por 100, es mucho mayor, pues, grandes posibilidades de mejorar la situación material y moral de los ingenieros, que temen siempre ver debilitarse su posición en relación con las de otras categorías profesionales. Estas posibilidades serán tanto mayores cuanto más se aproxime al momento en el que las nuevas generaciones lleguen a la edad de trabajar y se produzca un aumento rápido de la población activa.

(7) Estos índices varían de una Familia a otra y, para una misma Familia, de un Sector a otro.

(8) En casos de escasez, los ingenieros que salen de la escuela se orientan hacia los sectores que ofrecen mayor atractivo y sistemáticamente abandonan los otros, de forma tal que la falta de ingenieros aparece muy desigualmente repartida.

SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

cada Familia de formación, aparecería al término de la previsión si no se hubiera hecho nada por disminuirlo, ya que no se trata de saber en qué forma se repartirán los ingenieros jóvenes entre las diferentes ramas al fin del período considerado, puesto que, en principio, la distribución prevista se realizará si el programa de formación propuesto se cumple en la época en que se ha previsto que la oferta ha de equilibrar a la Demanda. He aquí, pues, sin necesidad de más comentarios, el déficit que se debe salvar en el curso del período, para cada Familia de formación (recordemos que la columna 4 del cuadro no es igual a la diferencia de las dos columnas 3-2).

FAMILIAS DE INGENIEROS	INGENIEROS EN ACTIVO O INACTIVOS		Aumento del número de Ingenie- ros que se deberán for- mar entre 1955 y 1960	Col. núm.
	Disponibili- dades en 1955 (línea 30 del mode- lo X)	Necesidades en 1960 (lí- nea 30 del modelo Z)		
1	2	3	4	
Agrónomos ... ..	18.700	21.000	2.500	1
Mecánicos ... ..	29.500	39.500	10.000	2
Electricistas ... ..	29.500	29.000	7.000	3
Químicos ... ..	15.500	19.500	3.500	4
Minas ... ..	5.100	5.700	500	5
Obras civiles ... ..	9.500	10.500	—	6
Textiles ... ..	3.400	3.500	300	7
Industrias diversas ... ..	1.060	1.300	200	8
De formación general ... ..	18.060	21.000	2.200	9
Técnicos del Estado ... ..	5.500	6.000	(a)	10
	<b>X = 136.000</b>	<b>Z = 167.000</b>	<b>E' = 26.000</b>	<b>11</b>
De los cuales:				
en activo ... ..	120.000	147.000	22.000 (b)	
inactivos . . . . .	16.000	20.000	4.000	
			(serv. mil.)	

(a) La mayoría de los técnicos del Estado provienen de las familias 1 a 9.

(b) Por no haber sido ocupados por ingenieros diplomados, los puestos surgidos durante el período se han ofrecido a otros candidatos. Una economía se agapta siempre, mejor o peor, a un estado de escasez. Así, entre 1952 y 1957 el número de empleados en funciones de ingenieros ha aumentado, en el sector privado, a un ritmo de casi 4,5 por 100 por año.

## III. POLÍTICA DE LA OFERTA

1.º *Una dificultad que debe resolverse.*—El estudiante actual no estará realmente en activo hasta dentro de diez o quince años y no alcanzará su pleno rendimiento hasta pasados veinte o veinticinco años. En otros términos, la Universidad forma actualmente al hombre de 1985 y, por tanto, es la imagen del mundo en esa época la que se deberá captar en sus múltiples aspectos, particularmente si se trata de la formación de ingenieros. Por consiguiente, la política de Oferta no puede alcanzar previsiones a plazos muy largos, ya que, en el estado actual de los conocimientos, no se puede prever, con un grado suficiente de precisión, la evolución cuantitativa y cualitativa de la Demanda más que para un plazo medio.

La programación de la formación permite, sin embargo, como veremos luego, salvar esta dificultad; pero con una condición: el estudio prospectivo y la programación deberán modificarse todos los años o cada dos años.

2.º *Programación del reclutamiento en las escuelas.*—El programa siguiente se ha hecho a partir de la columna 8, cuyos dos primeros números, sacados de los modelos Y y Z (128.000 y 147.000), se han extrapolado hasta 1986. Las cifras de las columnas 7 y 9 se han obtenido inmediatamente aplicando la ecuación general de equilibrio entre la Oferta y la Demanda deducida de la fórmula núm. 2 por sustitución de  $d'$  por el valor que tiene en la fórmula núm. 1. Para el conjunto de la Economía tiene la forma (fórmula 3):

Desviación probable al fin del período.	=	Demanda probable al fi- nal del período (nivel de equilibrio)	-	Oferta probable al final del período (nivel de programa)
(columna 9)		(columna 8)		(columna 7)
$E'$	=	$K(D + E)$	-	$(D - R + A)$

Si se hubiera suprimido el reclutamiento de las escuelas, las disponibilidades ( $D$ ) de ingenieros disminuirían como consecuencia de las jubilaciones ( $R$ ). El cálculo permite determinar la evolución de  $(D-R)$  o «población residual» (col. 5) que va quedando en activo. Jugando con la aportación ( $A$ ) del programa de formación (col. 6) y, por tanto, con la válvula de admisión de la co-

riente de acceso que se produce siete años antes, en el ingreso en las escuelas de ingenieros (col. 2) se puede deducir el aumento o reducción de la Oferta global (col. 7) y, por consiguiente, los excesos o defectos en el número de ingenieros (col. 9).

Tres cuestiones se plantean en esta programación:

a) *¿Qué ritmo de crecimiento puede adoptarse en la admisión de las escuelas?*—Las puertas de acceso a las escuelas pueden abrirse entre dos posiciones extremas:

— La que preconizan los economistas, cuyo deseo es reabsorber *E'* en el tiempo mínimo. Para ello debe aumentarse la corriente de acceso en proporciones enormes, lo que tropezaría con enormes dificultades materiales y pedagógicas.

— La que desearía la Universidad: un aumento progresivo en el «desarrollo del programa» para que el acceso de los estudiantes a los circuitos de formación no sea muy brusco. Pero de este modo se produciría una considerable penuria de ingenieros en algunos sectores.

El programa considerado como base de partida, está indicado en la columna 2, y consiste en aumentar rápidamente la admisión en las escuelas desde 5.000 (admisión efectiva en 1955) a 10.000 (admisión de programa). La oferta probable de ingenieros (col. 7) podría, entonces, alcanzar a la demanda probable (col. 8) por primera vez, hacia 1973 (en realidad, en 1975, si se tiene en cuenta el suplemento de 6.000 ingenieros que con toda seguridad estarán inmovilizados por el servicio militar). Pero el equilibrio, así alcanzado, será de corta duración, puesto que la Oferta será superior a la Demanda a partir del año siguiente y el excedente que aparece (col. 9) no podrá absorberse más que disminuyendo la admisión en las escuelas (col. 2) y no será sino hasta 1985 cuando se restablezca definitivamente el equilibrio.

b) *¿Cómo definir el programa de admisión de cada escuela?*—Se trata simplemente de subdividir el programa nacional. En una primera etapa se obtienen 10 programas (uno por Familia de formación) y en la segunda, tantos programas como escuelas.

c) *¿No es excesiva la extrapolación de la previsión, válida entre 1955 y 1960, hasta el año 1986?*—Hemos visto que solamente son seguras las dos primeras cifras de la col. 8 del programa. Las si-

## EXTRACTO DEL PROGRAMA NACIONAL DE FORMACION (a)

ADMISIÓN EN LAS ESCUELAS			SIETE AÑOS DESPUÉS: SITUACIÓN DEL NÚMERO DE INGENIEROS					
Número de alumnos		Fecha	Fecha	Población residual (D-R)	Aporte del Programa acumulado (A)	Niveles		Déficit de excedentes (desviación) E'
de equilibrio	de programa					del programa (Oferta) (D-R+A)	del equilibrio (Demanda) K(D+E)	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
		1948	1955	<i>120.000</i>	<i>5.000</i>	<i>120.000</i>	<i>128.000</i>	- 8.000
<i>6.700</i>		1953	1960	<i>105.000</i>	<i>20.000</i>	<i>125.000</i>	<i>147.000</i>	- 22.000
<i>7.200</i>	<i>5.000</i>	1955	1962	<i>98.950</i>	<i>31.000</i>	<i>129.950</i>	<i>154.400</i>	- 24.450
<i>7.700</i>	<i>10.000</i>	1960	1967	<i>92.950</i>	<i>75.000</i>	<i>157.950</i>	<i>174.700</i>	- 16.750
<i>7.800</i>	<i>10.500</i>	1961	1968	<i>79.600</i>	<i>95.500</i>	<i>165.100</i>	<i>179.100</i>	- 14.000
<i>8.345</i>	<i>11.500</i>	1966	1973	<i>62.100</i>	<i>141.000</i>	<i>203.100</i>	<i>203.100</i>	0
<i>8.580</i>	<i>12.000</i>	1968	1975	<i>54.750</i>	<i>164.500</i>	<i>219.250</i>	<i>213.250</i>	+ 6.000 (b)
<i>9.230</i>	<i>8.000</i>	1973	1980	<i>35.650</i>	<i>214.500</i>	<i>250.150</i>	<i>240.800</i>	+ 9.350
<i>10.000</i>	<i>10.000</i>	1978	1985	<i>15.300</i>	<i>258.000</i>	<i>273.300</i>	<i>269.300</i>	+ 4.000 (b)
<i>10.250</i>	<i>10.250</i>	1979	1986	<i>11.850</i>	<i>268.250</i>	<i>280.100</i>	<i>276.000</i>	+ 4.100 (b)

a) Las cifras en cursiva son relativamente seguras: Corresponden a lo que podríamos llamar *zona de visión clara*. Las otras son meramente indicativas, puesto que nos sitúan en la *zona de previsión hipotética*.

Los valores de R que entran en el cálculo de D-R se han forzado para tener en cuenta la mortalidad de los ingenieros jóvenes que entran en activo entre 1955 y 1986: por consiguiente, las últimas cifras tienen un grado de seguridad mucho menor que las primeras.

b) Suplemento necesario para tener en cuenta los efectivos retenidos en servicio militar.

güientes extrapolan la tendencia; se ha supuesto, pues, que, entre 1961 y 1986, la actividad general se desarrollaría al mismo ritmo que entre 1955 y 1960 y que la Demanda de ingenieros continuaría relacionada con este desarrollo de la actividad general por el mismo coeficiente *K*. Es evidente que esto solo es una hipótesis. El punto de equilibrio de 1985 es solamente indicativo; es una «estrella» situada en la prolongación de la *zona de visión clara* que está limitada a los cinco primeros años de la previsión (1955-1960). Para poder dar seguridad a la acción que se desarrolla, de manera permanente, habría que rehacer la previsión todos los años o cada dos años; y cada vez habría que modificar la posición de la estrella. Pero ésta *habría indicado durante un cierto tiempo una dirección válida*. La zona de visión clara estaría siempre cuatro o cinco años por delante, de forma que las inflexiones del camino aparecerían lo suficientemente pronto para permitir a la Universidad corregir sus objetivos. Este es el artificio que permite elaborar una política de formación a largo plazo (20 a 25 años); aunque apenas sea posible entrever la evolución de la demanda más allá de cinco o seis años.

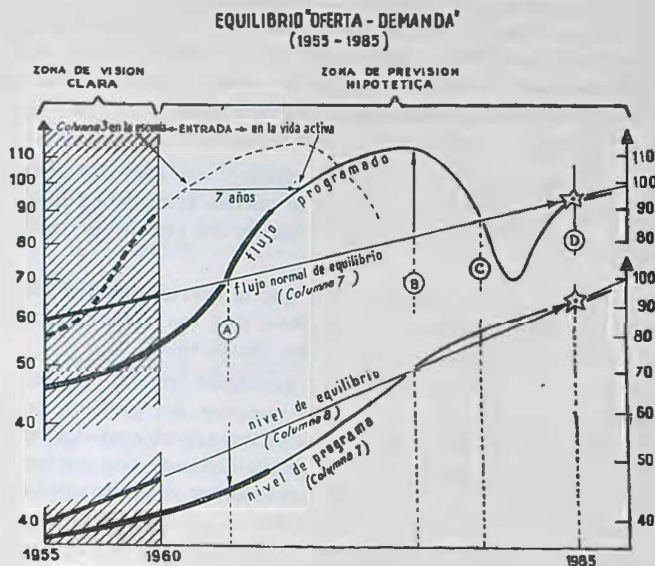
Sin embargo, a medida que la experiencia se afirme y se mejoren los métodos, podrá extenderse el término de la previsión a fechas cada vez más lejanas.

3.º *Leyes del equilibrio entre la Oferta y la Demanda.*—Para aclarar algunos puntos que intencionadamente se han dejado en la penumbra es útil volver a considerar, en una forma sintética, los problemas considerados hasta aquí, lo cual permitirá enunciar cualitativa y cuantitativamente las leyes generales del equilibrio entre la Oferta y la Demanda. Para ello conviene, en primer lugar, precisar la significación de las cifras de la col. 1 del programa nacional.

La población de 128.000 ingenieros (total del modelo *Y*: 1955) disminuye todos los años en 1/40 por jubilaciones o fallecimientos; para «mantener» esta población hace falta, pues, que se produzcan todos los años 3.200 ingenieros; a lo que se llama *flujo de sustitución* en 1955. Pero, en realidad no se trata solamente de «mantener», sino que es necesario aumentar la población en un 2,8 por 100, proporcionando un suplemento de 3.500 ingenieros por año; este número representa el *flujo de crecimiento* en 1955. El total



6.700 (9) o flujo de equilibrio en 1955, debe permitir asegurar a la vez la sustitución y el crecimiento, es decir, elevar el nivel del programa (Oferta) al mismo ritmo que el nivel de equilibrio (Demanda) que crece también en 2,8 por 100 por año.



Pero entre 1950 y 1955 se produjo un déficit que seguirá agravándose en el porvenir; y para reabsorberlo debe elevarse el nivel del programa muy por encima del nivel de equilibrio, para producir durante un cierto tiempo un número de ingenieros nota-

(9) El número de 6.700 hubiera debido figurar siete años antes de la entrada en las escuelas (col. 1 del programa en 1948).

blemente superior al que correspondería solamente al «mantenimiento» del equilibrio entre la Oferta y la Demanda.

El gráfico núm. 2 reproduce el programa nacional. En su parte inferior se observa que las oscilaciones del nivel del programa, a una y otra parte del nivel de equilibrio, tienden a amortiguarse y a partir de 1985, el nivel del programa se superpone al nivel de equilibrio. Este movimiento traduce, en forma notablemente atenuada, las oscilaciones de gran amplitud del flujo de ingenieros jóvenes que entran en activo y, por consiguiente, del flujo de acceso a las escuelas de ingeniería siete años antes (10). Pero también en estas curvas tienden a amortiguarse las oscilaciones y a partir de 1985 el flujo programado coincide con el de equilibrio.

Las partes superior e inferior del gráfico son interdependientes. Es decir, actuando sobre el flujo se pueden reabsorber los excedentes y los déficits, o sea hacer coincidir las curvas de ambos niveles.

En resumen, según el gráfico, para que la Oferta equilibre a la Demanda y para mantener este equilibrio una vez alcanzado, deben satisfacerse, *al mismo tiempo*, tres condiciones:

Condición 1.<sup>a</sup> *No debe haber ni excedente ni déficit.*—Esta condición se ha adquirido, en la parte superior del gráfico, en *B* y en *D*. Pero en *B* el flujo del programa es tan superior al del equilibrio que el nivel de programa se eleva rápidamente con exceso y aparece un excedente que es necesario reabsorber disminuyendo el flujo por debajo de su valor de equilibrio.

Condición 2.<sup>a</sup> *El flujo del programa debe tener el mismo valor que el de equilibrio.*—Esta condición está realizada en la parte superior del gráfico en *A*, *C* y *D*. Pero en *A* la situación es de déficit y en *C* de excedente (ver la parte inferior del gráfico).

Condición 3.<sup>a</sup> Las dos primeras condiciones no se satisfacen *al mismo tiempo* y por primera vez más que en *D*. Para mantenerlas es necesaria una tercera condición: *el flujo del programa debe aumentar al mismo ritmo que la Demanda global* (nivel de

(10) Para restablecer el nivel del equilibrio de un lago hace falta aumentar considerablemente el caudal o flujo de los arroyos que lo alimentan.

equilibrio), es decir, mientras que no se diga otra cosa, en 2,8 por 100 por año.

Cuando se cumplen, al mismo tiempo, las tres condiciones de equilibrio el mantenerlo no representa ningún problema; en efecto, un crecimiento de un 2,8 por 100 del flujo corresponde a un aumento medio de 1 a 2 alumnos en cada promoción, por escuela y año. Pero si una de estas condiciones no se cumple, la situación se agrava y, en general, no puede restablecerse más que a largo plazo debido a la longitud de los circuitos de formación y a la inercia del sistema de enseñanza. Si no se realizan estudios prospectivos destinados a iluminar el comportamiento espontáneo de las autoridades responsables de la enseñanza, transcurren, por término medio, treinta años entre el momento en que habiéndose cometido un error empiezan a aparecer sus consecuencias (*período de ceguera*) y el momento en que comienzan a tener pleno efecto las medidas adaptadas en consecuencia (*período de impotencia*).

## REFLEXIONES SOBRE EL METODO

Todo método de previsión se funda en un análisis del pasado. En el nuestro nos hemos esforzado en seguir la variación del número de ingenieros en el transcurso de los dos últimos siglos y, con más detalle, desde 1900 a 1955. Pero la mitad del último medio siglo se ha visto alterada por crisis y guerras: sólo el primer conflicto mundial nos hizo perder del 8 al 10 por 100 de nuestros mejores y más jóvenes ingenieros, es decir, aproximadamente del 15 al 20 por 100 de nuestro potencial. En cuanto al flujo de las escuelas ha estado regulado no por las tendencias fundamentales de la Demanda, sino por fenómenos marginales de corta duración (paro, huelga, etc.). Prácticamente no hemos conocido nunca situaciones equilibradas, ni cuando las escuelas eran libres en la admisión de sus alumnos (antes de 1934) ni cuando después de dicho año estuvieron sujetas a la admisión de ciertos contingentes. En los dos casos se ha actuado sobre las corrientes de acceso en una forma excesiva o a destiempo y nunca después de un estudio de prospec-

ción. Por lo que el número de ingenieros se ha visto tan pronto aumentado de una forma anormal (1919 a 1943 con un vértice entre 1934-1938) como frenado en su desarrollo, cuando las necesidades no cesaban de aumentar (1943-1955).

No se debe, pues, fundar una política de admisión de alumnos de ingeniería ni sobre la extrapolación de las curvas 1919-1943 (ello contribuiría al paro y a la depreciación material y moral de los ingenieros), ni sobre la extrapolación de las curvas 1943-1955 (que se traduciría en una grave escasez y, por lo tanto, en una reducción del índice de crecimiento de la productividad nacional). Suponiendo que de un análisis del pasado pudiera llegarse a determinar una curva de crecimiento fundamental de la Demanda (11), tampoco podría admitirse, sin reservas, su extrapolación, por las razones que siguen:

*Razón 1.<sup>a</sup>* La demanda de ingenieros varía con la velocidad de expansión y la evolución estructural de la mano de obra, principalmente de los cuadros y de los empleados (*supra*), pero también entran en juego la intensidad del progreso técnico y los fenómenos de industrialización: el desarrollo de las aplicaciones científicas y técnicas, el crecimiento del capital productivo de una nación, etcétera, consumen un número de ingenieros mucho mayor que una producción masiva de bienes de consumo. Nosotros hemos entrado desde hace poco tiempo en un período de intenso progreso cuya expansión industrial es dos o tres veces más rápida que en el pasado. Los datos de éste son, pues, difícilmente utilizables porque corresponden a condiciones profundamente diferentes.

*Razón 2.<sup>a</sup>* Pero supongamos que se logre establecer estos datos del pasado sobre las condiciones del progreso y la industrialización actuales; aún así no se deduciría más que el desarrollo de la Demanda no es, seguramente, lineal. En el curso de los dos últimos siglos los diferentes tipos de enseñanza que han aparecido, uno después de otro, han tenido una fuerte arrancada, pero su movimiento se ha amortiguado poco a poco y algunos de ellos han declinado finalmente sin que pudieran evitarlo las importan-

---

(11) Abstracción hecha de las perturbaciones económicas y de los errores cometidos por las autoridades responsables de la enseñanza.

tes adiciones hechas a los programas de formación (caso de los ingenieros textiles). En otras palabras, los efectivos de las Familias de formación evolucionan según curvas en S. Estas curvas se escalonan en el tiempo y todo hace pensar que su suma se traducirá igualmente en una curva en S. El presente estudio ha permitido señalar fenómenos precursores de una disminución de la Demanda para ciertos tipos de formación, a pesar de que la expansión económica es rápida y sostenida.

Por consiguiente, y a pesar de que se tengan en cuenta estos fenómenos, el índice medio del 2,8 no es aplicable más que a un período corto del tipo de 1955 a 1960. Más allá es probable que decrezca (12).

La estrella situada en la prolongación debería aproximarse lentamente al horizonte; la amplitud de este movimiento no puede apreciarse por análisis estadístico, resultado de un pasado profundamente perturbado, sino *por un análisis, por rama y por Familia, de las fuerzas de la economía real, que originan las evoluciones estructurales del futuro.*

**Razón 3.ª** Supongamos, en fin, que la curva de evolución probable de la Demanda haya sido calculada correctamente hasta 1986, ¿tendría, por ello, un valor absoluto? No es seguro.

En efecto, como se ha construido a partir de los datos del pasado, aunque éstos se hayan reajustado como acabamos de decir, el estudio prospectivo acepta como buenas las concepciones que sirven de base para la selección y formación de los cuadros futuros y no pone en evidencia las deficiencias fundamentales de las instituciones existentes. Es cierto, por ejemplo, que si la enseñanza técnica media se desarrollase más rápidamente, las pérdidas que la falta de eficiencia de este personal produce al nivel de los cuadros superiores disminuiría de una forma sensible. El programa de formación de ingenieros podría hacerse menos ambicioso del que hemos propuesto en lo que se refiere al número, pero más

---

(12) A menos que el progreso y la industrialización sean en el porvenir por lo menos tan intensos como en el curso de los diez últimos años. A este propósito, el desarrollo considerable de la enseñanza superior científica y técnica en la U. R. S. S. podría tener consecuencias que arrastrarían a los demás países por el mismo camino... Estas cuestiones exigirían, de todas formas, un estudio especial.

exigente en lo que se refiere al nivel de estudios y al valor humano de la formación. También es verdad que podría llegarse a conclusiones contrarias razonando de otra forma; p. ej., modificando algunas de sus características tradicionales algunos ingenieros podrían aspirar a ciertas funciones donde su actividad sería productiva, pero a las que actualmente no llegan más que de una forma accidental.

Subiendo más alto todavía, el horizonte se ensancha. Se puede admitir que la afluencia de jóvenes a las puertas de la Universidad está dentro del orden normal de las cosas y que el fin de todo estudiante es adquirir los conocimientos que le permitan ejercer una profesión. En estas condiciones, ¿qué criterios puede invocar un servicio público encargado de la enseñanza, para someter el acceso a la misma a sistemas tan diferentes como son los exámenes de suficiencia y las oposiciones? ¿Del examen que acoge a todos los candidatos que hayan alcanzado el nivel de conocimientos que se estima necesario, como sucede en derecho, letras, medicina, farmacia, ciencias, artes...? De las oposiciones que rechazan sistemáticamente a aquellos candidatos que excedan de un cierto número fijado arbitrariamente con anterioridad o después de un cálculo de las necesidades futuras? En realidad, el verdadero problema consiste en saber qué es más grave, tener un excedente de juristas o de gentes de letras o tenerlo de técnicos, por ejemplo. En lugar de reducirse a buscar el equilibrio en ciertos tipos de formación, ¿no sería preferible tratar de encontrar una distribución del conjunto de la población escolar y universitaria entre las diferentes ramas de la enseñanza que esté en armonía con las necesidades futuras de la economía? La elaboración de una política de formación se basaría, entonces, en la síntesis de los resultados conseguidos por dos vías de aproximación:

— Importancia y naturaleza de los caminos que se abrirán a las nuevas generaciones teniendo en cuenta la evolución probable de la actividad general.

— Velocidad en que, probablemente, aumentarán los efectivos globales de la enseñanza superior.

La política de admisión que hemos descrito se modificaría con ello bastante profundamente.

En *resumen*, un método, aunque haya sido estudiado profundamente, no puede agotar el tema. Puede considerarse que es bueno si posee tres condiciones:

— Que sea lo bastante flexible para que alcance a todos los fenómenos que se presenten en el campo de observación (es, entonces, indefinidamente perfeccionable).

— Que permita, en un momento dado, plantear los problemas más importantes y aportar bases de discusión.

— Que jalone *provisionalmente* el camino a recorrer para evitar reincidir en los mismos errores ya cometidos en el pasado con la mejor buena fe.

## DISCUSION

Sr. Millán.—Deseo saber si se han tomado las medidas necesarias para calcular un quinto punto de la curva de correlación entre aumento de productividad y densidad de ingenieros correspondientes al año 60.

Sr. Moberg.—Ya hemos formulado los planes necesarios para el control de las cifras de P (productividad) y D (densidad) en 1960; pero hasta el año que viene no podemos hacerlo realidad.

Sr. Artigas.—Creo interpretar la opinión predominante en los presentes de que el planteamiento expuesto por el Dr. Sven-Moberg, es plenamente correcto en la concepción y en el desarrollo. Respecto a la elección de escalas aritméticas o logarítmicas, una vez admitida la recta como línea de variación, es de aplaudir el sentido realista con que han optado por la primera.

Si la función se ha de aplicar a plazo largo, será la exponencial la que se ajustará mejor. Pero como probablemente no será viable un crecimiento tan rápido, es más prudente conformarse al empezar con la aproximación de la función lineal, preparándose con la sensatez proverbial escandinava para un nuevo planteamiento en la coyuntura que oportunamente se depare. Creo que el Dr. Sven-Moberg debe ser felicitado por el criterio que ha preferido.

Deseo subrayar la concienzuda preparación del «modelo» que monsieur Vermot Gauchy ha dispuesto para la solución del problema con los datos hasta 1956. Inspira nuestra confianza el dilatado período de tiempo con que se ha depurado antecedentes y la ingeniosa especificación de rubros, como

## SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

las «Asociaciones de familias, Volumen de horas, Número de asalariados, Evolución de cuadros, etc.». La consecuencia de este esfuerzo analítico tan logrado, y tan propio del genio francés, es el inevitable en las conclusiones, que han sido cuidadosamente diversificadas. Ello exigirá, como ya anota el autor, la revisión de métodos en plazos cortos, con lo que los resultados tendrán más fiabilidad. Conviene, aun así, destacar que en las proporciones entre el número de ingenieros y los de cuadros y mano de obra influirá crecientemente la automatización, y ello hará retocar las cifras que hayan de ser aceptables.



## ORGANIZACION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO Y TALLER DE LOS ESTUDIANTES DE ESCUELAS TECNICAS SUPERIORES (\*)

Prof. Ir. D. Dresden

En todas las consideraciones que podamos hacer en relación con la enseñanza y educación práctica de los ingenieros debemos partir siempre de la idea de que un ingeniero ha de ponerse en contacto, durante el ejercicio de su profesión, con materias tangibles, operaciones concretas y seres humanos. Este hecho fundamental no es compatible con una educación que se limite a enseñar conocimientos y a hacer pensar sobre ellos.

Ciertamente, esto es también aplicable a los médicos, cuya educación deberá necesariamente comprender ejercicios de aplicación práctica de los conocimientos adquiridos mediante el estudio. Los primeros pasos en este sentido se han de realizar bajo la dirección cuidadosa de colegas más experimentados; sólo gradualmente, en el curso de uno o dos años, habrá adquirido el futuro médico la capacidad y el derecho de actuar independientemente. La frase de que «la perfección se adquiere con la práctica» hace mucho que está admitida en la profesión médica. ¿Por qué no aplicar el mismo criterio a la enseñanza de los ingenieros?

Sin embargo, hasta hace poco tiempo, la mayoría de los cursos para ingenieros no proporcionaban ninguna forma de enseñanza práctica, y aun hoy día, algunas escuelas se limitan a la enseñanza teórica; por lo que los que allí se gradúan tendrán que completar su formación en la práctica de su profesión.

---

(\*) El profesor Dresden inició su conferencia indicando que hablaría muy despacio el inglés y traduciendo algunas frases al castellano para que pudiera entenderse mejor. En esta traducción no se han hecho resaltar dichas frases, excepto por lo que a la «quintilla» final se refiere, y se ha procurado perfeccionar su castellano, cuando ha parecido conveniente.

No quiero decir con esto que, a la larga, las personas así formadas sean menos valiosas que aquellas que, en sus años de formación hayan seguido un programa de estudios más variado; pero sí que será mayor el rendimiento de los esfuerzos que realicen para perfeccionarse en su profesión. Es cierto que se aprovechan mejor las experiencias prácticas después de haber estudiado las teorías en que se basan; pero también es cierto que se puede aprovechar mejor el estudio científico después de haberse enfrentado con los problemas prácticos. El ideal sería alternar, de forma continua, teoría y práctica, que es precisamente la forma en que se realiza la enseñanza de los estudiantes de Medicina.

Ciertamente que hace ya cincuenta años que se introdujeron en la mayoría de los planes de estudios de ingeniería algunas prácticas que llevaban consigo trabajos manuales elementales. Esta clase de trabajos eran muy sencillos, pero también muy útiles para aquellos estudiantes que no habían realizado con anterioridad trabajo alguno de este tipo. Las ventajas de estas enseñanzas elementales eran principalmente indirectas, porque con ellas se podía conseguir, al menos, cierto grado de conocimiento de las labores que se realizan en las fábricas. Cuando poco después se dió un paso más al introducir las prácticas en la industria durante los períodos de las vacaciones escolares, los operarios de las fábricas se encontraron mejor dispuestos a ayudar a unos muchachos que no estaban totalmente ignorantes de las dificultades prácticas elementales. Posteriormente se ha discurrecido mucho sobre los posibles sistemas que permitan realizar, al menos parcialmente, estudios teóricos y experiencias prácticas alternados. Dean Schneider, de Cincinnati, propuso y puso en práctica una solución muy interesante. Planteó una organización que permitía a los estudiantes alternar períodos de cuatro semanas en la universidad con otros de prácticas, de igual duración. Este sistema, llamado «sandwich», ha sido adoptado en muchos Centros de los Estados Unidos, y aún hoy día continúa considerándosele como una de las mejores soluciones. La duración de estos períodos puede variar en las diferentes Universidades, oscilando de uno a tres meses, pero el principio básico continúa siendo el mismo. Debe admitirse que su introducción es sólo posible cuando hay una industria suficientemente desarrollada, a una distancia razonable

de la universidad, ya que de otra forma los viajes que frecuentemente hay que realizar entre la universidad y la fábrica representan un gran inconveniente. Aun en los casos en que se cumple esta condición es necesaria una gran labor para crear y mantener una organización eficaz.

Hace falta asimismo una cierta repetición en las conferencias, para aquellos estudiantes que habiendo estado ausentes de la escuela durante un cierto tiempo, no hayan podido asistir a un cierto número de conferencias, que habrá que repetir para dicho grupo en el período siguiente.

Por estas razones es fácilmente comprensible que el sistema «Sandwich» no haya sido adoptado universalmente. En mi opinión, le siguen en orden de eficacia las prácticas, bien organizadas, durante las vacaciones escolares o, por lo menos, durante parte de ellas. Pero no por ello debemos pensar que sea superfluo proporcionar un entrenamiento manual previo, si bien, y como es natural, éste puede adquirirse también independientemente. En esta cuestión hay que hacer distinciones entre las diversas ramas de la ingeniería y los programas de prácticas deberán modificarse de acuerdo con la especialidad escogida por el estudiante. Un muchacho que desee trabajar en la industria química no sacaría el mismo provecho de un trabajo elemental en el taller mecánico que otro que se oriente hacia la ingeniería de producción. Diferencias semejantes surgen cuando se trata de estudiantes de ingeniería civil, de minas, etc.

Cabe preguntarse si no existen razones aún más poderosas para diferenciar las diversas funciones a las que un ingeniero de una rama determinada puede dedicarse una vez terminada su carrera. El hecho de si conviene o no el mismo tipo de prácticas durante las vacaciones, al que intenta ser ingeniero de producción, que al que pretende ser proyectista, o dedicarse a actividades comerciales, o ser jefe de personal o investigador, parece que es materia opinable, que se presta a discusión. Conviene observar, sin embargo, que no se debe dar demasiada importancia al aspecto puramente técnico. En realidad, el fruto más importante de este trabajo práctico está fuera de este dominio —del puramente técnico—. No le causará perjuicio alguno al futuro comerciante o al futuro ingeniero de producción el haber pasado parte de su tiempo de

vacaciones en un departamento de investigación y de manera análoga aquellos que han de manejar hombres pueden adquirir una experiencia y conocimiento importantes mediante un período de prácticas en el departamento de ventas. Estoy dispuesto a defender que, incluso para un futuro ingeniero civil que sienta preferencias por la investigación, unas prácticas bien organizadas en la sección de pruebas de una fábrica de motores eléctricos puede resultar en extremo valiosa para su cometido final.

Para hacer más evidentes estas afirmaciones tan generales he de detenerme en diferentes aspectos de estas experiencias prácticas. Todos nos sentimos dispuestos a ensalzar la especialidad particular por la que nos sentimos inclinados; cosa, hasta cierto punto, muy comprensible. Pero dicha preferencia o inclinación debiera fundamentarse en los valores intrínsecos de los diferentes campos y tipos de trabajo; y estos valores, que son relativos, son juzgados de forma muy diferente por gente distinta. Es muy humano que, por una parte, nos sintamos inclinados a escoger una persona o una cosa, por la que sentimos mayor afecto que por otra y que una vez escogida la persona o cosa, veamos en ella mayores atractivos de los que ve el resto de la gente. Esto tiene, sin embargo, el peligro de que nuestra apreciación de las cosas o personas con las que no tenemos tanto contacto, no sea por completo imparcial. Y precisamente esta falta de apreciación es la que ha de corregirse mediante el contacto producido como consecuencia de la observación directa de los cometidos de otras personas. Vistas desde lejos, hay cosas que parecen sencillas y faltas de interés; pero de cerca, esas mismas cosas pueden revelar dificultades especiales y características interesantes. Y, por supuesto, este mayor conocimiento del trabajo de los demás aumentará nuestro aprecio hacia el trabajador que lo realiza: el trabajo de un alfarero que moldea un trozo de arcilla para convertirlo en una bonita vasija valiéndose para ello de un torno, parece bien sencillo; pero si intentamos hacerlo por nosotros mismos, veremos que no es ni mucho menos tan simple como parece. El más perfecto trabajo práctico que el estudiante pudiera realizar en el laboratorio o taller de la Universidad no podría proporcionarle esta apreciación de las actividades de los demás, que es la recompensa que, inmediata o indirectamente, percibe el estudiante por el trabajo práctico realizado durante sus vacaciones;

siempre y cuando, naturalmente, el joven no sea impermeable a tales influencias.

El objeto de la labor del estudiante es aprender. Y, en mi opinión, hay tres métodos para que esto se consiga. El primer método, que es el más efectivo pero también el más costoso, consiste en aprender por medio de los errores cometidos por sí mismo. El segundo, menos efectivo pero también mucho menos costoso, consiste en aprender de los errores de los demás. El tercero se basa en la asistencia a conferencias y la lectura de libros escritos por profesores que estudiaron un gran número de errores y que los explican en ellos. Este tercer método es el menos eficaz, pero como es el más barato, puede empezarse por él, aunque sin perder las oportunidades que se puedan presentar de observar y comprender los errores que la gente comete. Por ello el pasar una temporada en una sección de una factoría en que los errores salgan a la luz es muy provechoso; por ejemplo, en montaje o pruebas, que es donde las equivocaciones cometidas en el proyecto o en la construcción se hacen claramente patentes.

Al volver a la Escuela después de dicho período de prácticas, el estudiante se encontrará más dispuesto al estudio de las materias no relacionadas directamente con las cuestiones en las que ha concentrado su interés principal. Y si se ha visto enfrentado con problemas de su especialidad, que no puede resolver todavía con la ciencia que posee, habrá, sin duda, adquirido un nuevo estímulo para ampliar sus conocimientos. Así, pues, su trabajo práctico le estimulará actuando sobre él en forma de «curso de refresco». Debiéndose prevenir contra las malas interpretaciones de esta expresión, que también se aplica a ciertos cursos especiales, a los que me referiré más adelante. En el caso del que ahora se trata, sólo quiero exponer la idea de que el alumno volverá al trabajo con una mente remozada, aun cuando quizá sus facultades físicas se hayan visto sometidas a una carga fuera de lo habitual.

Espero me permitan una ligera digresión en este punto de mi charla. La idea de que el estudiante vaya profundizando gradualmente en los estudios al tiempo que, como consecuencia de que va descubriendo que los problemas prácticos precisan una herramienta más perfecta que la que él posee, se desarrolla en él un afán por aprender que puede llevar a la denominada educación concéntrica.

Esta designación fué aplicada por el profesor Karapetoff en 1908, que, en una conferencia celebrada en Detroit, hizo la observación de que el estudiante debiera recibir primeramente una idea general de un amplio campo de la ingeniería, reduciendo luego la extensión de los estudios para concentrarse en las cuestiones fundamentales. Cuando comencé mi labor en la Escuela Técnica Superior de Delft, en 1920, seguí una línea de razonamiento semejante, aplicándola de manera especial a la Ingeniería mecánica. Es sumamente interesante observar que este mismo principio es el que se aplica en América en gran escala, al seguirse los estudios de «Bachelor of Science» (BSc) y terminarse así un ciclo al que pueden o no seguir los estudios correspondientes al grado de «Master» (MSc). De acuerdo con las estadísticas, el 80 por 100, por lo menos (más bien el 85 por 100), de los estudiantes no continúan los estudios después de haber recibido el título de «Bachelor». Pero es bastante frecuente que éstos sientan posteriormente el deseo de ampliar los estudios hasta alcanzar el grado de «Master» como consecuencia de una experiencia profesional, en la que el «Bachelor» se ha tenido que enfrentar con problemas cuya resolución estaba fuera de su alcance.

Sería un grave error considerar que la mayor profundidad en los conocimientos fundamentales, inherente al grado de MSc, no tiene demasiada utilidad. Ciertamente el tanto por ciento de estos ingenieros no es muy elevado pero su influencia resulta esencial.

En los últimos años son cada vez más numerosos los problemas que exigen un mayor conocimiento matemático y científico; especialmente en el campo de la investigación. Podrá parecer ilógico permitir que un estudiante deje la universidad como «Bachelor», cuando sus preferencias se inclinen decididamente hacia la investigación y, para ello, habrá de necesitar continuar sus estudios hasta conseguir el grado de «Master». Pero aunque esto será cierto en algunos casos, creo que las ventajas indicadas en general serán también válidas en la mayoría de los casos para los «Bachelor» que hayan terminado sus estudios recientemente.

Benett, en los Estados Unidos, ha sugerido la conveniencia de que, en una primera etapa de la enseñanza, se hagan las siguientes divisiones: investigación, proyectos, inspección, dirección y activi-

dades comerciales. Mi opinión es que esta selección funcional no debe realizarse hasta que el estudiante haya tenido la oportunidad de ver por sí mismo «cómo es todo»; y esta oportunidad puede tenerla durante los períodos de prácticas intercalados entre sus estudios en la Escuela.

Volviendo a las prácticas realizadas en las mismas escuelas, está claro que los programas de trabajo en laboratorios y talleres deben adaptarse a la profesión que el estudiante haya elegido. Si éste desea ser ingeniero químico necesitará realizar bastante trabajo de laboratorio, principalmente como una aplicación práctica de los temas expuestos en las clases teóricas. Cualquier otro trabajo práctico que pueda hacer en la escuela dependerá de la labor a la que se piense dedicar. Los programas de trabajos de laboratorios y talleres deberán además adaptarse a los cambios que se produzcan en los procedimientos industriales; lo cual significa que deben preverse revisiones periódicas a intervalos relativamente cortos. Es necesario tener en cuenta una condición muy importante: que la organización de estos trabajos prácticos debe garantizar al estudiante la oportunidad de realizarlos en el momento oportuno en relación con lo que está estudiando. Esta condición es igualmente importante para el trabajo a realizar durante las vacaciones. Por ello debe existir un contacto permanente entre la universidad y las industrias que quieran recibir estudiantes.

Miembros competentes del personal docente deben encargarse de esta organización y de mantenerse en contacto con los estudiantes que están trabajando en la industria. Incluso aun sin tener en cuenta las complicaciones extraordinarias producidas por enfermedad de los estudiantes o profesores, por las excursiones imprevistas —aunque éstas sean en extremo útiles— por otras actividades que normalmente pueden surgir o incluso por razones puramente técnicas, como son las interrupciones en el suministro de energía eléctrica. Aun en su forma más sencilla, dicha organización requiere una atención constante por parte de los miembros de la facultad.

Al principio de mis actividades como profesor de la Universidad Técnica de Delft, practiqué el sistema de que mis alumnos trabajaran en la industria durante parte de las vacaciones; dirigí yo mismo esta organización, pero sólo para mis alumnos. Cuar-

do vi la posibilidad de extender el alcance de este trabajo, mediante la colaboración de empresas en el extranjero, aproveché las oportunidades que se me ofrecieron. Después de unos cuantos años, el trabajo se canalizó adecuadamente y transmití mi tarea a un comité de la facultad, extendiéndose el sistema a otros departamentos de la Universidad. Durante algún tiempo, se nombró un ingeniero con experiencia para que visitase a los estudiantes en las fábricas y discutiese con la dirección los programas a establecer para los distintos estudiantes. No estoy muy seguro de que aún se emplee este sistema de un ingeniero encargado de la organización de las prácticas, pero la idea de que debe existir alguna clase de organización permanente que se ocupe de cuestión tan importante ha tenido una aceptación general. No es posible establecer reglas rígidas y sencillas en relación con los detalles de esta organización; lo principal es saber que la Universidad vigila constantemente esta labor y se preocupa de adaptar los detalles a las circunstancias del momento.

La vigilancia del trabajo de cada estudiante en la escuela y en la práctica permitirá al jefe de estudios agregar una información interesante a la hoja de servicios en que se registra parte de la biografía de los jóvenes estudiantes. También será una enorme ayuda cuando más adelante el estudiante que está terminando sus estudios acuda a su jefe de estudios y a los profesores para que le aconsejen respecto a la clase de trabajo que más le conviene emprender al dejar la Escuela.

Espero que sabrán excusarme si es que me he salido un tanto de los límites de la materia que se me había asignado.

Creo que debería organizarse cierta forma de educación científica continuada para los ingenieros, aún mucho después de que éstos hayan recibido sus títulos. Me refiero a los denominados «cursos de refresco», expresión que ya he utilizado aplicándola a otra cuestión. El progreso de la ciencia es tan rápido que raramente puede el ingeniero disponer del tiempo y la oportunidad necesarios para mantenerse al corriente de su desarrollo. Por otra parte, es probable que, en su trabajo, no encuentre ocasiones frecuentes para aplicar algunas partes de sus estudios de carrera. Por ello y con el fin de que pueda mantenerse al día en estas cuestiones, convendrá que de vez en cuando se apliquen aquellos conocimien-



tos y en este sentido los «cursos de refresco» ofrecen una gran oportunidad.

Al principio de la conferencia comparé la situación con la de la profesión médica. Quiero ahora hacer resaltar que también el médico necesita continuar incesantemente su educación. En los distintos países se han dado soluciones diferentes a este problema. Pero no estoy en condiciones de decir cuál de estas soluciones es la que produce mejores resultados y las condiciones en que se desenvuelve la ingeniería en los diferentes países determinarán las diversas soluciones para lo que yo he denominado «cursos de refresco».

Permitidme repetir que es esencial realizar trabajos prácticos bien planeados y organizados, tanto en el seno de las propias universidades como en las industrias donde trabajan ingenieros y que la necesidad de una formación continuada es tan evidente que las universidades deben organizar también «cursos de refresco». Estoy seguro de que el tiempo y dinero que se empleen en esta labor estarán plenamente justificados y producirán dividendos en forma de un rendimiento más elevado del trabajo de nuestros ingenieros.

Por último, hay algo que debo decir en relación con este seminario. En muchos países se están discutiendo desde hace años los problemas que en él se tratan, pero se ha hecho muy poco por resolverlos en la realidad. Hablamos, oponemos e intercambiamos nuestras opiniones con la esperanza de lograr una solución ideal. Pero ésta nunca se alcanzará y creo que sería mejor emprender la introducción de unas cuantas reformas parciales que supusiesen ciertas mejoras, con la idea de corregir aquello que no hubiera dado los resultados apetecidos. Expongo esta idea con un carácter general y no porque crea que deba ser aplicada, sea a los educadores, sea a los estudiantes. Y creo que puede ser expresada por los siguientes versos:

*The fellow who takes action  
Not waiting for perfection  
Will make a better score .  
Than he, who studies more  
But misses his connection*

que pueden traducirse como a continuación se indica:

El hombre que emprende acción  
 No esperando la perfección  
 Alcanza mejor resultado  
 Que el que más ha estudiado  
 Pero pierde, con ello, su ocasión.

## DISCUSION

Sr. Aranda.—En el Primer Seminario de Enseñanza Superior Científica y Técnica (1959) fué ya destacada, al discutir la ponencia «La enseñanza la industria», la organización de las prácticas por la E. T. S. de Ingenieros Agrónomos, pero al reproducirse el tema con mayor amplitud conviene añadir lo siguiente:

Tiene para nosotros gran interés esta Ponencia, pues nos ha permitido contrastar la línea seguida a este respecto por la E. T. S. de Ingenieros Agrónomos.

Desde hace más de cien años se vienen simultaneando las enseñanza teóricas y las prácticas en sus laboratorios, campos y explotación agrícola industrial, anejas a la Escuela, indispensable esta última para que los estudiantes puedan conocer el complejo económico. Además, desde hace algunos años la Escuela dispone de cuatro edificios residencias en explotaciones del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, donde los alumnos permanecen en períodos de tiempo variables, intercalados en el curso (sistema sandwich), adquiriendo el conocimiento práctico de la muy variada agricultura de la Península, habituándose al manejo de tractores, máquinas, dispositivos de riego, etc., y realizando excursiones que les permiten visitar otras fincas, fábricas, etc. Esto ha obligado al profesorado, como se dice también en la Ponencia, a explicar varias veces la misma materia, debido a la ausencia de parte de los alumnos, cuando se trató aquella.

También en años recientes se ha establecido la práctica de que los alumnos permanezcan un cierto tiempo al comienzo del período de vacaciones en una explotación industrial-agrícola (bodega, almazara, etc.) de carácter privado, informándose del funcionamiento de aquella en sus aspectos técnico y económico.

Los cursos de «refresco» también han sido objeto de atención, en la segunda de las acepciones empleadas en la Ponencia, habiendo versado sobre el manejo de máquinas agrícolas, conservación y caracterización de suelos, etc., siendo la asistencia de ingenieros bastante numerosa.

Vemos, pues, por lo indicado, que salvando ciertos detalles impuestos por la naturaleza del trabajo que ha de realizar el ingeniero agrónomo, nuestra enseñanza práctica casi coincide con las ideas expuestas en la Ponencia.

nencia. Conviene, no obstante, que el profesor Dresden explique cuanto pueda aclarar las preguntas siguientes:

1. ¿Cómo se eligen las industrias y fincas donde los alumnos han de realizar sus prácticas?
2. ¿Cuál es el trabajo efectivo que en favor de la industria o la explotación agrícola desarrollan los alumnos?
  - a) ¿Se estudia y programa «a priori» este trabajo?
  - b) ¿Cómo se evitan las interferencias de los alumnos en la actividad normal de la empresa?
3. ¿Reciben los alumnos alguna retribución para hacer frente a sus gastos fuera de la residencia habitual, bien sea de la Escuela o de empresa?
4. ¿Los cursos de «refresco» son retribuidos?

Sería muy interesante para nosotros saber cómo han resuelto esta cuestión en los diferentes países. ¿Podría informarnos de este extremo el profesor Dresden?

Prof. Russell.—Me gustaría apoyar fuertemente la mayor parte, si no todo, lo que ha dicho el profesor Dresden. En los Grandes Departamentos de Ingeniería de las Universidades inglesas siempre ha sido cosa tradicional dedicarse a los trabajos prácticos en laboratorios y talleres. Fué en realidad esta enorme inclinación a los trabajos prácticos lo que retrasó el reconocimiento de la Ingeniería como tema muy digno de ser estudiado en el nivel universitario. Pero ya hace muchos años que esto ha variado por completo.

Todas las Universidades tienen su «Oficina de Destinos», así como un personal adecuado y capaz cuyo cometido consiste en poner a los estudiantes graduados en contacto con jefes o patronos convenientes. Además de esto organizan el trabajo durante las vacaciones de los estudiantes aún no graduados. Por tanto, durante el trimestre de primavera, a todos los estudiantes de Ingeniería se les habrá proporcionado un trabajo adecuado en una importante Empresa de Ingeniería, para que puedan trabajar en ella durante la mayor parte de su período de vacaciones. Generalmente la Empresa o Compañía prepara un informe sobre los progresos realizados por el estudiante, lo que luego sirve muy bien como referencia. Por regla general, no suele informarse sobre el trabajo realizado por el estudiante, pero lo que sí se sabe es que las grandes Empresas se esfuerzan por conseguir que el estudiante adquiera toda la práctica posible en el tiempo de que disponen. No se pretende que el trabajo de unas vacaciones sea como una continuación del realizado en otras anteriores, y es en esto en donde no estoy completamente de acuerdo con lo que recomienda el profesor Dresden. Claro que aconsejaría, por ejemplo, que un estudiante de electricidad haga prácticas en una empresa de material eléctrico ligero, para poder, al siguiente curso, ampliar su experiencia haciéndolas en otra de material eléctrico pesado.

Prof. Dresden.—Las cuatro primeras preguntas del profesor Aranda (primera, segunda, a y b) han quedado contestadas en la conferencia, ya que

## SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

en ella se indica claramente que en la Escuela Técnica Superior existe una comisión formada por personal docente competente que inicia y establece relaciones con empresas nacionales y extranjeras que están dispuestas a recibir a los alumnos de la Escuela. Esta organización se encarga de discutir con las empresas interesadas todos los detalles relativos a las prácticas más convenientes para la Escuela y la Empresa vigila la labor realizada por los estudiantes.

La pregunta formulada por el profesor Aranda sobre la retribución que reciben los estudiantes durante la estancia en la fábrica, se puede contestar así:

Normalmente la fábrica les da una pequeña gratificación y les facilita alojamiento, con lo que quedan resueltos sus problemas económicos modestamente. Cuando los estudiantes van a una empresa del extranjero, la empresa también les abona una pequeña cantidad que les permite vivir modestamente y para los viajes suelen concederse becas.

Para la última pregunta sobre si los ingenieros que estudian cursos de «refresco» están retribuidos, la contestación es negativa. En todo caso los pagarán ellos mismos o la empresa en que trabajan, que son los directamente beneficiados.

## TRABAJOS DE FIN DE CARRERA

Eugenio Andrés Puente

Luis Mazarredo Beutel

### EL INGENIERO

Lo primero que hay que considerar al tratar de los trabajos de fin de carrera es que, siendo, como su nombre indica, la coronación y final de un período de estudios, habrán de responder al criterio que haya orientado la redacción del plan de estudios correspondiente, y, por tanto, a la idea que se tenga de lo que deben ser los ingenieros que salgan de la escuela.

Es fundamental saber lo que se desea obtener para poner los medios para ello. Por lo que, repetimos, es necesario empezar definiendo lo que ha de ser el ingeniero. Sobre todo si, como en este momento sucede, surgen distintos matices que inducirían, si se concretasen, a conclusiones muy distintas, también, sobre lo que han de ser estos titulados y los estudios mediante los cuales han de formarse.

Por ello comienza este trabajo con una definición del «Ingeniero profesional», habiéndose elegido para ello la adoptada por la EUSEC por proceder de la entidad internacional que, por reunir las asociaciones de ingenieros europeos y de EE. UU., es quizás la que mejor puede establecer lo que debe esperarse de un ingeniero; sin particularismos personales o de lugar o tiempo, salvo, naturalmente, en que responda al momento actual de la sociedad y de la técnica. Respecto al concepto «ingeniero profesional» se ha traducido simplemente por «ingeniero», ya que en la Ley de Enseñanzas Técnicas se dice claramente que «el título de arquitecto o ingeniero representa la plenitud de titulación en el orden pro-

fesional para el ejercicio de la técnica correspondiente», y, por otra parte, nunca ha habido en España, al menos en los últimos tiempos, distinción alguna entre los ingenieros de una especialidad una vez obtenido el título correspondiente.

La definición citada se ha traducido como sigue:

«Es ingeniero aquel que en virtud de las enseñanzas fundamentales que ha recibido y de las prácticas que ha realizado está capacitado para tener una visión y aplicar un método científico a la resolución de los problemas técnicos, así como es capaz de asumir una responsabilidad personal tanto en el desarrollo de la ciencia y de las técnicas ingenieriles como en sus aplicaciones, particularmente a la investigación, proyecto y fabricación y en la organización y mando de las empresas. Su trabajo es fundamentalmente intelectual y variado y no sólo no tiene carácter rutinario —mental o físicamente—, sino que requiere el ejercicio de una capacidad creadora y, si es necesario, la adopción de la responsabilidad de revisar trabajos e inspeccionar trabajos técnicos o administrativos realizados por otras personas. Su formación debe permitirle poder seguir de cerca y de forma continuada todos los progresos que se produzcan en la rama de la ingeniería que constituye su especialidad, consultando las publicaciones que aparezcan en el mundo, asimilando la información correspondiente y aplicándola independientemente. Debe ser capaz de contribuir al desarrollo de la ciencia de la ingeniería y a sus aplicaciones.

Mediante las enseñanzas recibidas y la práctica desarrollada debe haber adquirido tanto una visión amplia y general de las ciencias de la ingeniería como un conocimiento profundo de las particularidades de su especialidad, y ha de poder dar, en un tiempo prudencial, un asesoramiento técnico autorizado o adoptar la responsabilidad de dirigir tareas de importancia dentro de su especialidad».

De acuerdo con esta definición el ingeniero debe desarrollar un trabajo que, lejos de tener carácter rutinario y de restringirse a la aplicación sistemática de los métodos ordinarios —lo que algunas personas han llamado ingeniero de formulario— contribuya al desarrollo de la ciencia de la ingeniería y a sus aplicaciones.

Si el ingeniero no es un científico, más cerca está de serlo que de un simple jefe de taller o un capitán de industria, y en realidad

tiene de todo ello un poco. Por ello, el hecho de que el futuro ingeniero se pueda dedicar a una de estas actividades —o a otras, relacionadas también con su profesión— ignorando otros aspectos de la ingeniería, no debe influir en la redacción del programa de estudios ni en el concepto general del trabajo de fin de carrera; la Escuela deberá proporcionar en todo caso una preparación completa y equilibrada, dosificando de tal modo las enseñanzas que el estudiante reciba «una visión general de la ciencia de la ingeniería y el conocimiento profundo de una especialidad».

Dentro de estas directrices generales caben distintas soluciones, según la estabilidad y desarrollo alcanzados por la rama de la ingeniería en cuestión y de las condiciones sociales, tradiciones, economía, etc., del país donde hayan de ejercer su profesión los ingenieros formados en la Escuela. Por ello no parece ser recomendable la adopción de normas rígidas y concretas, aunque éstas hayan demostrado ser excelentes en otras circunstancias. Y solamente después de un cuidadoso estudio podrán acoplarse las soluciones adoptadas por otros países.

Sin embargo, cuando en centros muy distintos entre sí se ha adoptado una solución determinada, esta solución merece por esta sola razón una atención especial. Y a estos efectos puede decirse que en todos los países de la Europa occidental sigue a los estudios de ingeniero (que duran de tres a siete años) un trabajo de fin de carrera de una extensión equivalente a dos a seis meses de trabajo. Estando cada vez más extendida la tendencia de relacionar este trabajo con ensayos de laboratorio e investigaciones de interés en el país donde está situado el Centro.

#### LA NECESIDAD DEL TRABAJO DE FIN DE CARRERA.

Hay países en los que se realiza un examen al finalizar los estudios, considerándose el trabajo de fin de carrera como parte integrante o como complemento de este examen.

Suele aplicarse esta norma cuando no se realiza un examen al terminar el período lectivo de cada una de las materias. Pero si sucede, como en España, lo contrario, no parece sea conveniente la realización de un examen de reválida. Y, en efecto, este requi-

sito ha sido abandonado por Centros que anteriormente lo habían aplicado (sirva de ejemplo de ello la Universidad Técnica de Lisboa) puesto que no proporciona una orientación ni conocimientos nuevos al estudiante, que se ve obligado a desarrollar un trabajo de repaso, esencialmente memorístico y que, sin proyección alguna hacia el futuro, no sirve más que para contrastar calificaciones ya obtenidas.

Mejor solución es que la calificación que finalmente obtenga el estudiante se establezca con las notas obtenidas en los cursos y un trabajo o proyecto de fin de carrera, que si bien obligará al estudiante a reconsiderar temas estudiados anteriormente, le inducirá a hacerlo sin perder de vista una aplicación concreta, juzgando con las soluciones posibles para alcanzar la que, en su conjunto, le parezca la mejor.

Pero como el alumno, al llegar a esa fase, ha aprobado todas las asignaturas que componen la carrera y, por tanto, ha demostrado oficialmente su suficiencia en lo que se refiere a sus conocimientos, si este trabajo ha de servir de examen, ha de serlo no para demostrar lo que aprendió, sino su capacidad para aplicarlo. Lo cual no implica que haya de aplicar todo lo que aprendió. Es más, para demostrar aquella capacidad habrá que profundizar un tanto en las cuestiones que se le planteen. Por lo que en la práctica habrá que concretarse a una cuestión de amplitud limitada.

Llegados a este punto, cabe preguntar si no podría prescindirse de este trabajo de fin de carrera, puesto que problemas concretos eran las cuestiones prácticas tratadas en las distintas asignaturas, calificadas al tiempo que se calificó la teoría. Algo más que un examen ha de ser para que tenga verdadera razón de existencia. Razón que hay que buscar en la enseñanza que proporciona.

Entre los cursos de la Escuela, en los que el alumno ha sido llevado de la mano, haciéndole realizar ejercicios, prácticas o proyectos parciales perfectamente definidos, con herramientas no sólo conocidas, sino que con frecuencia le han sido entregadas junto con el enunciado, y la práctica, en la que el ingeniero ha de encontrarse con problemas cuyos términos ha de empezar por enunciar, para poderlos resolver luego con herramientas que, si existen, ha de saber encontrar y elegir, hay demasiada diferencia para que no sea aconsejable establecer un puente de unión.



Un programa bien orientado de prácticas puede ser de gran eficacia. Pero al principio de la carrera las prácticas no pueden ser más que elementales y reducidas, y sólo cuando el alumno ha adquirido el caudal suficiente de conocimientos y experiencia pueden proponérsele cuestiones en las que haya de tener cierta libertad de acción; por tanto, sólo durante los últimos años y particularmente en el trabajo de fin de carrera.

De ello puede deducirse que éste ha de ser esencialmente un complemento de los estudios realizados, que proporcione al estudiante una enseñanza y experiencia distintas de las que pudo adquirir cursando la serie de asignaturas que componen el plan de estudios. Para lo cual habrá de apartarse de los cauces marcados en aquellos, desarrollándose con originalidad e independencia.

#### CONCEPTO DEL TRABAJO DE FIN DE CARRERA.

Como ya se ha dicho antes, dada la diversidad de las ramas de la ingeniería, es difícil dar normas concretas sobre este trabajo. Normas que por lo demás serían difíciles de aplicar dado el número y la diversidad de aspiraciones de los estudiantes actuales.

Pueden hacerse, sin embargo, algunas observaciones sobre las orientaciones que parecen deseables, de acuerdo con lo anteriormente dicho.

a) El tema debe ser esencialmente *técnico*. No se quiere con esto decir que no puedan tener parte en él la Economía y la Organización; pero más en sus aspectos de aplicación directa a la técnica que en cuestiones que exijan una información, una experiencia y un criterio, que no pueda normalmente esperarse de un alumno en el último año de la escuela.

b) Debe ser de una *extensión limitada*. Esto puede implicar que en él no se comprenda más que una parte reducida de las materias estudiadas y que incluso en lo fundamental, los únicos conocimientos que haya de aplicar y desarrollar correspondan a una sola asignatura. Posiblemente no sea este el caso más conveniente, ya que se perdería así parte de la labor de síntesis que pudiera desarrollarse. Pero aun así podría ser admisible, ya que no debe olvidarse que si la labor de síntesis es importante, no lo es menos

la de análisis. Y esta última, para la que han sido educados los estudiantes, con el pensamiento matemático, al principio de su carrera, se va abandonando a medida que progresan en sus estudios, y esto hasta tal punto, que es ésta una de las dificultades con que muchos estudiantes se encuentran: la aparente falta de razón —si no se ha realizado el análisis conveniente— de muchas de las simplificaciones que hay que practicar en las aplicaciones técnicas.

El contraste adquirido por esta experiencia en una o más asignaturas es aplicable a las demás. Y se habrá logrado lo que se deseaba: que el estudiante aprenda un camino y un método, que podrá extender después a otras disciplinas o actividades.

c) Al ser limitado puede tener una mayor variedad; lo que permite una mayor *elasticidad* en las cuestiones propuestas. Evitándose así las repeticiones y pudiéndose hacer proyectos de mayor amplitud al colaborar en ellos varios alumnos. Pero, sobre todo, porque esta variedad permitiría que estos trabajos anduvieran de acuerdo con las posibilidades y vocación de los alumnos. Es interesante en este último aspecto subrayar la conveniencia de que el estudiante trabaje en un tema de su agrado. Lo que supone que debe dársele ciertas posibilidades para que pueda escoger, entre ciertos límites, el tema de su trabajo.

d) Es fundamental que el trabajo *pueda ser correctamente realizado* por el estudiante: ajustarse a realidades a su alcance es un principio científico y moral, esencial en un centro donde además de enseñarse diversas disciplinas se forman los jóvenes estudiantes.

Por lo demás, sólo así se realizará el trabajo con interés, desarrollándose el esfuerzo que requiere para que pueda lograrse con él la finalidad propuesta. De no cumplirse estrictamente este requisito puede el estudiante verse obligado a copiar de otro aparato o instalación ya existente, introduciendo sólo las modificaciones necesarias para dar la apariencia de que está acoplado a los datos del proyecto. O lo que quizá sea peor: a inventar sin fundamento.

e) El tema debe desarrollarse con la mayor *profundidad* posible en un trabajo de esta categoría, que como no es una tesis de doctorado no requiere un nuevo avance de la técnica, sino la aplicación de técnicas conocidas a un caso concreto.

Esta aplicación puede ser más o menos nueva, pudiéndose conseguir así una serie de pequeños avances técnicos, que pueden orientarse como convenga. Con lo cual se aprovecharía una energía que de otra forma se pierde y que no es nada despreciable: ya que es la que son capaces de desarrollar inteligencias seleccionadas para la técnica, en su mayor grado de desarrollo; que son las que poseen esos estudiantes, que con conocimientos frescos, están llenos de entusiasmo por emprender la labor para la que han estado preparándose durante años.

Aunque se prevé que tanto en los temas como en la forma en que éstos se hayan de desarrollar (proyecto, trabajo teórico o bibliográfico, laboratorio, taller o campo) pueda haber gran variación, conviene que el tema esté elegido por un profesor en íntimo contacto con la Industria o con centros de Investigación en la materia correspondiente. Ya que sólo así se conseguirá que los trabajos sean realmente actuales e interesantes.

En cualquier caso, más importante que el tema es el trabajo que lleva consigo y la calidad de la labor realizada. No debiéndose admitir ningún trabajo que la Escuela no estuviera dispuesta a hacer público.

Conviene, por último, observar a este respecto que no por ser pequeño un tema ha de carecer por ello el trabajo en que se desarrolle de la debida importancia, y aún puede tenerla mayor que la que pudiera tener un trabajo realizado sobre un tema trillado.

#### REALIZACIÓN.

a) Para conseguir la mayor eficacia, conviene que este trabajo se realice antes de terminar la «carrera»; es decir, en la Escuela o en un Instituto de Investigación. Considerándose preferible que se realice en la misma Escuela, ésta deberá disponer de los medios que el estudiante pueda necesitar. Ciertamente, muchos de los trabajos podrán realizarse con los medios, personal y documentación actuales; otros pueden serlo con el auxilio de otros centros ya existentes (por ejemplo, los Institutos de Investigación). Pero, en general, habrá que conseguir una mayor dedicación del personal de las escuelas y una mayor vitalidad —actividad, continuidad y «puesta al día»— en las instalaciones.

Esto puede no requerir presupuestos mucho mayores —incluso, posiblemente, fueran suficientes los actuales, convenientemente distribuidos—, pero sí ingresos sustancialmente mayores para todas las personas que realmente se dedicaran a esta labor; y probablemente la organización de nuevos Centros o Institutos de Investigación y ensayos, ya propuestos en el anterior seminario por consideraciones más generales que la que ahora nos ocupa.

Esta reorganización es particularmente precisa si los trabajos requieren ensayos de laboratorio o la ejecución de prototipos. Y es imprescindible si consisten en parte de una investigación que realice un equipo.

b) Dentro de la generalidad con que se está tratando el tema no es posible entrar en detalles sobre el tipo de estos trabajos; que podrán tener un carácter muy distinto, tanto por lo que al tema se refiere como a la manera de desarrollarlo. Muchos —quizá la mayor parte, considerando el conjunto de las ramas de ingeniería— de los trabajos serán individuales y no requerirán trabajo de ensayo. Pero también pueden consistir, como ya se ha indicado antes, en el proyecto o ejecución de una parte de una investigación de carácter más amplio, dirigida y coordinada por un profesor-investigador que actúe de jefe de grupo.

Como este tipo de trabajos es poco corriente en las escuelas de ingeniería españolas, parece oportuno extenderse sobre ellos, indicando que dicho sistema proporciona las ventajas siguientes:

Cada investigador tiene a su disposición un grupo de alumnos eficientemente preparados, que trabajan en un mismo tema y bajo su dirección, pudiendo profundizar cuanto desee en sus investigaciones.

Cada estudiante tiene la oportunidad de desarrollar libremente su capacidad de invención, rindiendo a la vez un servicio al colaborar directamente en la solución de un problema de investigación.

Organizando seminarios, en los que el alumno informe sobre su trabajo, se puede conseguir que cada uno de ellos viva los problemas de sus compañeros, obteniendo así una visión de conjunto muy valiosa, no sólo del problema de la investigación en que él está colaborando, sino de todos los demás que se estén resolviendo en el establecimiento.

Pudiendo, incluso, llegarse a la colaboración entre distintas escuelas.

Cada futuro ingeniero se encontrará al realizar su trabajo de fin de carrera con un problema concreto que tendrá que resolver por sus propios medios; habrá de cambiar informaciones con ingenieros que realicen trabajos semejantes en la industria y, en su caso, podrá apreciar tangiblemente las dificultades físicas que encierra la ejecución de un prototipo, adquiriendo una experiencia de incalculable valor que le dará gran seguridad en sí mismo en sus actuaciones futuras.

c) Hasta ahora, la mayor parte de los ingenieros han encontrado colocación al salir de la Escuela. Esto ha dado lugar a que en algunas ocasiones se hayan realizado proyectos «para salir del paso», mientras sus autores estaban ya trabajando. Es posible que en el futuro cambien las circunstancias de oferta y demanda de esta clase de graduados, pero de todos modos parece conveniente que no se repitan estos casos, para lo cual es, entre otras cosas, deseable que la índole y *extensión* del trabajo de fin de carrera no requiera una prolongación innecesaria de la estancia del futuro ingeniero en el centro donde debe realizar dicho trabajo.

Para evitar estos inconvenientes parece aconsejable organizar los planes de estudios de forma que pueda realizarse el trabajo de fin de carrera durante el último año de ésta, dejando, en su caso, para este último curso aquellas asignaturas que no sean imprescindibles para la realización de los trabajos que se propongan.

El tiempo que debe absorber el trabajo, suponiendo una plena dedicación del estudiante, no parece deba ser mayor de seis meses ni menor de dos, pudiendo simultanearse, en parte, con el estudio de las asignaturas del último curso de la carrera, en cuyo caso se extendería a períodos más largos de tiempo.

En todo caso debe ser propuesto con amplio margen de tiempo —al principio del último curso, incluso antes— para que el estudiante se encariñe con el tema y tenga tiempo de reunir la información necesaria y de madurar sus ideas.

d) Una medida que puede ser eficaz para evitar que el trabajo se reduzca a la presentación de una serie de documentos, que pudieran incluso haber sido realizados por un delineante, es la de limitar la extensión de éstos. Con ello se obligaría, además, a una la-

bor de síntesis, evitando las divagaciones y datos de poco interés, que en su caso podrían disimular la falta de contenido real del trabajo realizado.

La memoria debe ser escueta y de fácil lectura, pudiéndose recomendar, por ejemplo, una extensión del orden de 80 páginas folio a doble espacio.

e) Con el fin de poder ensayar estas propuestas e introducir aquellas mejoras que aconseje la experiencia, convendría iniciar este tipo de trabajos en algunas de las escuelas que más facilidades presenten para su realización, manteniendo un control constante de los resultados que se vayan obteniendo hasta la obtención del resultado óptimo.

## OBJETIVO

Lo que se propone es evidentemente mejorar a un tiempo la técnica y los técnicos. Técnicos que podrán ser en su día jefes y creadores de empresas, pero que por el momento deben aprender a profundizar en los conceptos, a cuidar y ejecutar los detalles y a tomar contacto con nuevas ideas y métodos, que han de descubrir precisamente por sí mismos.

Se trata de conseguir que el estudiante esté satisfecho de su trabajo, y que aunque posteriormente no haya de tener ningún contacto con actividades investigadoras, que ese contacto haya existido alguna vez, aunque sea de forma embrionaria. Que haga una pequeña pausa final, y que antes de introducirse en el mundo de la producción se pare a considerar un problema para que pueda contribuir al progreso de esa técnica en la que es un titulado superior.

## A P E N D I C E

### TRABAJOS DE FIN DE CARRERA Y SU RELACIÓN CON LOS PLANES DE ESTUDIO EN DISTINTOS PAÍSES DE EUSEC

*Alemania*.—Los estudios (4 años teóricos, unos 6 efectivos) finalizan con un examen, al que hay que presentar, además, un tra-

bajo de fin de carrera, cuyo tema se ha fijado 6 meses antes. Este trabajo es juzgado por un especialista en la materia, que puede convocar al candidato para una discusión sobre el trabajo que ha presentado.

*Austria.*—La duración teórica de los estudios es de 4 1/2 años, seguidos de un examen final. El carácter de este examen varía con las especialidades, pero, en todo caso, ha de demostrarse suficiencia —de una u otra forma— en las realizaciones prácticas antes de pasar el examen teórico. El examen «práctico» puede durar una semana, o bien puede consistir en un trabajo cuya realización suele requerir 3 meses de trabajo.

*Dinamarca.*—Los dos últimos semestres (de un total de 5 1/2 años) están dedicados al estudio intenso de una materia a elegir entre un amplio grupo de ellas, al mismo tiempo que se desarrolla un trabajo de fin de carrera sobre dicha cuestión, que forma la parte más importante del examen final.

*Estados Unidos.*—Los estudios de Ingeniería pueden ser muy distintos en los distintos Estados y centros de enseñanza. Los estudios suelen durar 4 años teóricos, de los que el primero (Freshman year) está dedicado a materias que en otros países (Europa en general) se estudian en la 2.ª enseñanza. El grado de especialización aumenta hasta el 4.º año, pero no es muy grande. No es general la exigencia de un trabajo de fin de carrera. Sin embargo, para poder practicar plenamente la profesión, el ingeniero ha de estar registrado, para lo cual ha de pasar otros tres exámenes fuera del centro de enseñanza, no pudiendo practicarse el último de ellos hasta haber tenido unos 4 años de experiencia práctica.

*Finlandia.*—Después del examen con que termina el período de estudios (4 años teóricos, de 5 1/2 a 6 efectivos) se han de emplear 6 meses en el desarrollo de un trabajo de fin de carrera, que ha de versar sobre una materia en la que el candidato haya obtenido, por lo menos, la calificación de «bueno» en los exámenes finales.

*Francia.*—Existen diversos tipos de planes de estudios. Se expone uno de ellos —el de l'Ecole Central des Arts et Metiers— que se considera como típico. En dicha Escuela se ingresa mediante examen, tardándose normalmente en alcanzar el nivel requerido unos dos años. Luego siguen tres años, al final de los cuales se

ha de realizar un trabajo de fin de carrera, que supone unos tres meses de trabajo. Los estudios son muy poco especializados (son comunes en los dos primeros años) y la especialización se consigue, en su caso, mediante cursos de post-graduados.

*Holandá.*—La duración teórica de los estudios es de cinco años; la media real es de seis y medio a siete años. Ha de realizarse un trabajo final de fin de carrera y un examen final.

*Inglaterra.*—Los estudios propedéuticos se realizan fuera de la Universidad o Escuelas («General Certificate of Education at Advanced Level» en Matemáticas, Física y, a veces, Química). La duración teórica de los estudios en el Centro de Enseñanza Superior es de tres años, consiguiéndose así el título de BSc u otro análogo (siendo corriente la duración de cuatro años para el Honours Degree). El grado de especialización aumenta desde el primer año —que es prácticamente común— hasta el tercero, aunque sin llegar a ser tan acusada como en la Europa Central o del Norte. Se realiza, en general, un trabajo de fin de carrera, aunque no se le dé tanta importancia como en el continente. (Para el Honours Degree y, por supuesto, para el título de Master, este trabajo sí tiene importancia y comprende con gran frecuencia trabajo de laboratorio.) En todo caso, para llegar a ser miembro de uno de los Institutos de Ingeniería —el espaldarazo al título obtenido—, se requieren dos años de prácticas sistemáticas, otros dos años de ejercicio de la profesión en «puestos de responsabilidad», y con frecuencia, el paso de un examen complementario.

*Suecia.*—En el Real Instituto de Tecnología de Estocolmo se ingresa (hacia los veintiún años) mediante examen. Siguen luego de cuatro a cuatro años y medio teóricos de carrera con una considerable especialización durante los dos últimos años. Se exige la realización de un trabajo de fin de carrera, que absorbe de dos a cuatro meses del último año, «para demostrar la capacidad del estudiante para resolver un problema por sí solo».

*Suiza.*—En el Instituto Politécnico de Zurich la duración teórica de los estudios es de cuatro a cuatro años y medio. La especialización no es tan acusada como en otras escuelas europeas, pero para obtener el «Schlusstat» juega un papel fundamental la realización de una investigación sobre una cuestión determinada.



Además se ha de presentar un trabajo de fin de carrera, cuya realización requiere unas ocho semanas.

## DISCUSION

**Sr. González del Valle.**—Considero, en líneas generales, la Ponencia del mayor interés, y una buena parte de sus puntos están contenidos en las normas establecidas en la Escuela de Telecomunicación. Sin embargo, por la necesidad señalada también en la Ponencia de puntualizar una serie de detalles, y darles unidad y armonía en las diferentes Escuelas, propongo que tras los trabajos de este Segundo Seminario quede asegurado el contacto entre las distintas Escuelas, mediante reuniones entre los profesores encargados de proyectos de estos Centros, en las que no creo se establezcan normas detalladas de carácter general, sino que de un modo permanente se vayan aportando cuantos perfeccionamientos exija materia tan importante como ésta de los trabajos de fin de carrera.

**Sr. Lara.**—Considero interesante el que los estudiantes colaboren en una parte de un gran proyecto dirigido y coordinado por un profesor-investigador jefe de Grupo, precisamente por lo que tiene de iniciación al hábito de trabajo en grupo.

No estoy de acuerdo con la Ponencia en la forma con que se pretende evitar que el proyecto esté formado por un farrago de documentos y dibujos posiblemente realizados por personal de nivel inferior, limitando su «tamaño». Lo que debe ocurrir es que el proyecto sea dirigido y vigilado a lo largo de su realización por un profesor.

**Sr. Puente.**—Durante el período de realización de mi doctorado en la Technische Hochschule de Braunschweig, pude comprobar el gran rendimiento obtenido con equipos de trabajo semejantes a los propuestos en la ponencia.

Concretamente, en el Instituto de Telecomunicación y Alta Frecuencia fué realizada gran parte de la investigación sobre televisión en color por dichos equipos, valiéndose de alumnos que realizaban su trabajo fin de carrera como parte integrante de la tesis de varios doctorandos, los cuales estaban a su vez en contacto directo con los distintos profesores del Instituto. De esta manera fué posible proyectar, construir y ensayar un canal completo para televisión en color (cámara, emisor y receptor) con la sola importación del tubo de rayos catódicos.

**Sr. Usón.**—Quisiera pedir una aclaración sobre el carácter que han de tener los trabajos de fin de carrera. El señor Puente ha señalado que su experiencia en Alemania le ha permitido conocer la posibilidad de que un equipo de estudiantes, trabajando cada grupo con la dirección de un doctor

y todos con la de un director de investigación, habrán participado en la realización de una investigación sobre televisión en color.

A mí me interesa el carácter de la labor realizada por cada estudiante, que es lo que corresponde a esta Ponencia. Y la aclaración que solicito es la siguiente: ¿la labor de un estudiante en su trabajo de fin de carrera será la de un laborante más o menos distinguido o la de un técnico que se inicia en la investigación? Por que ambas son compatibles con su integración en un proyecto de investigación, como el citado por el señor Puente, pero también distintas desde el punto de vista de la labor del alumno.

Dr. Haslegrave.—Deseo corroborar los principales puntos de la Ponencia y para ello voy a referirme a lo que se hace en Inglaterra. Allí, algunas Universidades llegan a realizar proyectos de tipo experimental durante varios años, principalmente en los cursos para el «Honours Degree» y durante el último año de la carrera se invierte en ellos la mitad del tiempo. En los «Colleges of Advanced Technology» no se han realizado proyectos más que en los últimos años, con excepción de cuatro de estas Escuelas. En mi propio «College» se han realizado trabajos de fin de carrera durante treinta años, pero hasta hace unos cuatro años eran tan sólo de tipo de proyecto. A los estudiantes se les encargaba el trabajo de realizar el proyecto de un puente, la estructura de un edificio, un motor diesel o una máquina o turbina de vapor, de acuerdo con unos datos, y esto lo habían de hacer en este trabajo seiscientas horas, pero el término medio es de cuatrocientas en un período de tiempo no superior a cuatro meses. Algunos emplearon horas. Habían de presentar diseños en detalle, esquemas, dibujos completos así como un informe escrito. Cada estudiante leía su informe ante sus compañeros y tenía que «defenderlo». El objeto de este trabajo de proyecto es ayudar al estudiante a desarrollar su capacidad de trabajo a fin de que se acostumbre a trabajar con premura de tiempo, a poner a prueba la profundidad de algunos de sus conocimientos técnicos al aplicarlos a un problema concreto, a buscar datos de distintas procedencias y a tener iniciativa, criterio y condiciones analíticas para que el informe resulte conciso y bien razonado.

Actualmente se están proponiendo trabajos que exigen el empleo de la capacidad constructiva y experimental del estudiante, para por este medio poder aumentar la utilidad de este trabajo, tanto para la industria como para la enseñanza. En la actualidad, a los estudiantes se les conceden de cuatro a seis horas semanales para trabajar en el «proyecto» en su último año de carrera, pero la mayor parte de ellos emplean en este trabajo casi todo su tiempo libre. El trabajo comprende investigación, bibliografía, proyecto y construcción de aparatos, comprobación de estos aparatos y realización de ensayos y por último la preparación de un informe que ha de ser «defendido» de las críticas de los compañeros. Algunos ejemplos recientes de estos proyectos son:

- a) desarrollo de medios para medir y registrar los latidos del corazón de una persona que trabaje o corra a cierta distancia.
- b) desarrollo de dispositivos eléctricos para investigar el flujo de aire en torno de un perfil aerodinámico.
- c) estudiar los requisitos exigibles al sistema de frenado de coches y aviones.

Las ventajas de este sistema comprenden: desarrollo de cuestiones útiles para la industria (algunas patentes han sido ya fruto de estos proyectos); preparación del camino para una investigación más extensa; utilización de los problemas que se presentan en la industria para ser tratados en este trabajo; mejorar la formación de los estudiantes desarrollando y valorando en ellos facultades que no pueden hacerse patentes limitándose a los exámenes escritos.

Se conceden puntos a los proyectos, y éstos se tienen en cuenta para la concesión del diploma ordinario con honores de primera o de segunda clase.

Esto sistema exige espacio y equipos adicionales y un taller y laboratorios más desarrollados así como mayor número de personal. Por tanto, resulta más costoso que el hacer solamente trabajos de proyecto. Si el número de estudiantes es muy grande convendrá probablemente emplear ambos sistemas.

**Sr. Montes.**—Me refiero concretamente a dos puntos que han sido tratados durante la discusión de esta Ponencia.

El primero es que de acuerdo con la Ley de Reforma van a existir dos titulados: uno de ingeniero y otro de doctor en ingeniería. Estimo que el trabajo fin de carrera para el ingeniero debe ser exclusivamente un proyecto, en tanto que el doctor ingeniero debe hacer una tesis.

El segundo hace mención a la forma de trabajar en el desarrollo del proyecto; para ello convendría montar en las Escuelas una Oficina de Proyectos bajo la dirección del profesor jefe de Proyectos, y con la colaboración orientativa constante de los profesores especialistas de cada materia. Este trabajo debería hacerse de una manera sistemática, lo que obligaría a una dedicación por parte de ingenieros, que han de resolver sus problemas económicos de vida mediante el trabajo en la Industria.

Hasta que no se considere debidamente el problema de remuneración adecuada, no será posible hacer una labor francamente positiva en esta cuestión de trabajo de fin de carrera.

**Sr. Sánchez Tarifa.**—En nuestra opinión no se hace distinción en la Ponencia entre un proyecto y una tesis como trabajos de fin de carrera. Un proyecto es la aplicación de métodos conocidos a la resolución de un problema concreto, mientras que una tesis corresponde a un trabajo de investigación en el que se aportan nuevos conocimientos a la Ciencia o a la Técnica.

## SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

En nuestra opinión, los proyectos deben ser realizados por todos los ingenieros mientras que las tesis deben requerirse para el doctorado.

Sr. Sanguino.—Estoy conforme con lo que indica la Ponencia, dado que el trabajo de fin de carrera obligará al estudiante a reconsiderar temas estudiados anteriormente sin perder de vista su aplicación concreta y demostrando su capacidad de aplicar lo que aprendió, debiendo ser esencialmente técnicos, con una extensión limitada y de no muchos meses de duración. Los que hacen los alumnos de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes se ajustan a estos principios, y se desarrollan con arreglo a temas muchas veces propuestos por los propios servicios del Cuerpo, temas que tienen un sentido realista, pudiendo sus soluciones aplicarse de un modo técnico y práctico; otros tienden a destacar lo que se realiza en el extranjero, poniendo de relieve las diferencias entre las técnicas del país visitado y las nuestras. También, y en ello estoy igualmente conforme con la Ponencia, los trabajos pueden tener como base una investigación, bien con carácter individual o formando parte de un equipo, pero esto es una excepción y se aplica a aquellos alumnos que por sus aficiones, trabajos que han ejecutado y formación exclusivamente personal, están en condiciones de realizarla dentro de las líneas generales de un proyecto de final de carrera.

Sr. Costa Novella.—Comparto el criterio claramente expuesto en esta Ponencia de que los trabajos de fin de carrera, para tener verdadera razón de existencia, no deben constituir una prueba más de la suficiencia de los graduados, sino que deben proporcionar un complemento útil a la formación de aquéllos.

Ahora bien, considero que en todos ellos debería exigirse la concurrencia de varios aspectos: 1) Revisión e información bibliográfica (es el momento en que el estudiante debe familiarizarse con el mecanismo bibliográfico); 2) Experimentación, por reducida que sea, es profundamente formativa al obligar a resolver las múltiples dificultades que su realización plantea; 3) Interpretación de los datos y conclusiones.

Aún me atrevería a añadir un cuarto aspecto de extraordinaria importancia: la redacción final de los trabajos debe ser suficientemente vigilada y cuidada (repetiéndola cuantas veces sea necesario), a fin de que constituya un serio aprendizaje de cómo se deben redactar los informes técnicos.

También quiero sugerir la posibilidad de que muchos de estos trabajos pudieran efectuarse en las mismas instalaciones industriales. Son muchos los problemas que tienen planteados las distintas industrias cuya solución no se aborda, por ser otros más apremiantes los que exigen la atención inmediata de los técnicos de las mismas. Serían las Empresas las primeras beneficiadas de que sucesivas promociones de estudiantes se ocupasen reiteradamente de ello, hasta llegar a conclusiones definidas. Mi participación en la Chemical Engineering Practice School, del Massachusetts Institute of

Technology, hace ya algunos años, me demostró la eficiencia de esta colaboración entre Industria e Institutos Tecnológicos. Fueron muchos los problemas importantes que se resolvieron, proporcionando excelente entrenamiento a los futuros ingenieros y sirviendo de base a excelentes trabajos. Sobre el mismo problema se acumulaban trabajos de distintos estudiantes o grupos de estudiantes sin que nunca las intervenciones individuales fueran excesivamente prolongadas.

Siempre resultaba necesario hacer bibliografía, experimentar sobre las mismas instalaciones industriales (para lo que el personal de las Empresas daban siempre amplias facilidades), interpretar los datos reunidos y redactar (varias veces hasta llegar a la forma correcta) el informe final.

Para poder llevar a cabo tales trabajos, el Instituto disponía en cada Empresa (en mis tiempos eran tres) de un taller-laboratorio, una biblioteca y un aula, con un profesor y un auxiliar para la atención de un grupo de ocho estudiantes. Puedo dar fe del perfecto funcionamiento de este sistema que se traducía en excelentes trabajos del tipo de los que se propugnan en esta Ponencia, y un entrenamiento adecuadísimo para los futuros ingenieros que se enfrentaban por primera vez con problemas reales en el marco donde más tarde habían de encontrarlos.

Sr. Hidalgo de Caviedes.—Hemos de presuponer que esta Ponencia está redactada con vistas al plan que establece la Ley sobre Ordenación de las Enseñanzas Técnicas, puesto que el plan existente actualmente para los últimos años de carrera tiene ya poco tiempo de vigencia. Partiendo de este supuesto, surge una primera duda, fundamental, para poder opinar sobre todo el contenido de la Ponencia y es la siguiente: ¿Lo que se designa como trabajos de fin de carrera son los correspondientes al grado de «Ingeniero» o los que corresponden al de «Doctor Ingeniero»?

Si a este último caso hiciera referencia la Ponencia, poco podría objetarse a ella, por considerarse extraordinariamente acertada su orientación. La investigación es una de las características típicas del doctorado.

Sin embargo, parece deducirse de la propia definición de «Ingeniero profesional» que se desarrolla en la primera parte de la Ponencia, que a lo que se refiere la misma es al trabajo final de lo que pudiéramos llamar la licenciatura de la ingeniería y creemos, además, que es más lógico que así sea, puesto que las dotes y las facultades de investigador que es necesario poseer para realizar el tipo de trabajos a que se refiere la Ponencia, no son frecuentes entre los estudiantes, ni tampoco es fácil fomentárselas, si no tienen destacadas cualidades personales para ello. Estas facultades están reservadas a una minoría muy pequeña, y como consecuencia parece que únicamente pueden esperarse de aquellos que hayan de alcanzar los niveles más altos.

Do este antagonismo que surge, a nuestro modo de entender, en el contenido de la Ponencia entre el tipo de trabajo que se pretende obtener de los alumnos y el que cabe exigir a un «Ingeniero profesional», llegamos a la

conclusión de que realmente lo que se propugna es que la masa general de ingenieros, no doctores, sean los que hayan de realizar la labor que se expone en aquella comunicación. Partiendo ya de este principio pasamos a comentar lo que la Ponencia nos sugiere.

Estimamos que si el título de ingeniero o arquitecto, según se transcribe, representa la plenitud de titulación en el orden profesional, parece razonable que un proyecto de reválida trate de pulsar los conocimientos globales, de conjunto, que posea el que va a dejar ya de ser alumno. De otra parte, estamos totalmente de acuerdo en que esta reválida no debe ser, como la Ponencia muy bien dice, un nuevo examen sobre las mismas materias, de las cuales ya demostró en su día el alumno la debida competencia. Pero reuniendo estas dos anteriores afirmaciones con la función característica del ingeniero que en la Ponencia se expresa al decir que le corresponde el «proyecto y fabricación, organización y mando de las Empresas», consideramos que un ejercicio que ponga en juego las facultades que para esta función tenga el alumno y que hasta ese momento han quedado sin pulsar, son el mejor colofón al conocimiento teórico de cada una de las materias y a los ejercicios prácticos de Laboratorio que haya realizado a lo largo de sus estudios, constituyendo además el mejor eslabón entre sus trabajos como alumno y el desempeño de su profesión que le espera a renglón seguido.

Ha de ser, pues, un trabajo esencialmente técnico, pero abordándose en él su conexión con los problemas que la Economía y la Organización de empresas plantean en toda cuestión industrial, característica que lo diferencia de un ejercicio de curso o de una labor de investigación.

Con muy buen criterio y acertada prudencia, advierte la Ponencia que no es posible generalizar ni concretar sobre el alcance, extensión y características que haya de tener el trabajo de fin de carrera, y en efecto, consideramos que es totalmente distinto el problema según sea la amplitud, extensión y homogeneidad de los conocimientos que abarcan cada una de las profesiones.

Sin embargo, como posiblemente las conclusiones a que se llegue a través de esta Ponencia sí vayan a obtener cierto carácter de generalidad, en su aplicación consideramos ineludible referirla, por la que a nosotros afecta, a la profesión de Ingeniería Industrial.

Ya dentro de este campo, todo lo que pueda representar el estudio, proyecto o diseño de una cuestión excesivamente concreta, consideramos que habrá sido o deberá haber sido tratada en la asignatura correspondiente, como ejercicio práctico de ella. Ahora bien, para el trabajo de fin de carrera, estimamos que es preciso reservar una cuestión suficientemente amplia y general como para que tengan que intervenir en su estudio muy distintos aspectos de los diversos conocimientos recibidos a lo largo de la carrera y, aún más, de los que en ninguna de las materias estudiadas ha podido ser objeto de consideración, esto es, el estudio de todo aquello que rodea a ese conjunto que lo aglutina y que convierte en algo real y vivo,

lo que ha sido exclusivamente hasta entonces elementos sueltos de un conjunto que ahora se pretende que domine.

Evidentemente, esta labor encierra dificultades para el alumno, y a su vez exige de los centros de enseñanza el estar debidamente preparados para que el esfuerzo que el estudiante haga para realizar su trabajo sea con un rendimiento máximo del esfuerzo que a él le preste el alumno. Mas hemos de reconocer que si los proyectos de fin de carrera que actualmente se realizan no pueden evidentemente satisfacer por su perfección, puesto que adolecen de los defectos que la propia Ponencia señala, su corrección ha de estar no en la modificación de orientación o de fondo de los temas que se presentan, sino en los medios y en la forma de que se dispone para realizarlos.

Así, pues, consideramos que es extraordinariamente interesante el poder montar en los centros docentes —al menos en aquellos cuyo campo de actuación de la profesión es muy amplio como en la ingeniería industrial— de una bien dotada Oficina de proyectos en la que se mantengan al día toda clase de ficheros y documentación que faciliten al alumno la información imprescindible para situarse en las condiciones más próximas a la realidad que el tema le exige.

Es menester, asimismo, tanto para mantener al día esta documentación, como para aconsejar al propio alumno en su consulta y en su uso, que haya un profesorado sujeto con continuidad a la propia oficina para que constantemente pueda ser consejero y asesor en las dudas que puedan surgir a los estudiantes.

No excluye esto la necesidad de que por parte de los profesores de las técnicas correspondientes a la materia que haya de desarrollar cada alumno, se preste la ayuda necesaria al mismo para orientarlo en las directrices de su proyecto y darle su conformidad a las mismas en lo que a técnica se refiere.

Deberá a su vez estar provista esta Oficina de proyecto de los medios necesarios para que la ejecución material del mismo facilite la labor del alumno.

En lo posible ya se actúa dentro de esta orientación y se instruye a los alumnos en el sentido de que los proyectos sean concisos y sustanciosos, que los planos sean correctos y expresivos y que no den valor alguno a las lujosas representaciones.

En síntesis, pues, consideramos:

1.º Que no puede ni debe exigirse a la totalidad de los alumnos que posean dotes investigadoras ni puede pretenderse despertar éstas por el mero hecho de encargarles un trabajo concreto.

2.º Que no debe perderse la ocasión, única en la carrera, de que poniendo en juego los diversos conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera, aprendan a coordinarlos entre sí y con los diversos problemas que en relación con ellos hay que salvar en la vida real.

3.º Que es imprescindible organizar la cátedra de proyectos en forma

de Oficina Técnica con todos los auxilios materiales y personales que la misma exige.

4.º Que deben reservarse los trabajos de investigación que propugna la Ponencia, para el final de los estudios de doctorado y, por tanto, con una calidad análoga a la de una tesis, trabajo que únicamente podrá alcanzar la minoría especialmente dotada para ello.

**Sr. Mazarredo.**—El hecho de haberse recibido dos contribuciones escritas después de cerrarse la discusión oral parece invitar a completar la contestación que entonces se dió, para que ésta no se fragmente y pueda entenderse mejor la idea de la Ponencia.

La objeción principal parece basarse en la idea de que se proponga un proyecto o trabajo de fin de carrera en el que predomine la labor de análisis, aunque con ello pierda la de síntesis. En la Ponencia ya se exponen las razones principales que justifican este criterio, pero deseamos aclararlo más añadiendo lo siguiente:

La labor de síntesis es imprescindible para el ejercicio de la labor del ingeniero. Pero en este sentido se progresa durante toda la vida (se asciende como en un escalafón) mientras que para realizar una labor de análisis (que también es imprescindible) es necesario pararse; y como en la vida profesional es, con demasiada frecuencia, muy difícil realizar una labor en este sentido, debido al apremio del tiempo con que se ha de trabajar en las empresas, se recomienda que se considere la conveniencia de hacerla en la Escuela. Por otra parte, cuanto más tarde se haga esta labor más provechosa será, tanto para el estudiante como para la técnica. Y como es de suponer que la mayor parte de los estudiantes abandonen la Escuela con el título de ingeniero o arquitecto —es decir que no hagan el doctorado— si no se da el carácter previsto a los trabajos de fin de carrera se habrá perdido la oportunidad de que se realice un trabajo eficaz de este tipo.

Conviene aclarar también lo que en la Ponencia se entiende por tener «un contacto con las actividades investigadoras —aunque sea de forma embrionaria—. Es otra forma de expresar la idea anterior; y no se trata más que de «la aplicación de técnicas conocidas a un caso concreto» pero con cierta «originalidad e independencia». Ese contacto con la Investigación se puede tener, a nuestro modo de entender, en un trabajo de proyecto tal como se ha realizado hasta ahora y no tiene porque existir necesariamente en un trabajo de laboratorio: depende exclusivamente de la profundidad y originalidad con que éstos se realicen.

El tema y modo de desarrollar los trabajos dependerán de las características y posibilidades de la Escuela. Pero acoplándolos debidamente, todos los estudiantes han de ser capaces de hacerlos, porque de no ser así no merecerán el título de ingeniero, «capaz de contribuir al desarrollo de la ciencia de la ingeniería y sus aplicaciones». La salvedad principal que se hace en la Ponencia es precisamente esa: que los trabajos que se propongan estén a la altura de los estudiantes.



Por ello se sugiere que no intervengan en ellos ciertas cuestiones de Economía y Organización; citándose en particular estas materias, no porque se las considere de menor importancia, sino porque su aplicación exige seguramente más experiencia que las demás. Es evidente que también habrá cuestiones de tipo científico o técnico cuya altura o especialización las haga inadecuadas para este tipo de trabajos; pero no se ha hecho hincapié en ello porque, aparte de que esta idea está implícita en la Ponencia, es más fácil para un estudiante cuya preparación ha sido fundamentalmente científica y técnica dominar estas cuestiones.

Quizá la diferencia entre el doctorado, que a nuestro modo de ver pudiera hacerse sobre temas económicos o de organización, o incluso consistir en un proyecto, y los trabajos de fin de carrera, sea que en éstos exista cierta limitación en el planteo de los problemas —es decir una altura máxima— y que para el doctorado haya que exigir una altura mínima.

Los trabajos en colaboración que se proponen ya indican un nivel inferior. Y conviene aclarar en este aspecto que cada estudiante tendría una labor perfectamente definida que habría de realizar por sí solo, aunque se complementara con la que realizaran los demás.

Por último, es deseable subrayar que el hecho de que el trabajo de fin de carrera sirva de enlace entre la escuela y el ejercicio de la profesión no tiene por qué significar que los temas no puedan ser científico-técnicos. Desde el punto de vista de la formación del estudiante, lo importante es que empiece a trabajar por sí solo, y, por tanto, en lo que conoce. Desde el punto de vista del país es también ésta la mejor solución, ya que crearía entre los nuevos ingenieros una mayor afinidad con los problemas técnicos actuales; aumentaría el prestigio de las Escuelas, cuando la labor que en ellas se realice no se limite a repetir lo que en otras ocasiones se ha hecho; y sobre todo, podría realizarse cierta investigación técnica, de la que el país estará cada vez más necesitado.

Terminada esta parte general, en la que se contesta a objeciones presentadas por los señores Montes, Sánchez Tarifa e Hidalgo, deseo contestar al señor González del Valle, indicando que no creo que convenga formar nuevas comisiones sino después de que hayan sido realizados ciertos trabajos útiles y convenga puntualizar las cuestiones que vayan surgiendo. Al señor Lara deseo decirle que al limitar el «tamaño» se obliga al estudiante a fijarse en la redacción —lo que como ha dicho el señor Costa Novella, es ciertamente muy importante— y a suprimir lo innecesario. El hecho de que esté vigilado durante la realización de su trabajo no implica que no pueda incluir en él material procedente, por ejemplo, de la información bibliográfica que haya utilizado. Estoy, por lo demás, totalmente de acuerdo con dicho señor y con los señores Montes e Hidalgo en que debe existir una organización convenientemente dotada que oriente y vigile el trabajo de los alumnos.

Por último, deseo dar las gracias a todos los que han tomado parte en

la discusión, y en particular a los señores Haslegrave, Sanguino y Costa Novella que han dado nueva luz a las ideas propuestas por la ponencia.

Sr. Puento.—Aunque con la intervención del señor Mazarredo quedaron adecuadamente contestadas las preguntas realizadas, desearía facilitar al señor Usón la aclaración que ha solicitado sobre la labor de un estudiante en su trabajo fin de carrera. Dicha labor, entiendo, que no debe ser en ningún caso la de un «laborante distinguido» y sí la de un «técnico que se inicia en la investigación».

Esta afirmación no excluye sin embargo la de que el estudiante tenga que trabajar tan bien como lo haga un «laborante distinguido», pero sobre trabajos proyectados por él mismo.

Desearía aclarar mi respuesta con un ejemplo, que por ser más fácil para mí escogeré de mi especialidad.

Un estudiante podría recibir como trabajo fin de carrera la construcción de un generador de impulsos de determinadas características. Mientras un «laborante distinguido» recibiría el esquema de dicho generador y trataría de montarlo cuidadosamente; el estudiante habría de proyectar su propio esquema, ensayarlo, medirlo, y luego trataría de montarlo tan cuidadosamente como el «laborante distinguido», además de redactar una memoria.

En las restantes cuestiones tratadas en esta discusión, coincido con los puntos de vista expuestos por mi compañero de ponencia señor Mazarredo, restándome únicamente dar las gracias a cuantos señores han intervenido en la discusión, por sus valiosas aportaciones.

# LA ORGANIZACION DE LAS ENSEÑANZAS SOBRE ENERGIA NUCLEAR EN ESPAÑA

Armando Durán Miranda  
Vicente Roglá Altet  
Carlos Sánchez del Río  
Juan Carlos Zabalo



Los temas nucleares con carácter formativo general tienen cabida en los planes de estudio tanto en las Facultades Universitarias como en las Escuelas Técnicas Superiores. Su objeto es el de informar ampliamente sobre la cuestión sin entrar en una especialización concreta, y no pueden por ello ser considerados como integrantes de una formación específica. La mayor parte de las veces son materias insertas en un plan de estudios y constituyen para el alumno el punto de partida para una decisión en su vocación o en su especialización.

El desarrollo actual de la ciencia y de la técnica requiere especialistas que puedan abordar de un modo eficiente los distintos problemas que se presentan. No es posible que dentro de las Facultades Universitarias o de las Escuelas Técnicas Superiores estén previstas en todo momento las diversas direcciones de trabajo que hoy se exigen. Siempre es posible la creación de nuevas carreras que se adapten a la necesidad que en un cierto momento tenga una técnica determinada, pero no hay duda que de modo inevitable los planes de estudio llevan siempre un retraso en relación con el desarrollo de una ciencia o de una técnica, y más si ésta es forzosamente cambiante en razón de su propio crecimiento. Tal es el caso de la ciencia y técnica nucleares. En sus comienzos la formación requerida era en muchos aspectos fundamentalmente física, mientras que hoy necesita forzosamente de la colaboración de muchas ramas de la ciencia, llegando a constituir, muchas veces, estudios con entidad propia lo que hace pocos años era sólo capítulo marginal o simplemente técnica auxiliar.

Hay que abordar el problema desde ángulos distintos a lo que supone, cartesiana y académicamente, una ordenación de estudios al modo clásico .

Habría que partir seguramente del principio de complementar conocimientos mejor que el de la organización de una estructura excesivamente rígida y de base demasiado amplia. Por otra parte hay que intensificar la especialización sin dejar en olvido un tipo de formación necesaria para todos aquellos cuya misión tenga un carácter general de dirección, o bien para aquellos otros que necesiten una base extensa de conocimientos para poder elegir la posible rama de su especialización futura.

Desde los puntos de vista mantenidos no cabe considerar con carácter exclusivo la formación en las Universidades o en las Escuelas Técnicas Superiores. Hay que buscar una mayor relación entre la investigación y la enseñanza que no pueden ir separadas, debiendo establecerse entre ellas un nexo tal que en un mismo lugar puedan coexistir vitalizándose mutuamente.

Las instalaciones costosas que llevan consigo una preparación de tal índole y la necesidad de contar con un personal de adiestramiento probado, obligan a considerar este problema con la máxima urgencia, tratando de utilizar para ello y del mejor modo posible lo ya existente. El esfuerzo que el Estado ha realizado en la Junta de Energía Nuclear y los resultados satisfactorios que ésta ha conseguido, llevan a considerar como muy conveniente la utilización de sus instalaciones y la participación del personal en ella encuadrado. Por otra parte, el problema de la formación de expertos ha sido abordado «ya» por la Junta de Energía Nuclear, que ha organizado hasta la fecha cinco cursos, en los que los problemas han sido variados para adaptarlos a las necesidades de cada momento. Para asistir a estos cursos se exige, como condiciones previas, estar en posesión de un título superior, como ingeniero, doctor o licenciado.

Para la realización de lo anteriormente expuesto es conveniente crear en un sólo Centro unos estudios que teniendo validez tanto en la Universidad como en las Escuelas Técnicas, a efectos, por ejemplo, de especialización en el doctorado, utilicen las instalaciones ya creadas en las que la experiencia ha acreditado su eficacia.

Aunque la estructuración y las funciones del Organismo rec-

tor de estas enseñanzas deberán ser objeto de decisiones ministeriales, en las que no puede entrar esta ponencia, resulta evidente que en dicho Organismo deben intervenir en colaboración muy íntima las Universidades, Escuelas Técnicas Superiores y Junta de Energía Nuclear.

De esta estrecha colaboración surgirá el esquema fundamental de las enseñanzas que se considere más necesario que sean abordadas inmediatamente, tanto en el grado informativo de carácter general, necesario para los titulados superiores que no las hubiesen cursado en sus centros de origen, como las especialidades científicas y técnicas que se consideren necesarias para los próximos programas nacionales de materias primas nucleares y utilización pacífica de la energía atómica.

No creemos prematuro opinar sobre el programa del curso informativo, ya que las enseñanzas, aunque sometidas como todas a la natural evolución de los conocimientos básicos y progresos tecnológicos, estarán siempre agrupadas en disciplinas bastante bien definidas, tales como Física nuclear, Teoría y Tecnología de reactores nucleares, Química y Metalurgia de materiales nucleares, Instrumentación y control de reactores, acción de la radiación sobre los materiales y seres vivos, etc., y deberán ser desarrollados en un curso de carácter general y en un nivel que, aunque adecuado al de los titulados que han de cursarlo, sólo tenga por objeto completar sus conocimientos en temas nucleares, con vistas a su posterior especialización.

Teniendo en cuenta esto y el hecho de que muchos de los alumnos habrán ya estudiado en las Facultades de Ciencias o Escuelas Técnicas Superiores algunas de las materias incluidas en el amplio programa de este curso, será probablemente conveniente que cada alumno, de acuerdo con el jefe de Estudios, elija las asignaturas que considere más conveniente cursar, pudiendo incluso darse el caso de que algunos aspirantes, por los estudios ya realizados en otros centros nacionales o extranjeros pudiesen ser dispensados del curso informativo y entrasen directamente en estudios de especialización.

Cuando se piensa en los cursos de especialización, el aspecto cambia por completo. Por una parte surge la necesidad de considerar cuáles serán realmente las especialidades más urgentes des-

de el punto de vista de nuestros programas nucleares, todavía no perfectamente definidos en todos sus detalles; se presentan después ciertas dudas sobre la conveniencia de separar muy neta-mente las especialidades de carácter técnico de las absolutamente científicas y, por último, debemos también considerar hasta qué punto estamos equipados para atacar algunos estudios que requieran equipos experimentales y profesorado altamente especializados.

Parece por todo ello que la organización de los estudios de especialidad debe atacarse desde un punto de vista totalmente realista y desde él puede establecerse un programa inicial de especialidades técnicas, otras científicas y algunas que gocen a la vez de ambos caracteres, las que vienen impuestas por la dificultad de establecer una neta separación entre ciencia y técnica, ya que la primera necesita cada vez más, en su parte experimental, del apoyo de la técnica y ésta precisa perfeccionarse continuamente con la rápida evolución de los conocimientos básicos.

Teniendo en cuenta lo anterior, parece razonable pensar que en el programa inicial de cursos de especialización se incluyesen, entre otros, los siguientes:

Física de los gases ionizados.

Física de los reactores nucleares.

Metalurgias especiales.

Mecánica de flúidos y transmisión de calor en reactores nucleares.

Radiobiología.

Producción y empleo de radionúclidos.

Prospección, extracción y concentración de minerales de uranio.

Electrónica aplicada a la instrumentación de reactores nucleares y dispositivos experimentales.

Cinética y control de reactores nucleares de potencia.

Química de los combustibles, moderadores y refrigerantes nucleares.

Acción, protección y dosimetría de la radiación.

Métodos y códigos empleados en el cálculo de reactores. Empleo de los calculadores dígito y simuladores analógicos.

Estimando los ponentes que la ordenación académica y administrativa de estas enseñanzas, cuya necesidad de urgencia no

parece ofrecer duda alguna, dado el rápido desarrollo que la ciencia y técnica nucleares han tenido en los últimos años, y la importancia que ellos han de tener en la resolución del problema energético español, merecerán la debida atención del Ministerio de Educación Nacional y de la Junta de Energía Nuclear, proponen la constitución de una Comisión Asesora de Enseñanzas Nucleares, en las que estén representadas las Facultades de Ciencias, Escuelas Técnicas Superiores y Divisiones de la J.E.N., a la que se encomiende, de acuerdo con las directrices y normas de funcionamiento que el Ministerio de Educación considere oportunas, la redacción, en todos sus detalles, de un proyecto de organización de estos estudios, para someterlo, en el plazo máximo de tres meses después de su constitución, a la consideración del Ministerio de Educación Nacional.

### LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA NUCLEAR EN LAS ESCUELAS TECNICAS SUPERIORES

#### Contribución de la E. T. S. de Ingenieros Industriales de Barcelona

Las industrias nucleares, a pesar de su carácter propio específico, están estrechamente enlazadas a la Ingeniería clásica y aparecen como una prolongación de ésta. Sus peculiaridades más ostensibles son un orden de magnitud de los fenómenos físicos muy ampliado y la presencia de un riesgo presente o latente de radfactividad.

En la perspectiva actual se pueden señalar tres grandes zonas de desarrollo a las aplicaciones de la ciencia nuclear.

- a) Producción de energía.
- b) Aplicaciones industriales de los radioelementos.
- c) Medicina y Biología nuclear.

En líneas muy generales, la explotación de energía nuclear está principalmente relacionada con las siguientes técnicas ordinarias.

Combustibles nucleares ... ..	{	Prospección y Minería.
	{	Concentración y flotación.
	{	Metalurgia.
Elementos de combustibles ...	{	Metalurgias especiales.
	{	Sintetizado.
	{	Mecánica de precisión.

SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Reactores ... ..	{	Elasticidad, Termodinámica. Transferencia de calor y fluido- dinámica. Problemas de corrosión.
Generación de electricidad ...	—	Termodinámica y Electrotecnia.
Regulación y mandos ... ..		Electricidad y Electrónica.
Propulsión ... ..	{	Mecánica de los transportes. Ingeniería naval. Ingeniería aeronáutica.

Las aplicaciones de los radioelementos agrupan un conjunto muy vasto de técnicas distintas, según el ámbito o industria donde tengan cabida, pero caracterizadas por el empleo de un radioelemento trazador, o bien de una radiación ionizante. Su nexa más estrecho con las técnicas ordinarias se resumen a continuación.

Separación de los radioelementos (isótopos) ... ..	}	Química. Microquímica.
Preparación y separación electromagnética ... ..	{	Electrotecnia. Electrónica.
Aplicaciones industriales ... ..	{	Tecnología industrial. Química catalítica.
Esterilización y conservación de alimentos ... ..	{	Biología. Alimentación.

En cuanto a la tercera zona de desarrollo que hemos denominado Medicina y Biología Nuclear, debemos señalar las siguientes vinculaciones generales:

Medicina ... ..	{	Química.
Terapéutica física ... ..	{	Electrónica.
Biología ... ..	{	Ingeniería agraria. Cultivos. Botánica. Zootecnia.



Debemos incluir además, aunque no sea una aplicación de la energía nuclear, sino una consecuencia ineludible de sus aplicaciones, un capítulo común a todas ellas de protección y riesgo, el cual está, a su vez, relacionado con ciertos aspectos de la ingeniería ordinaria.

Protección contra las radiaciones, riesgo y previsión .. ...	}	Construcción civil. Materiales. Electrónica. Urbanismo. Economía.
--	---	---

El esquema anterior, aunque sea incompleto y simplista, permite presentar el vasto panorama donde debe encajar el estudio de las aplicaciones nucleares. Un enlace tan amplio y tan vario con una diversidad de técnicas que se estudian en nuestras Escuelas Superiores, aconseja implantar las enseñanzas nucleares como una prolongación de los planes actuales, matizada a la estructura peculiar de cada rama o especialidad.

Dentro de nuestro concepto actual de que el ingeniero ha de tener una visión fundamental y conjunta de su técnica propia, deberá incorporar una asignatura de Física nuclear y otra de Introducción a la Ingeniería, en la que se aborde la visión panorámica del conjunto de aplicaciones. También debe ser común a todas las ramas una asignatura o curso monográfico sobre riesgo y protección contra las radiaciones.

Aparte de estas tres asignaturas comunes, que deberán profersarse en todas las Escuelas Técnicas Superiores, interesadas en las aplicaciones nucleares:

Física nuclear.

Ingeniería nuclear.

Riesgo y protección contra las radiaciones.

y considerada la estructura actual de la enseñanza de Ingeniería civil, proponemos las siguientes incorporaciones:

*Aeronáuticos.*—Física de reactores y propulsión nuclear de aeronaves.

*Agrónomos.*—Las técnicas nucleares en Biología. Aplicaciones de los isótopos en la agricultura.

*Arquitectura.*—Edificios para instalaciones nucleares. Urbanismo y riesgo nuclear.

*Caminos.*—Mecánica aplicada a la construcción de reactores. Materiales y blindajes de protección.

*Industriales.*

Especialidad mecánica ... ..	{	Recipientes de contención. Sistemas de enfriamiento. Blindajes de protección. Efectos de la radiación sobre los materiales.
Especialidad química ... ..	{	Preparación de radioelementos. Laboratorios activos . Radiocatalisis. Metalurgia nuclear.
Especialidad eléctrica ... ..	{	Electrónica nuclear. Aceleradores. Centrales nucleares.
Energética ... ..	{	Física y Teoría de reactores. Centrales nucleares. Materiales especiales y combustibles nucleares. Tecnología de reactores. Proyecto de reactores nucleares.

*Minas.*—Geología y Minería nuclear. Tratamiento de minerales. Metalurgia nuclear.

*Montes.*—Aplicaciones forestales de los isótopos.

*Navales.*—Física de reactores y propulsión nuclear de barcos. Tecnología de reactores de aplicación naval.

*Telecomunicación.*—Electrónica nuclear.

La enumeración anterior es puramente indicativa de las materias que deben abordarse, sin pretender establecer el número de asignaturas o cursos especiales, puesto que ello depende del plan de estudios de cada especialidad o rama de Ingeniería. Algunos

temas podrían incorporarse como aspectos parciales de asignaturas más generales.

#### EL GRADO MEDIO Y EL LABORAL.

Aunque no sea a propósito de estos comentarios abordar el problema de la enseñanza nuclear en las Escuelas de grado medio y en las Escuelas de Maestría, no puede olvidarse la necesidad de una perfecta coordinación de los planes de estudio entre los diferentes niveles de formación técnica y profesional.

Puede afirmarse de un modo general que la proporción de ingenieros, peritos y maestros de taller y especialistas subalternos, no se mantendrá idéntica a la observada en otra clase de industria, exigiendo comparativamente una mayor proporción de técnicos de formación superior y media, en razón de la mayor complejidad de los proyectos y las realizaciones.

En la enseñanza media tal vez fuera suficiente iniciar la preparación con una asignatura común de Introducción a la Tecnología nuclear y luego intercalar una o dos asignaturas en las especialidades, de temas más concretos, como por ejemplo:

Manejo y aplicaciones de los radioelementos.

Metalurgias nucleares.

Equipos y Técnicas de medida de la radiación.

Creemos que sobre todo debe perfeccionarse la formación de técnicos de grado medio versados en Electrónica y aplicaciones de los circuitos electrónicos, ya que las realizaciones nucleares requieren un uso frecuente de sistemas y aparatos de fundamento electrónico.

Creemos también que es urgente iniciar la formación de especialistas de nivel medio que tengan ciertas nociones sobre el fundamento, uso y aplicaciones industriales de los radioelementos.

En el grado laboral la urgencia es menor y las posibilidades de adaptación de especialista al trabajo en las industrias nucleares, queda subordinada a la existencia y al funcionamiento de instalaciones adecuadas para practicarse. Sin embargo, deberá preverse desde ahora, por lo menos en determinadas Escuelas de Maestría, la formación de maestros en Electrónica y circuitos de alta frecuencia, para que pueda cubrirse la futura demanda que

se prevé en este campo, en razón del enlace con las industrias nucleares y también por su propio y creciente desarrollo.

## DISCUSION

(Notas tomadas por el secretario de la sesión)

Sr. Plaza.—Pide aclaración a los ponentes sobre qué es lo que ellos mejor recomendarían: si la formación de un Centro de Enseñanza de Energía Nuclear o que en algunas Escuelas Técnicas Superiores se estableciera una especialización más.

Sr. Roglá.—Opina que son necesarias ambas soluciones, es decir, una formación básica de Ingeniería Nuclear en las Escuelas Técnicas Superiores y además un Centro para una verdadera especialización.

Sr. Lara.—Opina que la preparación de técnicos nucleares es de primordial interés y debe aprovecharse al máximo el sacrificio que ha impuesto las instalaciones de la JEN de modo que graduados superiores se puedan especializar haciendo uso de las mismas y de la experiencia del personal ya formado.

Sr. López Azcona.—Opina que una solución podría ser la de que en la J. E. N. se dieran las prácticas y ampliación de estudios, pero la enseñanza teórica de las distintas ramas de la energía nuclear podría abarcarse entre las Escuelas Técnicas Superiores y Facultades de Ciencias.

Sr. Sánchez del Río.—No se manifiesta partidario de la Ingeniería nuclear como especialidad, pues lo que a su juicio interesa, es disponer de muy buenos técnicos en las distintas ramas en que se apoya la ingeniería nuclear.

Sr. Simón.—Primeramente habla del éxito e interés despertado por los cursillos sobre Ingeniería nuclear que organiza la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona. Cree que dos son los problemas fundamentales que envuelven la enseñanza de una especialización de Ingenieros nucleares en cualquier rama: a) material y b) preparación básica de los alumnos.

En cada Escuela Técnica Superior se debe incrementar la enseñanza de la Física básica y llegar a profundizar en ingeniería nuclear. También debe haber otra enseñanza Superior que armonice y coordine y que necesariamente disponga de algún reactor nuclear.

Sr. Cabrera.—Opina que los estudios a fondo de ingeniería nuclear no se pueden dar sino solamente poner a graduados en condiciones de especializarse después en el ejercicio de su actividad.

Las enseñanzas de cursos de especialización no hay ningún inconveniente para que se den en cualquier lugar, ya sea la J. E. N., Escuela Técnica Superior o Facultad de Ciencias, etc.

Sr. Otero Navascués.—Como presidente de la Mesa pasa a resumir las sugerencias y puntos de vista expuestos, señalando que hay tres aspectos en el problema: a) cuál es la mejor pauta a seguir, bien capacitar en ingeniería nuclear a los especialistas clásicos, o formar ingenieros nucleares de nueva mentalidad. b) Si debe existir o no la especialización en ingeniería nuclear. c) Modo de enfocar en España esta problemática.

En U. S. A. existen dos Escuelas, la una parte de un especialista clásico y le prolonga hacia una especialidad nuclear cualquiera, tal es el caso de Oak Ridge. La otra trata de crear ingenieros de mentalidad nueva nuclear.

Lo que es evidente es que la existencia de la radiación gamma le da personalidad a la ingeniería nuclear y los que se dediquen a ella deben estar bien informados de este «medio ambiente».

Ningún Centro salvo el M. I. T. ha creado Escuela nuclear única y Francia no ha intentado crear un Centro de enseñanza independiente. La Junta de Energía Nuclear española, no tiene como fin la enseñanza, pero ha montado su Escuela que brinda al exterior, pues en España estamos muy lejos del ingeniero nuclear puro y es importante que cada Escuela especialice sus técnicos en algún aspecto nuclear, pero esto no basta, pues es obvio que se precisan costosas instalaciones para dar una formación eficaz. La J. E. N. puede ofrecer el orientar las enseñanzas de postgraduados dentro de un clima de radiación gamma así como dirigir las distintas especialidades. De esta forma resolveríamos nuestros problemas de formación y lograríamos que los técnicos que salgan al extranjero a profundizar en esta rama lleven ya unos conocimientos eficaces adquiridos por los medios de nuestro país.

Por último sugiere que la Ponencia recoja todas las sugerencias expuestas y redacte unas conclusiones.

## CONCLUSIONES DE LA PONENCIA SOBRE LA ORGANIZACION DE LAS ENSEÑANZAS DE LA ENERGIA NUCLEAR EN ESPAÑA

Se acuerda elevar a la Superioridad las siguientes conclusiones:

- 1.º Es deseable que en los planes de estudios de las Facultades de Ciencias y de las Escuelas Técnicas Superiores figuren materias nucleares a fin de que todos sus graduados posean nociones generales sobre los fundamentos, las aplicaciones y los riesgos de la energía nuclear y además conocimientos específicos de aquellos temas del campo nuclear más ligados a la especialidad de sus estudios.
- 2.º En las presentes circunstancias se considera conveniente crear un Centro de estudios nucleares de perfeccionamiento en el Centro «Juan Vigón»

## SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

de la Moncloa, aprovechando las instalaciones y el personal docente especializado de la Junta de Energía Nuclear. El Centro se regiría por un Patronato donde estarían representadas las Facultades de Ciencias, las Escuelas Técnicas Superiores y la J. E. N.

Los estudios del Centro tendrían dos años de duración, dedicado el primero a información general y el segundo a la formación especializada del postgraduado, teniendo en cuenta la vocación del estudiante y las posibilidades materiales y docentes de la Junta. El primer año sería parcial o totalmente convalidable según los estudios previos cursados.

La aprobación de estos dos años de estudios daría derecho a un certificado del Centro que tendría validez oficial, pero no a efectos de titulación específica. No se considera pertinente crear el título de Ingeniero Nuclear.

3.ª Si en circunstancias futuras, además de la Junta de Energía Nuclear existieran organismos oficiales o privados que dispusiesen de las apropiadas instalaciones y de personal docente idóneo, podría convenir la creación de otros Centros de estudios nucleares de perfeccionamiento para postgraduados.

# LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN LAS ESCUELAS TECNICAS SUPERIORES

Manuel Abad Berger  
Luis Bru Vilaseca  
Luis Fontán Abeytúa  
Carlos Ortuño Medina  
José Pazó Montes  
Vicente Roglá Altet  
Luis Salnz Sanguino  
Antonio de la Vega

## 1. CIENCIA Y TÉCNICA.

Desde los tiempos más remotos el hombre ha sentido una inquietud por conocer la verdad de las cosas y ya en aquella mentalidad mística y prelógica existía un noble impulso dirigido hacia el conocimiento del orden de la naturaleza. Utilizando cada día nuevos recursos creados o descubiertos por las mentes científicas, ha ido edificándose la ciencia hasta llegar a la colosal obra que hoy día podemos admirar.

Después de tantos y tantos cruciales descubrimientos científicos, se tiene la sensación de que existe en la naturaleza un orden y una armonía ontológicos, que si bien rebasan nuestra capacidad, en ocasiones surgen inteligencias superdotadas que consiguen acercarse a él en algún aspecto, descubriéndonos bellezas sin par.

En lo más íntimo de nuestro espíritu hay recursos colosales que permiten una correlación entre el orden de los fenómenos naturales y las concepciones de nuestra mente, a veces éstas totalmente opuestas a la intuición; tal es el caso de los conceptos nuevos del espacio y tiempo en relatividad, del concepto de complementariedad, del aspecto probabilístico en Física microscópica, etc. Esta enorme capacidad creadora no puede ser totalmente debida a un proceso de adaptación al medio, sino que debe tener un origen sobrenatural, y no cabe duda que así se manifiesta algo de la doble naturaleza divina y humana de la personalidad del hombre.

Aunque existen las más variadas orientaciones filosóficas en

las distintas escuelas científicas, en todas las de espíritu sano hay, en definitiva, un fin común, que es el conocimiento de la verdad, y si bien el estado actual de la ciencia es verdaderamente portentoso, aún queda muchísimo camino que andar..., tanto que tal vez el Supremo Hacedor tenga dispuesto que el conocimiento del orden ontológico deba quedar en esta vida velado e inaccesible a nuestro entendimiento.

El noble y desinteresado impulso del científico hacia el conocimiento de la verdad, sin otro fin que el goce de descubrir nuevas armonías, representa para el progreso de la humanidad una fuente incalculable de ideas, que las mentes técnicas habrán de encauzar hacia el progreso y la mejora del nivel de la vida de la humanidad. Al técnico no le da la ciencia problemas resueltos, sino que ha de saber encontrar el difícil camino del progreso, a partir de las verdades puras que le brinda el científico. Y para conocer la acertada solución práctica de un problema planteado, es necesario que se encuentre el técnico en posesión lo más perfecta posible de la naturaleza y desarrollo de la verdad científica. Por esto el técnico creador de grandes inventos y realizaciones ha de contar con una sólida base científica que le permita un conocimiento de las fuentes de las que han de brotar sus ideas.

La técnica tiene su propia personalidad en todas sus ramas y hoy día está a punto de experimentar una verdadera revolución debido al impacto recibido por la posibilidad de utilizar a voluntad y dominar las formidables reservas de energía que hasta ahora se ocultaban en los núcleos atómicos. Abruma el pensar que la energía liberada en la fisión de 1.000 Kg. de U 235 es del orden de la magnitud de la energía eléctrica consumida anualmente en España.

Desgraciadamente hay quienes abusan de la nobleza de estos descubrimientos orientándolos hacia la destrucción, y en esta nueva era atómica, de vertiginoso progreso, existe, sin embargo, el riesgo de que la humanidad se destruya a sí misma. Se encoge el alma al considerar que la primera utilización de la energía atómica haya sido para destruir y es triste el pensar que la voluntad de un solo hombre pueda desencadenar tal mecanismo infernal de destrucción. Para poder sobrevivir al propio desarrollo de la técnica, esperemos que se produzca también un progreso de su vida espi-



ritual, pues, como expresó Henri Bergson, «nuestro cuerpo agrandado reclama un suplemento del alma».

La ciencia pura y la técnica tienen una serie de puntos de contacto que se deben mantener en beneficio de ambas.

Aunque no faltan excepciones que justifiquen la regla, en casi todos los casos los grandes descubrimientos de la técnica acontecen después de descubrimientos científicos. Sabemos que la técnica del movimiento viene ligada a Galileo, Descartes, Newton, D'Alembert, Lagrange, etc.; la de la electrotecnia a Coulomb, Galvani, Volta, Oersted, Ampere, Faraday, etc.; la del calor a Sadi-Carnot, Mayer, Clapeyron, Joule, Clausius, etc.; la industria química a Lavoisier; la radio-electricidad a Maxwell, Hertz, Marconi, etc.; la nuclear a Curie, Rutherford, Planck, Einstein, Fermi, etc.

La técnica, a su vez, aporta contribuciones a la ciencia pura, suministrándole a veces métodos de trabajos y otras planteándole problemas de investigación. Además, en cualquier caso contribuye con sus realizaciones, de una manera decisiva, a que en los laboratorios de investigación científica existan los potentes elementos de trabajo hoy día imprescindibles, pudiendo decirse que el formidable progreso en el conocimiento científico se basa en las conquistas técnicas que permiten observar y medir los fenómenos.

Se ve, pues, que debe haber una estrecha colaboración entre ciencia y técnica que puede ser muy fecunda en todos sus aspectos si se trazasen conjuntamente los caminos más directos hacia el logro del conocimiento de la verdad y del progreso.

Aparece así el problema de cómo debe orientarse una sincera colaboración entre investigación científica y técnica. A nuestro juicio, la solución estriba en tratar de fomentar y desarrollar un campo común entre ambas que permita un intercambio. Naturalmente, no se trata de un problema absoluto y debe seguir habiendo investigadores científicos puros y técnicos puros, pero se ha de buscar el enlace a través de una minoría con posibilidades de intercambio de personal y de métodos.

En nuestra patria ya se viene llevando a cabo este creciente movimiento de colaboración. En centros científicos, técnicos e industriales, tanto estatales como privados, se comienza a obtener los frutos de esta unión. Sin embargo, aún quedan asperezas que limar e iniciativas que despertar. Corresponde en definitiva a la

enseñanza en los centros superiores esta responsabilidad de preparar y orientar la educación de los futuros científicos y técnicos hacia la consecución de los objetivos comunes, como son el del conocimiento de la verdad y la utilización en aras del progreso de las leyes que rigen los fenómenos naturales.

## 2. CARÁCTER DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA EN NUESTRAS ESCUELAS TÉCNICAS SUPERIORES.

La rápida evolución de la técnica y el creciente desarrollo industrial hacen cada día más necesaria una sólida preparación físico-matemática del ingeniero que le permita adaptarse al ritmo del progreso de su técnica y desempeñar con eficacia su cometido.

La Física, además de su aspecto didáctico por el que se llega al conocimiento de hechos de gran actualidad y porvenir, tiene un gran contenido formativo, que imprimirá la mente del futuro ingeniero de un carácter universal que permitirá saber dar un enfoque adecuado a los problemas.

Bien es verdad que el conocimiento del mundo físico no es el fin de la formación del ingeniero, pues en todas las ramas de la ingeniería hay técnicas particularmente profundas que dominar, pero también es innegable que todas ellas se asientan en las ciencias básicas y en particular en la física, a las que deben su existencia.

Una de las características más sobresalientes de la técnica actual corresponde al decisivo papel que desempeña la investigación de los complejos y difíciles problemas a resolver, planteados por esta inquietud del ingeniero de crear nuevas posibilidades y producir nuevos objetos capaces de satisfacer más y más necesidades. Por ello se les debe inculcar a los futuros ingenieros, en esta disciplina básica, una formación dirigida hacia la investigación en general, pues ya tendrán ocasión a lo largo de la carrera y de su vida profesional de desarrollar las más variadas vocaciones investigadoras, dentro del ejercicio de su profesión.

Establecidos los rasgos fundamentales que debe imprimir la enseñanza de la física a la formación del ingeniero, se estima que el carácter cíclico será el mejor sistema de lograrlo y, ajustándonos

a la organización actual de la enseñanza técnica superior en España, vemos tres ciclos claramente diferenciados.

*Primer ciclo.*—Preuniversitario y Selectivo.

*Segundo ciclo.*—Iniciación y primeros años de carrera.

*Tercer ciclo.*—Doctorado.

La Física de Preuniversitario y Selectivo deberá cerrar el primer ciclo común para todas las Escuelas y las Facultades Universitarias en el que el alumno habrá de adquirir el conocimiento de los fenómenos físicos clásicos, así como los conceptos básicos, afirmados por prácticas de laboratorio y ejercicios.

El segundo ciclo deberá abarcar los cursos de Iniciación, Primero y, en algunos casos, Segundo de Carrera, comprendiendo los conocimientos necesarios para fundamentar las tecnologías que se explicarán en los sucesivos. Esto permitirá al alumno tener una visión de conjunto y de altura, una mayor claridad de comprensión de los conceptos tecnológicos básicos y una concepción de la técnica como desarrollo práctico y particular de teorías más generales que ha estudiado. También permitirá al profesor tecnológico enfocar desde este punto de vista inicial su asignatura, abreviarla y profundizar más en ella.

La Física del Doctorado, en su tercer ciclo de temas avanzados, suministrará, junto con la matemática, la herramienta necesaria para la verdadera especialización, que no se adquirirá definitivamente hasta después de varios años de ejercicio profesional y contribuirá a imprimir un sello formativo y un espíritu crítico, tan necesarios para fomentar la aparición de cerebros directores sintéticos, capaces de impulsar a la humanidad hacia nuevos destinos.

### 3. CONTENIDO Y ORGANIZACIÓN DE LA ENSEÑANZA.

Al pretender fijar las materias y temarios que han de quedar incluidos dentro de la física del ingeniero, es forzoso establecer los siguientes tres grupos de Escuelas Técnicas Superiores, ordenados de menor a mayor importancia en cuanto al interés de las enseñanzas de la Física en sus técnicas.

I. Arquitectura.

II. Agrónomos y Montes.

### III. Restantes Escuelas Técnicas Superiores.

Y concretándonos a la fijación de temarios, nos referiremos al grupo III, en el que además, deberán establecerse diferencias notables en el desarrollo de los cuestionarios de las materias, pues cada técnica exige matices peculiares en la enseñanza de las distintas ramas de la Física y en algunos casos estas materias deben quedar englobadas en cátedras con un doble sentido básico y tecnológico. Con objeto de conseguir la máxima generalidad de aplicación, vamos a dar unos índices de temas o capítulos que, naturalmente se habrán de desarrollar y complementar o reducir adecuadamente en cada caso particular.

Los cuestionarios de Física en el primer ciclo Preuniversitario-Selectivo están ya confeccionados con carácter oficial y son de aplicación general para Escuelas Técnicas y Facultades de Ciencias. No tenemos nada que objetar a ello, salvo que resultan tal vez ambiciosos. Los que enseñamos en el segundo y tercer ciclo, necesitamos fundamentalmente que nuestros alumnos tengan bien fijados los conceptos básicos y posean los suficientes conocimientos matemáticos para poder ya abordar la Física teórica con toda su generalidad.

La Física del segundo ciclo, Iniciación, Primer cursos, Segundo curso, a nuestro entender, comprenderá:

Campos vectoriales y tensoriales.

Mecánica racional.

Óptica.

Elasticidad.

Termología.

Física atómica y nuclear.

Mecánica de fluidos.

Electricidad.

Teoría de vibraciones.

*Campos vectoriales y tensoriales (30 lecciones).*

1. Álgebra vectorial.
2. Vectores deslizantes.
3. Funciones vectoriales de una variable.
4. Invariantes diferenciales.

5. Integrales y teoremas.
6. Espacios vectoriales.
7. Análisis tensorial.

*Mecánica* (100 lecciones).

1. Cinemática del punto.
2. Cinemática del cuerpo sólido.
3. Composición de movimientos.
4. Movimiento de sólidos en contacto.
5. Movimientos planos.
6. Geometría de masas.
7. Fuerza y trabajo.
8. Equilibrio del punto material.
9. Equilibrio de los sistemas de puntos materiales.
10. Equilibrio de los sistemas constituídos por sólidos.
11. Sistemas deformables.
12. Equilibrio de hilos.
13. Dinámica del punto.
14. Dinámica del punto libre.
15. Dinámica del punto ligado.
16. Dinámica del punto en movimiento relativo.
17. Dinámica de los sistemas.
18. Dinámica del sólido rígido.
19. Percusiones y choques.
20. Dinámica del movimiento relativo.
21. Sistemas de masa variable.
22. Dinámica analítica.
23. Elementos de mecánica relativista.

*Óptica* (30 lecciones).

1. Naturaleza y propagación de la luz.
2. Dioptrio plano, prisma.
3. Sistemas centrados estigmáticos.
4. Espejos esféricos y dioptrios esféricos.
5. Combinación de sistemas centrados.
6. Lentes esféricas.

7. Aberraciones de las lentes y de los espejos.
8. Fotometría. Color.
9. Instrumentos ópticos.
10. Interferencias luminosas.
11. Difracción.
12. Poder separador de los instrumentos de óptica.
13. Polarización.

*Elasticidad y plasticidad* (30 lecciones).

a) *Elasticidad.*

1. Estado de esfuerzos en un punto.
2. Estado de deformación en un punto.
3. Relaciones entre el estado de esfuerzos y el de deformaciones.
4. Problema elástico tridimensional.
5. Problema plano de esfuerzos y deformaciones.
6. Problemas bidimensionales.
7. Fotoelasticidad.
8. Torsión.
9. Flexión de barras prismáticas.
10. Distribución axilsimétrica de esfuerzos en un sólido de revolución.
11. Esfuerzos térmicos.

b) *Plasticidad.*

12. Estado de esfuerzos y estado de deformación.
13. Comportamiento elástico e inelástico de materiales.
14. Relaciones plásticas entre esfuerzos y deformaciones.
15. Problemas bidimensionales de fluencia plástica.
16. Torsión, flexión y pandeo de barras.
17. Inestabilidad en tracción.
18. Estirado y extrusión. Laminación y forja.

**Termología (50 lecciones).**

1. Temperatura. Sistemas termodinámicos.
2. Gases ideales.
3. Calorimetría.
4. Primer principio.
5. Transmisión del calor.
6. Segundo principio.
7. Condiciones de equilibrio. Funciones termodinámicas
8. Sistemas heterogéneos. Regla de las fases.
9. Cambios de estado. Higrometría.
10. Gases y líquidos reales.
11. Termodinámica de los cambios de estado.
12. Equilibrio de sistemas gaseosos.
13. Disoluciones diluidas.
14. Tercer principio.
15. Termoelectricidad.
16. Teoría cinética de los gases.
17. Mecánica estadística.
18. Fenómenos de transporte.
19. Radiación.
20. Nociones cuánticas.

**Física atómica y nuclear (40 lecciones).**

1. Partículas elementales.
2. El átomo.
3. Ondas-corpúsculos.
4. Estructura atómica y líneas espectrales.
5. Estructura molecular.
6. Estructura del núcleo.
7. Niveles nucleares.
8. Aceleradores de partículas.
9. Reacciones nucleares.

**Mecánica de flúidos (40 lecciones).**

1. Cinemática de flúidos.
2. Teoría de la viscosidad.

3. Ecuaciones generales de movimiento de flúidos.
4. Análisis dimensional.
5. Fluidostática.
6. Flúidos ideales.
7. Movimientos isentrópicos.
8. Movimiento irrotacional de flúidos ideales.
9. Movimiento irrotacional de líquidos ideales.
10. Movimientos turbillónarios.
11. Superficies de discontinuidad.
12. Movimiento laminar de flúidos viscosos.
13. Movimiento laminar de líquidos en tubos.
14. Turbulencia.
15. Resistencia.
16. Teoría de la capa límite.

*Electricidad* (60 lecciones).

1. Electroestática. Campo eléctrico y potencial.
2. Sistemas de conductores. Condensadores.
3. Dieléctricos.
4. Electrocínética.
5. Fenómenos electrolíticos.
6. Magnetismo. Campo magnético terrestre.
7. Electromagnetismo.
8. Energía de un sistema de corrientes.
9. Inducción electromagnética.
10. Corrientes alternas.
11. Propiedades magnéticas de la materia.
12. Galvanómetros.
13. Generadores electromagnéticos y transformadores.
14. Ecuaciones generales del campo electromagnético.
15. Electrónica.

*Teoría de vibraciones* (20 lecciones).

1. Movimientos vibratorios.
2. Sistemas con un grado de libertad.
3. Sistemas con dos grados de libertad.



4. Sistemas con varios grados de libertad.
5. Vibraciones no lineales.
6. Vibraciones longitudinales.
7. Vibraciones transversales.
8. Métodos para el cálculo de frecuencias.
9. Vibraciones de membranas.
10. Vibraciones de placas de espesor constante.
11. Vibraciones auto-excitadas.

La Física del Doctorado comprenderá una parte común que puede constar de :

*Ampliación de la teoría de campos vectoriales y tensoriales* (30 lecciones).

*Relatividad* (30 lecciones).

*Mecánica estadística, clásica y cuántica* (30 lecciones).

*El núcleo atómico* (30 lecciones).

Y además otras materias optativas a escoger por el alumno, de acuerdo con el director de tesis y con los cursos monográficos que se organicen en las Escuelas Técnicas Superiores.

Como referencias bibliográficas podemos citar entre otras :

#### CAMPOS VECTORIALES Y TENSORIALES

SOKOLNIKOFF: *Tensor Analysis*, 1951.

LOUIS BRAND: *Vector Analysis*, 1957.

ROBERT M. THRALL: *Vector Spaces and Matrices*, 1957.

MORÁN: *Los tensores cartesianos rectangulares*, 1959.

APPEL P.-THIRY R.: *Elements de calcul tensoriel*, 1933.

#### MECANICA

T. LEVI CIVITA U. AMALDI: *Lezioni di Meccanica Razionale*, 1926.

PAUL APPELL: *Traité de Mécanique Rationnelle*, 1933.

CISOTTI U.: *Mecanica Razionale*, 1947.

MANUEL LUCINI: *Lecciones sobre teoría de la mecánica y sus aplicaciones*, 1950.

E. BELDA VILLENNA: *Mecánica clásica y moderna*, 1950.

#### OPTICA

JENKINS F. A.: *Fundamentals of optics*, 1957.

CABRERA Y FELIPE J.: *Introducción a la Física teórica*, II, 1958.

F. W. SEARS: *Fundamentos de Física III Optica*, 1958.

## ELECTRICIDAD

- HARWELL: *Electricity and Magnetism*, 1949.  
F. W. SEARS: *Fundamentos de Física, II, Electricidad y Magnetismo*, 1958.  
CARRERA Y FELIPE J.: *Introducción a la Física teórica, II*, 1958.  
JONH D. KRAUS: *Electromagnetics*, 1953.  
PALACIOS J.: *Electricidad y magnetismo*, 1945.  
FRÖHLICH M.: *Theory of dielectrics*, 1949.

## TERMOLOGIA

- JULIO PALACIOS: *Termodinámica y mecánica estadística*, 1949.  
ZEMANSKY: *Heat and thermodynamics*, 1951.  
DURÁN F. P.: *Termodinamics*, 1954.  
GROOT S. R.: *The thermodynamics of irreversible proceses*, 1951.  
PRINCENTON UNIVERSITY: *Thermodynamics and physics of mater*, 1955.

## FISICA ATOMICA Y NUCLEAR

- MAX BORN: *Física atómica*, 1952.  
LAPP R. E. ANDREWS M. L.: *Nuclear radiation physics*, 1954.  
KAPLAN: *Nuclear physics*, 1956.  
HEISEMBERG W.: *Nuclear physics*, 1953.  
RICHMYER F. K. and KENNARD: *Introduction to modern physics*, 1947.  
RAMÓN y F. F.: *Micromecánica elemental*, 1951.

## MECANICA DE FLUIDOS

- PALACIOS, J.: *Análisis dimensional*, 1956.  
HUNSAKER, J. C.; RIGHTMIRE, B. G.: *Engineering Applications of Fluid Mechanics*, 1947.  
STREETER, V. L.: *Fluid Mechanics*, 1958.  
LIEPMAN, H. W., ROSKHO, A.: *Elements of Gasdynamics*, 1958.  
TEMPLE, G.: *An Introduction to Fluid Dynamics*, 1958.

## ELASTICIDAD Y PLASTICIDAD

- LOVE, A. E. H.: *Treatise on the Matematical theory of elasticity*.  
TIMOSHENKO, S.: *Theory of Elasticity*, 1951.  
TORROJA, E.: *Elasticidad*, 1951.  
WESTERGAARD, H. M.: *Theory of Elasticity and Plasticity*, 1952.  
GARCÍA ARANGO, A.: *Elasticidad teórica y experimental*, 1945.  
SOKOLNIKOFF, I. S.: *Mathematical theory of elasticity*, 1956.

## TEORIA DE VIBRACIONES

- DEN HARTOG: *Mechanical vibrations*, 1947.  
TIMOSHENKO: *Vibration problems in engineering*, 1955.

## RELATIVIDAD

- EINSTEIN, A.: *El significado de la relatividad*, 1948.  
 BORN, M.: *Die Relativitätssprinzip Einsteins*, 1922.  
 TERRADAS, E. y ORTIZ: *El significado de la relatividad*, 1942.  
 BERGMAN, P. G.: *Introduction to the theory of relativity*, 1942.  
 EDDINGTON, A. S.: *Fundamental Theory*, 1946.  
 MILNE, E. A.: *Relativity Gravitation and world structure*, 1935.

## MECANICA ESTADISTICA CLASICA Y CUANTICA

- SOMMERFELD: *Thermodynamics and statistical mechanics*, 1956.  
 INIGUEZ, J. M.: *Mecánica cuántica*, 1949.  
 TOLMAN, R. C.: *The principles of statistical mechanics*, 1938.  
 HEITLER: *Wave mechanics*, 1956.

La organización de la enseñanza de la Física para las Escuelas Técnicas que incluyan todas las materias anteriormente señaladas, dentro de sus planes de estudios, puede determinarse como sigue, para los ciclos segundo y tercero:

*Curso de Iniciación.*

**Campos vectoriales y tensoriales.**—Se deben dar los capítulos 1, 2 y 3 del temario en 10 lecciones.

**Mecánica.**—Se deben dar los capítulos 1, 2, 3, 4, 5, 6 del temario, en 40 lecciones.

**Óptica.**—El temario completo, en 30 lecciones.

En total resultan 80 lecciones teóricas, que equivalen a clase alterna durante todo el año.

Respecto a las prácticas de laboratorio deberán dedicarse dos horas semanales a lo largo del curso, lo que totalizan cincuenta y cuatro horas al año.

No se considera oportuno intensificar más la enseñanza de la Física en este curso, pues interesa dedicar un gran número de horas a la enseñanza de las matemáticas.

*Primer curso de Carrera.*

**Campos vectoriales y tensoriales.**—El resto del temario, o sea los capítulos 4, 5, 6 y 7 en 20 lecciones.

Mecánica.—El resto del temario en 60 lecciones (capítulos 7 al 18).

Termología.—El temario completo en 50 lecciones.

Elasticidad.—El temario completo en 30 lecciones.

En total resultan 160 clases teóricas, que suponen una hora diaria durante todo el curso.

Deberán dedicarse dos horas de prácticas de laboratorio semanales, lo que totalizan cincuenta y cuatro horas al año.

#### *Segundo año de Carrera.*

Física atómica y nuclear.—El temario completo en 40 lecciones.

Electricidad.—El temario completa en 60 lecciones.

Mecánica de flúidos.—El temario completo en 40 lecciones.

Teoría de Vibraciones.—El temario completo en 20 lecciones.

En total resultan 160 lecciones teóricas, es decir, una hora diaria a lo largo del curso, que deberá ser complementada con cuatro horas de prácticas de laboratorio semanales, en ciento ocho horas al año.

En el supuesto de que el Doctorado se cursara en dos años, podría proponerse:

#### *Primer año de Doctorado.*

Ampliación de la teoría de campos vectoriales y tensoriales.—30 lecciones.

Relatividad.—30 lecciones.

Curso monográfico sobre otra materia optativa.

#### *Segundo año de Doctorado.*

Mecánica y estadística clásica y cuántica.—30 lecciones.

Núcleo atómico.—30 lecciones.

Curso monográfico sobre otra materia optativa.

Estas enseñanzas de física en el Doctorado, podrían darse contando con una clase alterna a lo largo de los dos años.

#### 4. *Métodos de enseñanza.*

Una vez esbozados los objetivos a conseguir, el contenido de la disciplina y la organización de las enseñanzas, conviene tratar del método didáctico.

Un profesor no sólo debe aspirar a que los alumnos aprendan su asignatura; ha de procurar que al mismo tiempo se beneficien todo lo posible de los influjos formativos o educativos de la misma.

Los alumnos que ingresan en nuestras Escuelas, especialmente los provenientes del plan antiguo, poseen en general una mentalidad más matemática que física, y constituye una importante y delicada tarea el hacerles ver que para el ingeniero la matemática pura es solamente un poderoso auxiliar que no está reñido con los conceptos básicos de la Física, pues son éstos precisamente los firmes pilares en los que se ha de asentar su técnica. Rigor matemático y conceptos físicos deben armonizarse y corresponde al Profesor la misión de ayudar a esclarecer que donde parece a veces que falta el rigor, hay una justificación de orden físico.

Con el estudio de la Física continúan los alumnos un contacto ya iniciado en el bachillerato y las posibilidades educativas son muy grandes. Porque, además de intentar establecer el equilibrio mental que necesita el futuro ingeniero, se puede inculcar a los alumnos el sentido de abstracción y de aproximación física; esto es el arte de sustituir un problema natural inabordable por otro abstracto, suficientemente parecido, pero asequible a nuestros medios. El profesor deberá fomentar este efecto explicando, hasta donde la materia lo permita, primero el problema natural con todas sus complicaciones y después el artificio de simplificación en virtud del cual ha sido posible abordarlo y resolverlo. Indicando también cómo, a veces, se ha de prescindir de modelos mentales si se quiere ampliar el campo de conocimientos físicos.

Respecto al método de enseñanza, consideraremos primeramente la parte relativa al desarrollo de las clases teóricas, y según lo anteriormente señalado, podemos distinguir dentro del programa una parte de carácter menos conceptual y más bien instructivo. Esta se desarrollará con máxima actividad del profesor y mínima del alumno, que no tendrá en clase más papel que el receptivo, realizando así una actividad intelectual de asimilación. Este mé-

todo tiene la ventaja de una posible ordenación rigurosa de los temas, que se podrán ir exponiendo con precisión de acuerdo con el programa y el tiempo disponible. Para tratar de hacer vivir mentalmente al alumno el proceso de la actividad que ha requerido una determinada invención, en ocasiones convendrá emplear el orden lógico de exposición y otras veces interesará adoptar el orden psicológico.

La mayoría de los temas básicos se orientarán de forma que la iniciativa no corresponda totalmente al profesor, procurando que a veces se establezca un intercambio de opiniones, mediante el diálogo y cuando la pregunta corresponda al profesor, deberá procurarse que sea como sugestión u objeción disfrazada por la que descubra al alumno las deficiencias e incongruencias de su actual pensamiento y que le invite a reconsiderar la cuestión para mejor observar, razonar y saber.

Las preguntas de los alumnos serán muchas veces reveladoras de conceptos mal asimilados y debe el profesor aprovecharlas para con habilidad llevar gradualmente la mente del alumno a la debida meta. La discusión que puede nacer por este intercambio de ideas está limitada por el tiempo marginal de que se disponga.

Si bien en ocasiones este método resulta lento, tiene la enorme ventaja de despertar el interés del alumno mucho más que el anterior, consiguiéndose de esta forma que la enseñanza responda adecuadamente a sus íntimas exigencias e inquietudes espirituales.

Las clases prácticas se orientarán tratando de situar al alumno ante los problemas experimentales, en la misma actitud con que se enfrentó a ellos el investigador que descubrió su solución. De esta forma el alumno deberá tener la máxima iniciativa y la máxima responsabilidad, contribuyendo así a una gran eficacia educativa. Naturalmente, según sea el tiempo de experiencia, el profesor, o bien se limitará al papel de consejero y a vigilar y corregir la labor del alumno, quien sólo acude al maestro en plan de consulta orientadora, o de contraste de resultados, o, por otra parte, sea el profesor quien lleve el peso de la experiencia, quedando únicamente a cargo del alumno la ejecución material del trabajo.

Es evidente que en este método se eleva a la máxima poten-

cia la actividad del alumno. Por responder a una necesidad e inquietud sentida por él con más o menos autenticidad, según el grado de iniciativa, despierta un más profundo interés y es más educativo, pues le prepara mejor para autodirigirse en su trabajo.

Pero junto a estas ventajas tiene no pocos inconvenientes derivados de las necesidades de material y tiempo. Por otra parte, no hay que olvidar que se trata de formar ingenieros, y aunque no se consiga en física un gran desarrollo de la parte experimental, tal vez baste con lo fundamental y con la enseñanza de los más importantes hechos experimentales, así como del conocimiento de las teorías en que se asientan.

Un objetivo esencial es el conseguir que el alumno sienta la necesidad de una labor complementaria a la propia clase, para lo que se debe fomentar el contacto directo entre profesores y alumnos, bien sea proponiendo problemas aclaratorios de las materias más interesantes o delicadas, que serán resueltos y aclarados en las clases siguientes, o bien tratando de que realicen algún trabajo elegido por ellos de entre una serie propuesta o enunciada por el profesor. De esta forma se van iniciando en las tareas de investigación y se acostumbran al trabajo autónomo y a ver en el programa un campo ilimitado que explorar.

Un tema del que queremos escribir unas palabras es el de los apuntes. Todos hemos tomado apuntes y sabemos que no es tarea fácil tomarlos bien; se encuentran lagunas, errores, tergiversaciones... por ello debe procurarse adoptar obras fundamentales y ceñirse a ellas en lo que sea posible, aclarando, ampliando y resumiendo en los puntos en que así lo estime oportuno el profesor y caso de interesar tomar apuntes debe el profesor tener una parte muy activa en la confección, corrección y tirada de los mismos.

Otro complemento de gran eficacia para una mejor asimilación del alumno consiste en la proyección de películas de carácter didáctico.

Importante tarea que incumbe al profesor es la función examinadora. El profesor tiene que examinar y calificar a sus alumnos, aprobándolos o desaprobándolos, y esto plantea no pequeños problemas de índole psicológica, pedagógica y ética. Somos partidarios de exámenes parciales, tanto escritos como orales, pero, en general, no deben tener un carácter totalmente «liberatorio»,

pues la experiencia demuestra que aprobado un examen parcial, aquellas lecciones no se repasan si ya no vuelven a ser objeto de examen. Sin embargo, creemos que el examen final de conjunto de cada asignatura no debe incluir la totalidad de las materias explicadas, y así, temas secundarios que fueron incluidos en un examen parcial, pueden no figurar en el final.

Son muchas las razones que explican la insuficiencia de la labor puramente de clase para lograr en los alumnos la formación que debe ser característica de nuestra profesión. Para el logro de ella se recomiendan los seminarios, en los que se fomenta la iniciativa personal del alumno y la colaboración activa del profesor. Deben contener el germen del estímulo verdadero, que es el de ampliar el conocimiento, aclarar los problemas oscuros, disciplinar la inteligencia en la búsqueda de la verdad, contrastar la validez de los distintos métodos y aprender a trabajar. Este carácter se acentúa más cuando el seminario funciona como no obligatorio, pues entonces se autoseleccionan los alumnos y no acuden más que los que sienten verdaderamente el afán de mejorar su formación.

##### 5. *Medios necesarios.*

Para conseguir un desarrollo eficaz del problema siguiendo los métodos de enseñanza que se recomiendan, es preciso disponer de los medios necesarios para ello.

La primera necesidad aparece al considerar como imprescindible que en las Escuelas existan laboratorios de física suficientemente bien dotados para que se puedan llevar a cabo las clases prácticas.

Entendemos que debe disponerse de tres tipos de laboratorios. El primero, que podríamos denominar «general», tiene como cometido que en él se realicen las prácticas normales de bajo nivel y a gran número de alumnos. Otros laboratorios «específicos» deben disponer de mejor material y mayor calidad de montaje; en ellos se desarrollarán investigaciones físicas en relación con la técnica de cada Escuela. En tercer término hay temas de interés común a varias Escuelas en los que además puede interesar llevar a cabo investigaciones y trabajos para el exterior; en estos casos



sería mejor aunar esfuerzos, conseguir una mejor dotación y utilizar conjuntamente estos laboratorios «comunes».

Otra necesidad para un mejor logro de la eficacia en la enseñanza es la que se refiere al profesorado. Las escuelas deben organizarse de tal forma que atraigan a ellas al profesor que sienta verdadera vocación de enseñar, y para ello se debe conseguir que su problema económico quede resuelto para que no tenga más dedicación que su cátedra y las investigaciones con ella relacionadas.

También creemos oportuno llamar la atención sobre los grandes beneficios de todo orden que trae consigo la colaboración con centros de investigación nacionales y extranjeros y con la industria en general, pues así, la formación del futuro ingeniero será eficaz y estará muy en consonancia con los problemas de la investigación y de la industria.

Por último, debemos añadir que gracias al esfuerzo que dedica el Ministerio de Educación Nacional a la enseñanza en las Escuelas Técnicas Superiores, se van resolviendo los problemas económicos y de todo orden y se está iniciando un espíritu de equipo que reportará extraordinarios beneficios en la formación de nuestros técnicos.

## DISCUSION

Sr. Díaz Rijo.—El tema presentado por la Ponencia se refiere a la enseñanza de la Física en las Escuelas Técnicas Superiores, y antes de deducir conclusión alguna es necesario saber qué es lo que llamamos «Física» dentro del conjunto de materias que han de cursarse en la misma.

Yo no puedo hablarles, con conocimiento de causa, de los matices que tiene en cada especialidad la enseñanza de la física. Por dicha razón me voy a limitar a comentar las ideas expuestas en esta ponencia desde el punto de vista de la formación de un ingeniero naval. Sin embargo, por su carácter de disciplina básica, la mayor parte de las sugerencias que voy a hacer son aplicables a todas las Escuelas.

Espero que estaremos de acuerdo en que la formación de un técnico superior ha de descansar en una base sólida, sobre la que desarrollar las distintas materias tecnológicas. Esta base puede tener su centro de gravedad en el conjunto matemáticas-física, como es el caso de la Escuela a que pertenezco, o bien matemáticas-física-biología que podría ser el caso de otra Escuela. Parece indiscutible que la física es pieza fundamental de la

formación básica de todos los tipos de ingenieros, como acertadamente se ha expuesto en la ponencia.

Basta observar el cuestionario que se propone para percatarnos de que la palabra «física» tiene para la ponencia un contenido mucho más amplio de lo que es tradicional en las Escuelas Técnicas Superiores. Obsérvese que, prescindiendo del doctorado, para el segundo ciclo se hace una estimación de cuatrocientas horas de clases teóricas, y si se tiene en cuenta que estas estimaciones se realizan frecuentemente por defecto y que hay que sumar las clases dedicadas a ejercicios y prácticas, fácilmente se alcanza la enorme cifra de seiscientos cincuenta horas. Esta cifra debe compararse con las doscientas horas que actualmente se dedican al conjunto de la física, clases teóricas y prácticas, en la Escuela de Ingenieros Navales.

Para mayor claridad sería pues conveniente que precisáramos el concepto de la Física como asignatura de las Escuelas. A mi modo de ver, en las Escuelas Técnicas debe llamarse «Física» el conjunto de conceptos científicos necesarios para dar fundamento a las distintas asignaturas características de cada centro y dar al mismo tiempo unidad al pensamiento del alumno antes de adentrarse profundamente en disciplinas de especialidad.

De acuerdo con este criterio, el tercer ciclo, correspondiente al doctorado, no debe ser considerado como una fase de la enseñanza de la física, pues constituye realmente una ampliación de temas muy especiales.

Las dos características de la física, concebida en la forma expuesta, son pues: servir de base a los conocimientos tecnológicos y dar unidad al pensamiento del alumno. Para que pueda servir de base a los estudios posteriores del ingeniero es necesario que el alumno estudie los fenómenos físicos en sus detalles y los analice profundamente. En cambio, para dar unidad al pensamiento es necesario que se haga una labor de síntesis, en la que el alumno comprenda la íntima relación existente entre los diferentes fenómenos físicos. Cada una de estas facetas debe orientar, a su vez, a cada uno de los ciclos de la enseñanza de la física para ingenieros.

De lo dicho se desprende que apoyo totalmente la idea que del primer ciclo expresa la ponencia; basta recordar que según palabras textuales de la misma, el objetivo de la física de Preuniversitario y Selectivo es el de... «adquirir el conocimiento de los fenómenos físicos clásicos, así como los conceptos básicos, afirmados por prácticas de laboratorio y ejercicios».

No ocurre lo mismo con el segundo ciclo, pues en mi opinión es contradictorio decir que este ciclo ... «permitirá al alumno tener una visión de conjunto», y al mismo tiempo proponer que se desarrolle en tres cursos, siguiendo un cuestionario a la manera clásica, es decir, de estudios de partes aisladas del conjunto, y aun separando capítulos de una misma materia para ser desarrollados en cursos diferentes.

Nada más contrario a la labor de síntesis que debe realizar el alumno en el segundo ciclo de aprendizaje de la física. Es necesario insistir en que la física pierde todo su valor formativo en las Escuelas Técnicas Superiores si pierde su unidad, y si se llegara a tal situación sería preferible supri-

mirla totalmente como asignatura e incorporar sus enseñanzas a las asignaturas tecnológicas más afines.

Aun admitiendo las razones que expongo, podría decirse que existe la imposibilidad material de explicar su contenido en un curso. Si la experiencia es la que debe resolver esta cuestión, me veo obligado a señalar que durante los muchos años de existencia del plan antiguo, los seis años del curso selectivo del citado plan y los dos de vida del Curso de Iniciación, en la Escuela de Ingenieros Navales, se ha explicado la física en su conjunto sin que haya surgido esa imposibilidad material.

Las materias propuestas por la ponencia podrían quedar reducidas a:

A) **Campos vectoriales** (5 lecciones). Téngase en cuenta que el alumno debe poseer conocimientos anteriores y que el desarrollo completo de los campos vectoriales y tensoriales debe estudiarse como una parte de las matemáticas.

B) **Mecánica** (10 lecciones). Deben explicarse solamente las cuestiones que normalmente se incluyen en los libros de texto de física general, pues la Mecánica Racional completa tiene para los ingenieros la importancia suficiente para constituir una asignatura separada de la física.

C) **Óptica** (30 lecciones).

D) **Elasticidad** (3 lecciones). Son suficientes para dar en esta fase una idea del comportamiento elástico de los materiales. Lo mismo que la Mecánica constituye una asignatura independiente, obligada para la mayor parte de las Escuelas.

E) **Terminología** (30 lecciones).

F) **Física Atómica y nuclear** (20 lecciones).

G) **Mecánica de Flúidos** (15 lecciones).

H) **Teoría de vibraciones y acústica** (20 lecciones).

En total resultan 163 lecciones teóricas. Añadiendo dos horas semanales para ejercicios y prácticas resultan aproximadamente doscientas quince horas, número análogo al propuesto por la ponencia para el primer año de la carrera.

Las anteriores consideraciones sólo tienen por objeto hacer ver que es perfectamente factible la enseñanza de la física como un conjunto y que no es solamente una apreciación teórica sino que está comprobada por una experiencia de muchos años.

El nuevo plan de estudios permite aún otra mejora en la enseñanza de la física en el segundo ciclo, ya que ahora pueden ordenarse las cosas de tal modo que el alumno que llega a esta segunda fase conozca los fenómenos físicos con el detalle suficiente para que en las Escuelas pueda hacerse la labor de síntesis que antes he señalado. Para llenar esta función es absolutamente indispensable que se modifique el orden de exposición tradicional de los textos de física general. Se deben agrupar los temas de tal manera que formen una unidad dentro de la variedad de los fenómenos físicos. Por ejemplo, debe comenzarse por el estudio de las partículas elementales, su integración en el núcleo, la formación de los átomos, de las moléculas, su

asociación para formar los estados gaseosos, líquido y sólido, y paralelamente con esta integración estudiar las propiedades de todo tipo asociadas con ella. Otros de los grupos generales, cuyo ensayo he realizado personalmente con pleno éxito en el curso selectivo del plan antiguo de mi escuela, consiste en agrupar todos los fenómenos de tipo ondulatorio, comenzando por el estudio de las vibraciones elementales, continuando por estudiar las ondas de presión y elásticas en los medios isotropos, las ondas superficiales en los líquidos (de interés especial para los ingenieros navales), las ondas electromagnéticas y toda la óptica ondulatoria. De esta forma se puede agrupar toda la física general para lograr un sistema de enseñanza que verdaderamente dé unidad al pensamiento del estudiante. Cuando se planteó la cuestión de preparar un cuestionario para el curso de Iniciación, la Escuela de Ingenieros Navales presentó un proyecto inspirado en estas directrices, pero no se apreció en todo su valor la idea que proponíamos y en beneficio de la unidad de criterio se llegó a los programas que actualmente están en vigor. Considero a pesar de todo que sería muy interesante que alguna Escuela hiciera el ensayo de un sistema de este tipo.

Es interesante indicar una vez más que en relación con el sistema anterior, el ensayo realizado con la enseñanza de la física en nuestro curso selectivo puso de manifiesto la gran ventaja que supone el contacto directo del profesor con el alumno durante todo el curso, pero tampoco deben olvidarse las causas principales del éxito obtenido, a saber: la incorporación a los cursos de acceso del personal de las antiguas academias preparatorias, eliminando sus defectos conocidos y recogiendo de ellas la efectividad y el espíritu de trabajo de su profesorado; la organización de la enseñanza en grupos no superiores a 30 alumnos; el que cada profesor enseñe la misma materia a todos los grupos y no cada grupo asignado a un profesor; y finalmente una estrecha y muy frecuente relación con la jefatura de estudios de la Escuela para fijar criterios.

En mi opinión es fundamental ir avanzando de acuerdo con la experiencia recogida, haciendo todos los ensayos que sean necesarios, pero también es verdad que estos ensayos serán completamente estériles si la multitud de comisiones y subcomisiones, que están tan en boga, no recoge la verdadera experiencia de manos de las personas que las han realizado directamente.

En cuanto a los métodos de enseñanza, estoy en acuerdo completo con la ponencia y únicamente quisiera añadir que en este sentido solamente se pueden hacer observaciones muy generales porque la enseñanza es una función eminentemente «transitiva» y en ella intervienen dos personas: el profesor y el alumno. Lo primero que el profesor tiene que hacer para que su esfuerzo sea fructífero es crear el ambiente adecuado para que se produzca la «transmisión», es decir, que la mente del alumno esté abierta a sus explicaciones. Aunque lo que digo parece una cosa tan simple y evidente, la realidad es que he conocido, durante mi época de estudiante, muy pocos profesores que hayan logrado crear este clima «transitivo» en sus clases.

Sr. Jiménez-Landi.—Parto del hecho de que lo importante en la enseñanza no es tanto el «que» sino el «como». Así, pues:

1.º Considerando que las enseñanzas técnicas tienen lógicamente que tener un carácter de especialización y que la física como asignatura puede ser solamente una herramienta para el estudio de las asignaturas tecnológicas, encuentro quizá demasiado ambicioso el cuestionario. Cabría, por tanto, reducirlo todo lo posible a los fundamentos, pero dando éstos con plena eficacia y rendimiento.

2.º Considero que cada Escuela debe hacer su plan de estudios según sus funciones particulares, y en consecuencia creo que la ponencia debería limitarse a una cosa más general, de método.

3.º Considero que en este sentido es fundamental dotar al alumno de una conciencia física que le sitúe ante el problema real tal como lo presenta la naturaleza, siendo la Matemática a su vez una herramienta de la física. Por tanto, la labor de problemas es fundamental no sólo como ejercicio práctico de aplicación de fórmulas o matemáticas, sino también como planteamiento a partir de los fenómenos naturales y fines prácticos perseguidos. Es fundamental que al alumno se le enseñe a plantear, resolver y discutir los resultados de los problemas.

4.º Respecto a los métodos pedagógicos estoy completamente de acuerdo con la ponencia. Creo importantísimo estimular en el alumno la iniciativa, la intuición y la imaginación, muy necesarias al futuro técnico. En este sentido es excelente la labor de seminario (no para unos pocos sino para todos. La labor de la Escuela no es la de seleccionar sino la de enseñar y preparar) y la enseñanza por intuición y estímulo. Que el alumno se vaya construyendo y descubriendo por sí mismo toda la asignatura; pero dudo que en el escaso tiempo previsto para prácticas, en relación al temario teórico, tenga cabida esta modalidad de enseñanza en relación con este punto 4.º y el anterior (3.º).

5.º Estoy de acuerdo en que el técnico tiene que ser un poco investigador, pero no hasta el punto de serlo del todo. Esta es una misión más bien universitaria. El técnico debe ser fundamentalmente perfeccionador y aplicador de técnicas. Tener un carácter más especialista, más concreto, más práctico y menos enciclopédico o filósofo, aunque sin ignorar la fuente de materias objeto de investigación que se encuentre en su trabajo.

Sr. Bru Vilaseca.—Creo que la Ponencia es demasiado ambiciosa, y estoy conforme con algunos de los puntos mantenidos por el señor Díaz Rijo.

Creo adecuada la implantación de dos cursos solamente, análogos a los de «Físicas medias» que se desarrollan en la Sección de Física de las Facultades de Ciencias. Eminentemente formativos y eminentemente prácticos, utilizando un lenguaje matemático sobrio y suficiente para la deducción de lo esencial, que nunca distraiga la atención del problema físico que se está tratando. Estos cursos conviene que sean muy paralelos en beneficio de los alumnos que siguen, simultáneamente, sus estudios en la Universidad y en alguna E. T. S.

Creo que debía intensificarse más el laboratorio en los primeros cursos que en los últimos. En la Universidad se dedican tres horas y media semanales al Laboratorio en Física I y siete horas en Física II (que incluye la Termodinámica).

Deseo llamar la atención sobre el peligro que se viene sobre las enseñanzas de la Física en los Centros Superiores debido al plan actual de dividir la Física General (que es importantísima) entre el Bachillerato y el Curso Selectivo.

Sr. Villena.—Creo que el asunto planteado por la ponencia es muy importante y un tanto difícil de resolver inmediatamente. De este mismo problema se están preocupando, por ejemplo, en Estados Unidos desde hace más de cinco años, habiendo sido nombrados dos Comités por el «American Institute of Physics» y por la «Society of Engineering Education» que han venido emitiendo una serie de informes. No hay unidad de criterio entre los profesores americanos, salvo en que la enseñanza de la Física es el fundamento de una buena Ingeniería. Unos recomiendan una enseñanza continuada de los distintos capítulos de la Física. Otros, como Margenau, afirman que cada capítulo debe explicarse con absoluta independencia de los demás. Finalmente, existe una tendencia hacia la Física unificada, que dividen la Física en capítulos coherentes, como energía, campos de fuerzas, vibraciones y ondas, constitución de la materia, etc., habiendo aparecido recientemente dos libros de este tipo.

Creo que la ponencia tiene la virtud de mencionar, con el gran conocimiento y experiencia que corresponde a los autores, todos los puntos importantes. Ello permitirá discutirlos ahora y en lo sucesivo, pues lo importante es tener un trabajo escrito del que partir. Aun coincidiendo con ella, en términos generales, discrepo en algunos matices:

No creo que los capítulos de la Física deban partirse explicando una parte en la Iniciación y otra en la Carrera, dado que la formación de los alumnos que llegan a las Escuelas no sólo es baja, sino sobre todo irregular (y no creo que esto último pueda remediarse). Creo, por tanto, que es muy conveniente darle una visión de los capítulos más importantes de la Física con un criterio unitario. Si nos atenemos a la clasificación tradicional en Física experimental, teórica y matemática no hay duda alguna que se debe explicar Física teórica. Recordemos que el físico matemático calcula pero no ve, ni mide, ni quiere entender. El físico teórico ve, mide, también calcula y quiere entender. El físico experimental ve, mide y ayuda a los demás a entender. Se puede aceptar que la Física experimental ha sido suficientemente explicada y, por tanto, puede comenzar a explicarse la Física teórica prescindiendo de los detalles experimentales y utilizando la herramienta matemática.

Soy partidario de establecer el nivel de la asignatura «a priori», teniendo en cuenta la realidad media de los alumnos y no modificarlo aún cuando haya una buena parte suficientemente preparada. También soy partidario de comenzar la explicación de Física haciendo notar que la matemática es

aquí una herramienta insustituible, pero sólo eso. Hay que hacer notar la diferencia entre números matemáticos y medidas físicas, entre punto matemático y diferencial de volumen. Es necesario romper la preferencia tradicional de estos alumnos por el desarrollo matemático e insistir en el contenido físico.

Esto se consigue sólo con unas buenas prácticas de laboratorio (dos horas semanales) hechas por cada alumno de una forma individual y absolutamente honrada. Pero tampoco debe prescindirse de los problemas numéricos, ni de las cuestiones teóricas que precisasen otras dos horas semanales no previstas por la ponencia. Sólo así el alumno puede «palpar» la realidad del concepto físico y la utilidad de las fórmulas y teorías.

En cuanto al examen final coincide con la ponencia en que no debe incluir la totalidad del programa. El procedimiento seguido en ciertas escuelas técnicas extranjeras que he visitado es hacer un cuestionario que incluye los puntos más esenciales y que obliga a un repaso final de estos conceptos fundamentales.

Finalmente, entiendo que el conjunto de conocimientos físicos debe hacerse de la manera más fácil posible. Por ello, creo que en lugar de Mecánica racional se deberá explicar Mecánica física (Sommerfeld calificó a la primera como celestial y a la segunda como terrenal). Por ello, estimo que pueden sustituirse los libros de Mecánica racional de Levi-Civita, Appel y Cisotti por los de Mecánica física de Lansay, Milne y Edwards. Dentro del mismo orden de ideas, creo que podrá añadirse en Óptica los textos de Longhurst y Curry, en Electricidad el Beane, en Termodinámica el Keenan y en Relatividad el Stephenson (especialmente escrito para físicos e ingenieros).

Insisto otra vez en que la memoria tiene un gran mérito y es de esperar que los planes se conviertan en realidades gracias a la preocupación humana de todos los profesores, sin la que de nada sirven los planes. Sólo así conseguiremos que la Enseñanza Superior sea más moderna, más completa y más eficaz.

**Sr. Mazarredo.**—Deseo hacer dos observaciones sobre la filosofía que ha orientado la redacción de la ponencia. Una de ellas relativa a una separación y la otra a una mezcla.

La separación es la que se propone entre la teoría y las aplicaciones técnicas correspondientes. En mi opinión, la Ingeniería es, en principio, Ciencia Aplicada y, por tanto, la Ciencia —las partes en que se ha dividido la Física— debe estar directamente relacionada con las aplicaciones. Aunque indudablemente no exista, en este caso, tanto peligro de orientaciones distintas, lagunas y repeticiones, como en una Física dividida entre la Segunda Enseñanza y la Universidad, no creo conveniente el sistema, pues es probable que la «Física» adquiriese un aspecto demasiado teórico y que las aplicaciones se desarrollaran sobre bases poco firmes.

La mezcla es la que se ha hecho entre distintas especialidades de inge-

niería, para las que en cierto modo se propone una parte considerable del plan de estudios. No creo que haya necesidad de esta unificación, que como toda mezcla, puede llevar consigo una pérdida de posibilidades en potencia, es decir, en este caso de rendimiento de la enseñanza por el hecho de ser tan distintas las especialidades.

Los señores Villena y Díaz Rijo —con los que estoy de acuerdo— ya han expuesto la conveniencia de desarrollar el conjunto de la Física en el curso de iniciación. Este puede ser común, pero después me parece un tanto forzado someter un esquema general para los ingenieros industriales textiles y los navales, por ejemplo. En estas u otras ramas de la ingeniería puede convenir hacer en el acoplamiento de programas cambios tan sustanciales que apenas quede algo del esquema propuesto.

Quizá sea esto más acusado en la fase de doctorado. Sin entrar a discutir este tema, objeto de otra Ponencia, creo que se puede ser perfectamente doctor ingeniero naval o textil, por citar las mismas especialidades de antes, sin haber estudiado el núcleo atómico o la teoría de la relatividad, a la altura que en esa fase se requeriría.

Deseo añadir que, en general, me parecen excelentes las orientaciones didácticas expuestas después de los programas.

Sr. Roglá.—Deseo contestar, en nombre de la ponencia, a los señores Díaz Rijo, Villena y Mazarredo.

En primer lugar debo disipar un malentendido, aclarando la interpretación del contenido del tema «La enseñanza de la Física en las Escuelas Técnicas Superiores» cuyo estudio se encomendó a la Ponencia.

Nosotros interpretamos que el tema abarcaba, no sólo la asignatura de Física que suele cursarse con este nombre y referirse a una visión general de toda la Física, sino también los fundamentos físicos de las Técnicas, es decir, los conocimientos físicos básicos particulares en que se fundamenta cada asignatura tecnológica.

Creemos, por haberlo comprobado, que en los primeros años de la carrera, cuando el alumno conserva un recuerdo vivo de las Matemáticas y de la Física General que cursó, cuando las aplicaciones prácticas de la Tecnología no han absorbido todavía su interés, asimila con mayor facilidad y agrado la base científica en que se asienta su carrera.

Si por el contrario, cada profesor tecnológico le introduce en los fundamentos físicos de su asignatura ingenieril, se corren diversos riesgos:

a) Que el profesor, polarizado por su práctica profesional, no conceda la debida atención y rigor a la fundamentación científica de su propia técnica.

b) Que el alumno se interese exclusivamente por las aplicaciones tecnológicas con descuido de la base física de las mismas.

c) Que en el mejor de los casos, la orientación muy particularizada de la Física, que acompaña como prólogo al desarrollo de la asignatura



tecnológica, haga perder al alumno «la unidad de pensamiento» que propugna el señor Díaz Rijo y que nosotros suscribimos.

Esa unidad depende mucho más del modo como se explique cada apartado de la Física que del nombre que le demos a ese apartado, o de la agrupación de los mismos.

Si se pretende realmente dar una base efectiva a las asignaturas tecnológicas, es evidente que la Física General del Curso de Iniciación no basta. En general se han de requerir los dos primeros años de la carrera.

No se trata de un esquema rígido, sino que en cada Escuela ha de atenderse a las peculiaridades de las técnicas que le son propias. A modo de ejemplo, y refiriéndonos a algunas de ellas, hemos considerado como asignaturas básicas los siguientes apartados de la Física:

Mecánica General.

Campos vectoriales y tensoriales.

Mecánica de flúidos.

Elasticidad y plasticidad.

Teoría de vibraciones y ondas.

Optica.

Electricidad.

Física atómica y nuclear.

Termología.

Bien entendido que se trata de enlazar, en síntesis, los fundamentos de las técnicas que posteriormente han de estudiarse, para que proporcionen una base firme y «unitaria» a las mismas.

Creo que los criterios expuestos por los señores Díaz Rijo, Villena y Mazarredo, no difieren en el fondo de los que sustenta la ponencia, una vez aclarado el punto de partida que ésta adoptó.

Sr. Fontán.—Poco me resta por añadir a la contestación dada por el señor Roglá en nombre de la ponencia.

Cabe destacar una conclusión común a todas las intervenciones, que pone de manifiesto el que la enseñanza de la Física en las Escuelas Técnicas Superiores, se hace cada día más imprescindible para la formación de Ingenieros, cuyas técnicas están en general en continua evolución y por tanto requieren conceptos básicos muy bien asimilados.

Solamente deseo insistir que, en mi opinión, el Curso de Iniciación debe dedicarse fundamentalmente a la enseñanza de la Matemáticas, para que cuanto antes los alumnos puedan seguir la enseñanza de la Física con toda la altura necesaria. Por esta razón creo que la Física debe repartirse entre Iniciación y al menos Primer Año de carrera, no obstante en algunas Escuelas, como en el caso de la nuestra de Ingenieros Aeronáuticos, la Física continúa en Segundo Año de carrera.



# LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN LAS FACULTADES DE CIENCIAS Y EN LAS ESCUELAS TÉCNICAS SUPERIORES

Carlos Abollado Arlbau.  
Fernando Burriel Martí.  
Antonio Canseco Medel.  
Enrique Costa Novella.  
Carlos Fernández Prida.  
Vicente Gómez Aranda.  
Enrique Gutiérrez Ríos  
Mariano Mingot.

Dentro de la ponencia de profesores de Química sobre la enseñanza de esta ciencia en las Universidades y Escuelas Técnicas Superiores, hemos tratado de señalar algunos de los problemas que se presentan en los planes de estudios actuales. Sobre estos problemas hemos establecido algunos criterios en los que de modo general nos hallamos de acuerdo y que presentamos para su discusión.

Por esto la ponencia que hemos redactado tiene carácter de índice de cuestiones más que de afirmación de realidades y sólo deseamos que a partir de este conjunto de problemas docentes se llegue a un razonamiento constructivo que desemboque en soluciones que mejoren estas enseñanzas; pero sobre todo que sean viables y no utópicas.

## LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN EL CURSO SELECTIVO.

### A) *Preámbulo.*

La enseñanza de esta asignatura, como todas las integrantes del Curso Selectivo, es evidente.

Para muchos de los alumnos que la siguen será la última vez que se enfrenten con esta materia presentada en conjunto y como unidad armónica. Posteriormente, en algunas de las Escuelas Téc-

nicas Superiores en que estudien, volverán a encontrarse con asignaturas de índole química, Combustibles, Celulosa, Metalurgia, etc., pero de naturaleza muy específica y concreta.

Otros, por dirigirse a las Facultades de Ciencias o a las Escuelas de Ingenieros Industriales, volverán a estudiar amplias ramas de la Química, como Química inorgánica, Química orgánica, Química física, etc., y tendrán ocasión de subsanar posibles deficiencias en su formación química inicial.

No obstante, para todos, esta asignatura de Química general debe proporcionar cimientos sólidos en que basar los ulteriores conocimientos químicos que en el futuro habrá que comunicar a los distintos alumnos según la especialidad a que se dediquen.

### B) *Profesorado.*

Por cuanto antecede creemos que la Química general debe ser explicada en cada universidad o Escuela especial por los más experimentados pedagogos de esta especialidad que cada Centro pueda disponer. La obligada subdivisión en grupos, por el gran número de alumnos matriculados en el Curso Selectivo, resalta la importancia de la acertada selección del profesorado. No debe caerse en el error de que por tratarse de una asignatura elemental, para alumnos que empiezan, puede explicarla cualquier graduado joven, que aunque competente, se inicia en las tareas pedagógicas. Los nombres de algunos destacados científicos, bien conocidos en todo el mundo, que además de su especialidad siguen explicando Química general año tras año en sus respectivas Universidades o Institutos Tecnológicos, confirmarían este punto de vista.

### C) *Cuestionario.*

Parece acertado que, como actualmente está establecido en el curso de Iniciación, los grupos que se formen para la explicación de esta asignatura, constan como máximo de 50 alumnos. Ahora bien, el gran número de Centros en que se estudia el Curso Selectivo y la obligada subdivisión en grupos, en el seno de cada uno plantea un problema que ya ha sido advertido en algunos Cen

tros. Se trata de la heterogeneidad de preparación de los alumnos que aprobaron esta asignatura.

Pueden estimarse en unos 60 los profesores que explican esta asignatura en los distintos grupos de Universidades y Escuelas especiales. La extensión de la Química determina que el énfasis prestado por cada uno de ellos a los conceptos teóricos y a la parte descriptiva de las ramas inorgánica y orgánica, sea muy desigual. No basta para evitarlo el actual Cuestionario Oficial, quizá demasiado ambicioso en sus límites, para el número de clases realmente a disposición de cada profesor en el curso académico, si se quieren explicar las distintas cuestiones con el mínimo de detenimiento requerido para su asimilación por los alumnos. Se considera que este inconveniente puede subsanarse o paliarse, revisando el Cuestionario con espíritu realista, teniendo muy presente el número de semanas lectivas de un curso académico normal y procurando que el número de temas que lo integren corresponda al de aquellas, de forma que cada tema pueda explicarse, en general, en una semana de tres clases teóricas.

El progreso realizado en los últimos tiempos en el desarrollo de conceptos teóricos unificadores ha sido tan grande que se considera viable la redacción de un cuestionario racional con las características apuntadas. Son muchos los libros modernos y excelentes de Química general de autores destacados, que comprenden un número de capítulos coincidentes aproximadamente con el de semanas lectivas de un curso y cada uno con la extensión tal que pueden ser explicados por regla general en tres clases semanales.

Una comisión reducida de profesores destacados que pudieran contar con suficiente tiempo para meditar y discutir lo más conveniente, habida cuenta de la preparación química normal de los alumnos que llegan al Curso Selectivo, estamos seguros llegaría a ese cuestionario racional, que aun dejando a cada profesor elasticidad para el desarrollo de su propia personalidad, paliaría la inevitable heterogeneidad actual.

#### D) *Seminarios.*

Como complemento de las tres clases teóricas semanales, se juzga indispensable, al menos, una cuarta sesión semanal de Se-

minario, para resolución de los Problemas numéricos que aclaren los conceptos explicados en las clases teóricas. Sería ideal poder disponer de dos sesiones de seminario semanales y la subdivisión en subgrupos de 30 alumnos para ellas, pero quizá ambas circunstancias resulten imposibles dadas las disponibilidades de personal docente y locales de cada Centro y el nutrido horario de los alumnos. En cualquier caso, se considera muy importante un estudio detenido global de las horas de clases teóricas y seminarios, clases prácticas y presuntas horas de estudio de los alumnos, para que no rebasen las cuarenta y ocho horas semanales normales de trabajo que el equilibrio mental de los mismos aconsejan.

#### E) *Prácticas.*

En cuanto a las prácticas de laboratorio se refiere, se considera fundamental una completa sincronización entre las clases teóricas y prácticas. El cuestionario de clases prácticas debería redactarse para unas 24 sesiones de tres horas de duración a razón de una por semana, procurando que los alumnos realicen cada práctica, cuando ya adquirieron previamente los indispensables conocimientos teóricos para su comprensión. De esta forma se materializarían muchos de los conceptos teóricos, demasiado abstractos para los alumnos jóvenes que se inician en la química, reemplazando a ciertas experiencias de cátedra, que, aunque muy indicadas en ocasiones, quizá absorbiesen un tiempo excesivo del escaso a disposición del profesor para sus explicaciones teóricas. Los cuestionarios de prácticas no necesitan ser algo rígido e inalterable, pero deben tener elevado carácter formativo y mantener siempre la coordinación indicada con las explicaciones teóricas.

En cada Centro convendría que todos los grupos en que haya podido dividirse la asignatura desfilen por el laboratorio un día de la semana. Semanalmente se instalaría en cada puesto de trabajo el material necesario para la realización de la misma práctica, individualmente o por grupos de dos como máximo. Un ayudante para la atención de cada ocho alumnos y un profesor responsable de la organización del laboratorio cada semana asegurarían la eficacia de las prácticas, siempre que se observasen unas normas medidas y una disciplina rigurosa para su cumplimiento.

### F) *Pruebas parciales.*

Dada la juventud de los alumnos, también se considera indispensable someterlos con periodicidad a pruebas escritas que obliguen a un ritmo continuado de estudio, único modo de asegurar la asimilación de los conceptos explicados .

### G) *Consideración final.*

Por último, se quiere destacar que aunque muchas de las ideas apuntadas puedan parecer demasiado conocidas y estar ya en el ánimo de todos, se considera que quizá sea su incumplimiento, la circunstancia responsable de no alcanzar un mayor grado de eficiencia en la preparación química de los alumnos en esta asignatura.

## LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN EL CURSO DE INICIACIÓN.

El problema de la enseñanza de la Química en el Curso de Iniciación no es de carácter general, puesto que en algunas Escuelas no figura el plan de estudios de aquél y aún en las demás no tiene la misma importancia por estar enfocada hacia fines diferentes. Nos referiremos, pues, solamente al caso de las Escuelas de Agrónomos y Montes, en las cuales figura como disciplina común, si bien las consideraciones generales podrán tener aplicación también en otros casos, por lo menos parcialmente.

El título exacto de la asignatura que abarca las materias de carácter químico en las citadas Escuelas es el siguiente: «Ampliación de Química orgánica, Introducción en la Físico-Química y Bioquímica».

La primera parte habrá que dedicarla, por tanto, a la «Ampliación» de Química orgánica, lo que supone, naturalmente un conocimiento básico de dicha disciplina. Ahora bien, desgraciadamente, en los dos cursos que llevamos encargados de dicha cátedra hemos podido comprobar que solamente una pequeña minoría ha estudiado dicha parte del programa de Química general del Cur-

so Selectivo, indudablemente por no haberse podido desarrollar en su totalidad por falta material de tiempo, dada la considerable extensión del mismo. En estas condiciones, nuestra labor docente se encuentra considerablemente entorpecida, situándonos ante el dilema de o repasar las cuestiones fundamentales necesarias para que los alumnos puedan seguir normalmente nuestras explicaciones, en cuyo caso nos hemos de apartar del cuestionario oficial, o abandonar aquéllos a su suerte, desentendiéndose del aprovechamiento que puedan lograr en las enseñanzas, lo que nos parece completamente en desacuerdo con nuestras obligaciones profesionales.

Si la ponencia referente a la modificación de los programas del Curso Selectivo, reduciéndolos a los límites necesarios para que puedan desarrollarse totalmente en todas las Universidades prosperase, nuestro problema no existiría, puesto que todos los alumnos llegarían al Curso de Iniciación con los conocimientos necesarios para comprender perfectamente todas las ampliaciones de Química orgánica que fuera preciso explicarles; pero si no es así, creemos merece la pena considerar debidamente esta cuestión y buscarle una solución definitiva.

El criterio de que no debe repetirse nada de las partes ya consideradas en cursos anteriores nos parece muy respetable, pero no lo compartimos. Los programas recientemente aprobados para el curso Selectivo de las Escuelas Técnicas de Peritos Industriales, en cuya redacción han colaborado ilustres catedráticos, incluyen numerosos temas ya considerados en el Curso Preparatorio o en los últimos cursos del Bachillerato Superior. ¿Es que en el actual Curso Selectivo no se repiten cuestiones ya estudiadas con anterioridad, considerando, a nuestro juicio acertadamente, que deben afianzarse?

No creemos fuera difícil incluir en el temario químico del Curso de Iniciación algunas cuestiones que sirviesen para recordar a los alumnos rápidamente las funciones generales de Química orgánica, así como su nomenclatura y formulación, en evitación de que el estudiante que no ha tenido ocasión anterior de asimilación de estos conceptos, se encuentre perdido desde el primer momento e incluso, desilusionado, abandone sus estudios, como hemos tenido ocasión de comprobar repetidamente.



En nuestro programa particular hemos incluido dos temas relativos a hidratos de carbono y disacáridos, como preliminares al estudio de la celulosa, pero creemos sinceramente que deberían añadirse algunos más de tipo general con anterioridad a aquéllos, con el fin de facilitar la comprensión a los numerosos alumnos que desde el primer día confiesan ignorar lo que es un aldehído o una cetona.

En apoyo de nuestra tesis viene la segunda parte de la asignatura que nos ocupa: «Introducción en la Físico-Química». ¿Cómo es posible «introducirse» en una materia sin considerar sus conocimientos fundamentales que indudablemente se han tenido que estudiar en los cursos anteriores? Si interpretamos que también en la parte físico-química debemos comenzar las explicaciones a partir de la última cuestión considerada en los cursos anteriores, habremos desvirtuado, a nuestro entender, el título de la asignatura, pues ya no se trataría de una introducción, sino de una ampliación de la citada disciplina.

Finalmente, en lo referente a clases prácticas, juzgamos que debe conservarse el horario actual, ya que en realidad no se precisan más, pues los trabajos más interesantes habrán de repetirse con mucho más detalle en las asignaturas de Análisis químico, Química industrial, Bioquímica y Químicas específicas de la celulosa, resinas, etc., durante el transcurso de los diferentes años de la carrera.

#### LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN LAS ESCUELAS DE INGENIEROS.

Tal como se ha propuesto anteriormente, la Química debe dar una base amplia en el curso Selectivo para su aplicación posterior a las técnicas de Ingeniería que lo requieran. Al decir amplia no hemos querido decir detallada en todos sus aspectos. Esta minuciosidad científica en una fase preparatoria, como la del curso Selectivo no serviría más que para recargar programas, innecesarios después, en el desarrollo lógico de la carrera.

Ya dentro de las carreras de ingenieros, algunas de ellas requerirán una ampliación fundamental de la Química, de carácter muy general, como base de una especialización. Tal es el caso de la carrera de Ingenieros Industriales. En otras, la Química constituirá

un objetivo específico; pero particularmente intenso, como creemos sucede en las carreras de Minas, Agrónomos y Montes y, finalmente, en otras, sus aplicaciones son puramente esporádicas y concretas, como en Aeronáuticos, Caminos, Navales y Telecomunicación, en orden decreciente de intensidad.

Es posible que estos grupos, hechos por razones de exposición sistemática, no tengan límites muy separados y que la intensidad de las enseñanzas de Química pudiera establecerse más gradualmente. Sin embargo, séanos permitida la libertad de esta agrupación para poder realizar un mejor método expositivo.

Teniendo en cuenta las características diversas de estas carreras de Ingeniería, parece lógico que la enseñanza se adapte también a moldes diferentes.

La Ingeniería industrial, mirando hacia su especialización, ha considerado la Química como grupo específico en su curso de Iniciación y, al hacerlo, tiende a ampliar la base adquirida por el alumno en el curso Selectivo. Indudablemente, este segundo curso tendrá carácter cíclico sobre el anterior y tenderá a un mayor detalle y rigor científico en algunos conceptos. La Química en la escuela se ramificará en sus diversas acepciones de Química técnica, Química analítica, Química de procesos; pero cada una de estas ramas conservará el carácter general que le es necesario para cubrir las múltiples facetas de la especialidad de Ingeniería Química.

En el grupo siguiente, las características varían totalmente y se concentran en algunas actividades muy específicas, como serán la metalurgia, cementos, explosivos y combustibles, en Minas; los fertilizantes, la Bioquímica y la Química del suelo en Agrónomos; y la Bioquímica y la Industria Química de la madera y del papel en Montes.

En estos casos, el estudio de la Química debe realizarse en dos fases perfectamente limitadas. La primera, científica, y la segunda, tecnológica. Creemos que el hecho de que la Química deba tener un carácter de Ciencia aplicada en Ingeniería, no excluye de una Preparación científica profunda, aunque sea extremadamente específica y limitada.

Han pasado los tiempos en los que las técnicas tenían bases puramente empíricas y ahora la aplicación correcta de las ciencias puras implica un conocimiento perfecto de la naturaleza de

los materiales. Si tomamos como ejemplo la Química de los Combustibles, es indudable que la aplicación correcta tecnológica a los procesos de combustión, gasificación o coquización no se basan ya en experiencias y meros datos estadísticos. El mecanismo del proceso de coquización exige un conocimiento profundo de la naturaleza del carbón, no perfectamente dilucidada todavía. La investigación de esta naturaleza se sale indudablemente de los conocimientos de Química orgánica adquiridos en el curso Selectivo y hemos de ir a un estudio profundo pero, como hemos dicho, específico, de estos conceptos en esta segunda fase de nuestros programas.

Lo que se dice de este proceso puede repetirse del proceso de combustión, cuyo conocimiento teórico es objeto de la atención constante de un crecido número de investigadores; atención que se refleja en los frecuentes «symposium» internacionales sobre este tema, y también del proceso de gasificación, en el que el estudio físico-químico de sus condiciones ha permitido el gigantesco salto que los procesos industriales han logrado en los últimos años.

Esta Química teórica, en estrecha relación con la Química-Física, debe ser el contenido de la primera fase del estudio de la Química en el grupo de Escuelas que hemos citado al principio.

El período siguiente será, por el contrario, de concreta aplicación tecnológica. Es el momento de estudiar el proceso íntimamente ligado no sólo a los aparatos en los que se produce, sino a todo el medio que le rodea. Esta segunda fase es esencialmente variable en el tiempo. Los procesos se suceden, mejorándose, con gran rapidez y su reflejo debe llegar a la clase. El peligro de conservar un texto largo tiempo es evidente y en estas asignaturas corre el profesor un grave riesgo de fosilización.

Queda, por último, considerar aquellas carreras en las que la Química tiene una influencia menor que otras ciencias. Sabemos que nuestra actividad es importante en cualquier desarrollo industrial y por eso debemos advertir que esta afirmación tiene sólo carácter relativo.

En la carrera de Caminos, por ejemplo, la Mecánica es mucho más importante que la Química; pero las reacciones de las aguas selenitosas con los productos de la hidratación de los cementos, deben conocerse perfectamente. Lo propio ocurrirá en la Química de combustible para la Aviación, o para máquinas navales, y aun

en el estudio de las protecciones contra la corrosión de los enlaces subterráneos de Telecomunicación. Sin embargo, estos casos llegan a ser tan específicos que probablemente deban estudiarse íntimamente unidos a cada tecnología en el momento oportuno.

En cuanto al problema del desarrollo de las prácticas de Química en las Escuelas de Ingeniería, creemos que debe realizarse con vistas no sólo al mejoramiento formativo del alumno, sino al conocimiento de la realidad industrial. Vemos también dos fases en estos ejercicios. En la primera, como complemento de las prácticas de Química general del curso Selectivo y conjuntamente con su aplicación se debe lograr el conocimiento razonado e intuitivo del análisis tradicional. Estas clases deben tener, pues, un desarrollo teórico-práctico, en las que la experimentación por el alumno siga inmediatamente al razonamiento del profesor. Por el uso que de estas técnicas ha de hacer el Ingeniero, es imprescindible también la incorporación de los semi-micrométodos a estas enseñanzas.

Pero debe darse paso, igualmente, al análisis instrumental. Cada vez más intensamente se utilizan las propiedades de los diversos productos para su identificación. Las técnicas de conductimetría, espectrografía, polarografía, voltimetría, polarimetría, nefelometría, fluorimetría, absorciometría y análisis térmico que utilizan las diferencias de interacción con la energía radiante y las propiedades térmicas o eléctricas de los cuerpos para lograr análisis tanto cualitativos cuanto cuantitativos, deben ser demostradas en el curso, para su conocimiento. Comprendemos que los principios y teoría de estos instrumentos corresponden a la Física, pero su utilización es materia concreta de Química industrial.

#### LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN LA FASE DE ESPECIALIZACIÓN.

Las especializaciones adoptadas por las Escuelas de Ingeniería, muy interesantes por lo que tienen de tendencia, son, sin embargo, muy amplias respecto a la posibilidad de un estudio profundo y detallado de todos los problemas que en ellas concurren.

Concretamente la Química puede quedar tan diluída que apenas sea motivo de atención. Una Química del petróleo, por ejemplo, que puede llegar a ser de gran importancia en nuestro país,

no aparece claramente definida en ninguna especialidad. Por otra parte, no podríamos ser partidarios de una superespecialización que trajera la atomización de especializaciones de la que se vuelve en naciones incluso muy industrializadas.

El punto de compromiso puede encontrarse en una gran flexibilidad de estudios en el año o años que dure la especialización. El análisis de métodos extranjeros de enseñanza suscita la posibilidad de mantener un número básico de horas, distribuido entre todas las materias de la especialización, que pudiera representar el 30 por 100 del tiempo total disponible. El resto sería de libre elección del alumno que, así, se enfocaría hacia una técnica muy concreta por la que sintiera vocación o hacia la generalización de conceptos.

A esta distribución se añadiría una íntima colaboración entre profesor y alumno. La flexibilidad de horario iría unida a la flexibilidad de textos. Hemos creído observar en los alumnos una tendencia hacia la idea de un concepto dogmático de los textos que estudia, y en la vida científica no hay nada más lejos de la realidad. Las opiniones y experiencia de los autores necesitan ser contrastadas, y esto exige una amplia consulta bibliográfica, en la que las revistas científicas pesan tanto o más que los textos,

Indudablemente este método no se podrá realizar sin un apoyo exterior, que puede ser el de una amplia biblioteca, constantemente puesta al día, que, en esta fase de la enseñanza sea precisamente el lugar de estudio del alumno, bajo la dirección del profesor.

Sin embargo, cabe sugerir la posibilidad de que las empresas industriales busquen al técnico antes de acabar su carrera, precisamente en el momento en que comienza su especialización. Por su propio interés, estas empresas facilitarían al estudiante amplios medios bibliográficos que podrían ser definidos con la ayuda del profesor. A su vez, la industria plantearía sus problemas específicos que el alumno trataría de resolver como parte de sus mismos estudios. Nada ayuda tanto a aprender como la intensa investigación bibliográfica unida a una comprobación práctica.

Quizás estos dos sistemas — con o sin ayuda industrial — no son antagónicos y creemos en su posibilidad de ensayo en un futuro próximo.

Siguiendo esta línea de ideas, la Química puede dejar de ser un concepto difuso en la especialización para convertirse en el objeto definido y principal de ese 70 por 100 de tiempo de libre elección del que hemos hablado.

Creemos además que en la forma que se presenta el futuro industrial de España, habría de ser efectivamente uno de los objetivos primordiales de la enseñanza.

Durante esta fase de especialización, las prácticas tendrían carácter más personal. Los laboratorios generales deben estar dotados de laboratorios individuales, previstos en principio para el profesor; pero que sirvan para uno o varios alumnos que, persiguiendo el esclarecimiento de un problema particular o general, pero específico pueda elegir material y condiciones para su especialización.

#### *La enseñanza de la Química en la Universidad.*

Una vez estudiada la posición fundamental de la Química General en el curso Selectivo, común a todas las carreras de Ciencias e Ingenierías, vamos a hacer algunas consideraciones sobre la enseñanza y metodología de la Química en la Universidad española, pero ya dentro del ámbito de sus respectivas facultades científicas.

Partimos de la base general que en el estado actual de la Ciencia y de la Técnica, todo titulado superior, tanto procedente de la Universidad como de las Escuelas Técnicas de Ingenieros, necesita ampliar sus conocimientos básicos de la Química con otros más especializados que dependerán de las necesidades y tipos de Técnicos o Científicos que se consideren.

En la Universidad habrá que distinguir en primer lugar las diferentes Facultades y Secciones Científicas y Técnicas, de que consta para exponer en cada caso las posibles ampliaciones de los estudios de la Química más apropiados.

#### *Facultad de Medicina y Veterinaria.*

En estas Facultades creemos que no es posible prescindir del curso general de Química (Selectivo) por servir de base necesariamente para el desarrollo de los cursos de Bioquímica y Fisiología

contenidos en los respectivos programas de ambas Facultades. Las razones en que apoyar este criterio son tan evidentes que sería obvio considerarlas aquí.

#### *Facultad de Farmacia.*

En esta carrera tienen que incluirse lógicamente todas las especialidades básicas de la Química que habrán de servir de base a otras asignaturas de la carrera y asimismo a la propia formación científica del futuro farmacéutico.

A igual que sucede en otras naciones creemos es urgente que se estudien las posibles convalidaciones de las diferentes especialidades de la Química de esta carrera con las del mismo contenido cuali y cuantitativo de otras carreras. No parece que debiera haber duda alguna cuando estas convalidaciones recíprocas se planteasen por Licenciados de otras Facultades.

Los estudios generales de la Química Inorgánica, Orgánica, Analítica y Físico-Química, deberían tener esas denominaciones comunes en todas las Facultades, con programas generales apropiados.

#### *Facultad de Ciencias.*

Esta Facultad comprende las Secciones de Matemáticas, Biología, Geología, Física y Química.

Los estudios de la Química en las Secciones de Matemáticas y Física parece deberá limitarse a la Química General del Selectivo.

En Físicas sería conveniente ampliar los conceptos de la Química Nuclear para los estudios de Física nuclear.

En la Sección de Biológicas parece razonable una ampliación de los estudios de la Química en lo que se refiere al Análisis Químico, especialmente Orgánico y a la Bioquímica.

En la Sección de Geologías se incluyen necesariamente los estudios de la Química Inorgánica con los conceptos fundamentales de la Físicoquímica y el Análisis Químico, que son necesa-

rios para la completa formación actual del geólogo y además como base para los estudios de la Geoquímica y Petroquímica, especialmente.

En la Sección de Químicas es donde lógicamente se desarrollan al máximo todas las especialidades de la Química actual que, como es sabido, comprende la Química Inorgánica, Orgánica, Analítica, Fisicoquímica, Electroquímica, Química Industrial. Ingeniería Química etc., considerando la Química en sus dos vertientes científica e industrial.

Dadas las necesidades actuales de una especialización, y el enorme desarrollo de casi todas ellas, se debe ya dejar al alumno en los últimos cursos, que inicie la selección de la especialidad que desee, lo que quedará asentado con exclusividad en los estudios del Doctorado, mediante la organización de cursillos de materias muy concretas explicadas por verdaderos especialistas en cada caso. (En la Facultad de Madrid, tenemos ya organizados cursillos del doctorado tales como: Plásticos, Cristalquímica, Análisis Industriales, Radiactividad, Estructura atómica y molecular, Espectroscopia, Físico-Química de los procesos industriales, Proyectos, etc., etc.).

De esta forma todo alumno estudiará primero los cursos generales de las diferentes grandes especialidades de la Química antes citadas, que la habrán de servir de base para la posterior especialidad elegida.

Es absolutamente necesario que en todos estos estudios superiores de la Química, se combine armoniosamente la teoría con la práctica en Laboratorios, Seminarios y en las mismas Industrias, ocupando suficientes horas de trabajo para una eficaz y verdadera formación en toda su amplitud.

Las reválidas de la Licenciatura deberá ser asimismo fundamentalmente de índole práctico y teórico no memorístico. Los temas prácticos a desarrollar por el alumno deberán ser concretos, originales o no, que obliguen al alumno a trabajar desde el punto de vista bibliográfico y experimental en un Laboratorio durante un corto plazo de tiempo (uno o dos meses).

En el Doctorado se realizará, naturalmente, un trabajo original de tesis, juntamente con varios cursillos especializados antes



citados y que se deberán seleccionar en íntima relación con el tema de trabajo de tesis.

Tanto en las Escuelas de Ingenieros como en las Facultades se deberían organizar cursillos especializados para posgraduados con título superior, y en íntimo contacto con las grandes Empresas Industriales de la Nación.

## CONSIDERACIONES SOBRE LA ORGANIZACION DE LA ENSEÑANZA EN LOS CURSOS PREPARATORIOS

V. Gómez Aranda

La enseñanza de la Química en los Centros de enseñanza superior puede considerarse desde dos diferentes puntos de vista:

1.º Organización de la enseñanza de la Química en el conjunto de cada carrera.

2.º Establecer cuál ha de ser el carácter de las enseñanzas de Química en cada uno de los períodos, incluido el Bachillerato, pasando por los estudios básicos o preparatorios hasta llegar a los estudios superiores y postescolares.

Desde este segundo enfoque y prescindiendo del contenido de los programas para fijarnos en la orientación que debe presidir su desarrollo, podríamos definir brevemente las características de cada uno, del modo siguiente:

*Bachillerato.*—Enseñanzas preponderantemente informativas, no de los detalles y rudimentos de la Química, sino del papel desempeñado por esta ciencia en la vida del hombre actual.

*Período básico.*—Enseñanzas dirigidas a que el alumno adquiera el instrumento teórico y experimental necesario para cursar estudios superiores.

*Período facultativo.*—Ampliación y aplicación de las bases obtenidas al cursar los períodos anteriores.

No pensamos sea oportuno entrar en el comentario detallado de lo que acabamos de establecer, porque se trata de materias debatibles y tenemos noticias de que algunos compañeros no comparten nuestros puntos de vista, sobre todo por lo que se refiere al carácter de los estudios de Química en el bachillerato. En todo

caso, estas cuestiones podrían constituir objeto de trabajo y discusión en una reunión futura, donde se pudiera desarrollar más a fondo.

Limitada así la cuestión, nuestro punto de partida se basa en las siguientes consideraciones:

1. Si, prescindiendo del bachillerato, se suponen divididos los estudios superiores en cuatro períodos bien definidos (véase más abajo), es el primero de ellos, el de los estudios básicos o propedéuticos, el que consideramos no sólo más importante, por servir de asiento a los restantes, sino que es también, en nuestra opinión, el más necesitado actualmente de atención renovadora.

2. Creemos que la enseñanza de la Química en los estudios de los restantes períodos no necesita de tal atención renovadora con carácter urgente y que en todo caso su perfeccionamiento es más bien un problema de aumento de dotaciones y profesorado auxiliar competente y con obligaciones bien definidas, que de reorganización del planteamiento actual. Quizá la falta de flexibilidad del sistema actual y la ausencia de correspondencia legal entre estudios afines sea la deficiencia más sensible.

3. Limitados, pues, a tratar de la enseñanza de la Química en los estudios básicos, no encontramos aspectos suficientemente distintivos en relación con otras materias que deben integrar estos estudios para justificar una consideración independiente. Por esta razón, cuantas consideraciones siguen, pensadas especialmente desde el punto de vista de la ponencia, son aplicables sin excepción al conjunto de los estudios del período preparatorio y afectan por lo tanto a la organización general del grupo de estudios básicos.

En la ponencia «Organización de la enseñanza superior y grados del profesorado», debida a los profesores V. Gómez Aranda y A. Hoyos de Castro, que fué presentada y aprobada en el I Seminario de Enseñanza Superior Científica y Técnica, se expusieron las líneas generales de una organización de la enseñanza superior, que se consideró susceptible de conducir a mejoras positivas en la eficacia de la enseñanza, en comparación con el sistema entonces y ahora vigente.

Se propugnaba entonces que la enseñanza, en los cursos de las

Facultades de Ciencias y las Escuelas Técnicas Superiores, se dividiere en los siguientes grupos:

*Grupo I. Estudios básicos.*

Conjunto de estudios fundamentales comunes a cualquier enseñanza superior de tipo científico o técnico. Duración: dos cursos.

*Grupo II. Estudios fundamentales.*

En este período debe estudiarse todo lo necesario para dar una visión completa de aquel campo de la actividad científica a que se refiere cada carrera. Duración: dos cursos.

*Grupo III. Grandes campos de especialización.*

Los estudios de este Grupo van dirigidos a completar la formación de los alumnos, pero iniciando ya una concentración de sus conocimientos en correspondencia con los campos particulares de actividad en que han de trabajar. Duración máxima: dos cursos, según la especialidad.

*Grupo IV. Estudios postescolares.*

Con la consideración de estudios postescolares se planteaba la conveniencia de una *Especialización postescolar* que constituirá una nota cualitativa que en un orden práctico valorizará el grado de licenciado, pero quedará siempre por debajo de la jerarquía académica máxima que corresponde al grado de Doctor, y *Doctorado*, considerado como la culminación de los estudios académicos. La reglamentación actual, que parece aceptable, podría simplificarse en algunos aspectos de orden formal.

Tanto por penetrar más a fondo en aspectos de la cuestión, que consideramos de la mayor importancia, como por su carácter fundamental, en cuanto que sienta las bases para una continuación fructífera, creemos conveniente limitarnos en esta ocasión a con-

siderar la estructuración y peculiaridades del grupo I, estudios básicos.

De éstos estudios se decía en la citada ponencia de los profesores V. Gómez Aranda y A. Hoyos de Castro :

«El primero de los dos cursos debe sustituir al actual Curso Preuniversitario, modificado radicalmente para que cumpla su auténtica función. El contenido de este curso deberá corresponder casi al que actualmente tiene el Curso Selectivo. Sus programas deben establecerse con intervención de la Universidad y su desarrollo puede corresponder a los Institutos de Enseñanza Media, bajo la inspección o control de la Universidad. Las pruebas de examen deberían ser universitarias, aunque podría admitirse la participación de los profesores de Enseñanza Media.

El segundo curso correspondería al actual Curso Selectivo.

El conjunto de enseñanzas de este Grupo I no necesitaría tener una extensión muy superior a la del actual Curso Selectivo, pero su estudio, en dos cursos, sería mucho más intenso. Los alumnos lo superarían con menos fatiga y la profusión de trabajos prácticos y problemas —casi imposible en la situación actual, por falta de tiempo— daría a los alumnos la madurez necesaria para abordar los estudios del Grupo II, cosa que hoy sólo se da en el caso de alumnos excepcionales.

Las enseñanzas del Grupo I se caracterizarían por el predominio de las lecciones teóricas, problemas y ejercicios didácticos que exigiesen la aplicación de leyes y principios generales. Los trabajos prácticos experimentales deben ser un simple apoyo de los estudios teóricos y estar encaminados a la comprobación experimental de las leyes, principios, propiedades, etc., que constituyen la base teórica de cada ciencia. Y deben ser realizados personalmente por los alumnos para iniciar con ello su adiestramiento en el trabajo experimental.

Se proponía la siguiente distribución de enseñanzas :

Enseñanzas		Horas semanales	
		Teóricas	Prácticas
1.º curso ...	Matemáticas, 1.º ... ..	4	2
	Física General, 1.º ... ..	3	3
	Biología ... ..	2	2
	Idioma (inglés o alemán) ...	3	2
2.º curso ...	Matemáticas, 2.º ... ..	3	3
	Física General, 2.º ... ..	3	3
	Química General ... ..	4	3
	Geología ... ..	2	2

Creemos conveniente y justo destacar, como muestra del interés y solícita atención con que las autoridades tuvieron en cuenta las propuestas del I Seminario de Enseñanza Superior Científica y Técnica, que el B. O. de 29-6-1959 publicó el Decreto de 27-5-1959 reorganizando las enseñanzas del Curso Preuniversitario y fijando como «Materias permanentes» para Ciencias las siguientes, con la distribución horaria que se relaciona:

Curso Preuniversitario B. O. 29-6 y 24-8-59	Horas semanales	
	Teóricas	Prácticas
Matemáticas ... ..	4	2
Física ... ..	3	No especificadas
Biología ... ..	2	1

Se prevé, por otra parte, seis horas semanales dedicadas a la enseñanza de un idioma moderno, especificando que se trata del cursado por cada alumno en el Bachillerato superior, «con el fin de poder expresarse en dicho idioma de palabra y por escrito». Este, el idioma, forma parte de un grupo de enseñanzas, comunes a los alumnos de Ciencias y Letras, que requiere un total de doce horas semanales de clase. Si suponemos que es de dos el número de horas semanales dedicado a trabajos prácticos de Física, el nú-

mero total de clases semanales de los alumnos de Ciencias del Curso Preuniversitario llega a ser de veintiséis horas.

La coincidencia entre el programa de trabajo determinado por el mencionado Decreto y el propugnado en su ponencia por V. Gómez Aranda y A. Hoyos de Castro, en lo que se refiere a las materias específicamente científicas y al idioma, es tan obvia que alienta a los autores de la presente ponencia a continuar exponiendo sus ideas acerca de cuestión tan fundamental. Las sugerencias que creemos oportuno y conveniente exponer proceden de los siguientes puntos de partida:

a) Se considera precisa una coordinación de esfuerzos y una unidad de dirección que haga de los actuales Cursos Preuniversitario y Selectivo un grupo de enseñanzas homogéneo.

b) Es necesario proceder a una revisión de los cuestionarios actuales, reduciendo su extensión a un mínimo, suficiente en lo fundamental, y profundizando en su desarrollo hasta que el alumno llegue a dominar lo que se le enseña no sólo teórica, sino también prácticamente.

c) Debe intensificarse todo lo posible la labor personal del alumno, con la orientación del profesor. Es primordial que el alumno salga de su papel actual de receptor pasivo y pase a ser el agente activo que aprende una Ciencia no meramente para llegar a poseerla, sino para practicarla y hacerla.

d) Esto requiere una estructuración de los estudios del Grupo básico con dirección homogénea y disponer de personal docente auxiliar bien cualificado y en número suficiente.

a) *Coordinación de esfuerzos y dirección homogénea.*

La modificación introducida en el planteamiento del Curso Preuniversitario por el Decreto de 27-8-1959, hace urgente una revisión del Curso Selectivo de Ciencias, que deberá ser operante ya en el próximo curso académico 1960-61, cuando los actuales alumnos del Curso Preuniversitario se incorporen a las Facultades y Escuelas especiales. Esto brinda una oportunidad, que creemos debe aprovecharse atendiendo a lo siguiente:

1. Se debe establecer definitivamente la unidad de los actuales Cursos Preuniversitario y Selectivo, integrándolos en un Grupo

de estudios básicos, comunes a todos los estudios de carácter científico o técnico. Esto requiere la formulación detallada de los objetivos a cubrir en la totalidad de este período de dos años y la distribución de materias entre los dos cursos. Para que la eficacia de este planteamiento sea lo que puede y debe esperarse y para poder cumplir los fines de estos estudios básicos —la capacitación del alumno para cursar a continuación estudios universitarios y técnicos específicos— es necesario que sean las Universidades y Escuelas Técnicas Superiores quienes determinen la amplitud y distribución de materias y den directrices para estos estudios, aunque la realización de una parte de ellos quede encomendada al profesorado de Enseñanza Media, como viene sucediendo hasta la fecha.

2. Sin una orientación conjunta de ambos cursos será difícil evitar que los cuestionarios incluyan reiteraciones y omisiones y, lo que es más importante, que el desarrollo de ambos períodos incurra en contradicciones e inconsistencias que pueden subsanarse fácilmente a través de un planteamiento conjunto.

b) *Revisión de los cuestionarios actuales.*

Hay razones para creer que todos los cuestionarios de enseñanzas teóricas en nuestros estudios científicos y técnicos actuales están visiblemente hipertrofiados; padecen aún la influencia de la idea pretérita de que la Ciencia es algo que se aprende para después enseñarla, en lugar de ser un conjunto de conocimientos organizados cuya posesión se debe alcanzar para después aplicarlos o desarrollarlos ulteriormente.

Las mismas pruebas actuales revelan que las enseñanzas teóricas son un máximo que sólo en muy raros casos se alcanza y que la aprobación se consigue poseyendo sólo una parte de los conocimientos que integran el cuestionario. Cuál sea esta parte, cuantitativa y cualitativamente, queda al criterio de cada tribunal o de cada juez.

Juzgamos conveniente restringir los cuestionarios de las enseñanzas básicas a un mínimo soportable, que el alumno deberá co-

nocer con soltura y en su totalidad. No parece posible llegar a esto sin la coordinación y dirección homogénea postuladas en el párrafo anterior.

c) *Intensificación de la labor personal del alumno.*

El tiempo ganado en la reducción de materias debe emplearse en intensificar la labor personal del alumno, en cursos prácticos —de problemas experimentales—, labor de seminario, etc. Es conveniente ampliar las sesiones en las que el profesor actúa de orientador del trabajo del alumno en perjuicio de las horas en las que el alumno es un receptor pasivo de las explicaciones del profesor.

Procede nuestra creencia en el papel preponderante del trabajo práctico y personal no sólo de nuestra experiencia docente, sino del cotejo de las virtudes y defectos de nuestros alumnos y titulados con las de sus colegas europeos. Muy frecuentemente hemos podido observar que los conocimientos teóricos de nuestros alumnos son superiores, pero también su franca desventaja en cuanto se trata de convertirlos en hechos. Insuficiencia de iniciativa, de capacidad experimental y de pensamiento original son quizá los defectos más graves procedentes de nuestro sistema.

d) *Personal docente auxiliar.*

Cualquier modificación de las enseñanzas científicas y técnicas con la meta de hacerlas más eficaces tendrá que ocuparse de una cuestión, pendiente desde hace largo tiempo y carente aún de solución racional: la del profesorado adjunto y auxiliar, sin cuya reorganización funcional será muy difícil un aumento de eficacia docente.

La intensificación de la labor personal del alumno requiere como supuesto previo una multiplicación de personal docente cualificado, porque la realización de esta labor no puede ser cumplida con una atención en masa, sino que requiere una consideración de los problemas individuales.

En la citada ponencia de V. Gómez Aranda y A. Hoyos de Castro se incluye una consideración de estos problemas y se propone



una organización de los distintos grados de profesorado sobre la base de las funciones que cada uno de ellos debe desarrollar y de la cualificación y dedicación necesarias en cada caso. Ratificamos todas las ideas que se exponían en aquella ponencia, por lo que no parece preciso exponerlas de nuevo.

## LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA EN EL BACHILLERATO

Carlos Abollado

La dificultad mayor para la realización de un plan de enseñanza es la imposibilidad de evitar la intervención de factores extraños a la misma que impidan la absoluta objetividad al estudiar cada uno de sus aspectos.

Es también peligroso estudiarlo desde un solo punto de vista, por muy preparado que se encuentre el encargado de efectuarlo, pues es raro cumplir cualquier objetivo sin que actúe como motor algún elemento humano, que, por su mayor dedicación o facilidad de persuasión imprima carácter personal a la reforma.

Por todo ello, consideramos de la mayor importancia la participación de un plan de reforma de todos aquellos elementos que suponen puntos de vista distintos y no encomendar, en ningún caso, la conjugación de esos diversos puntos de vista a personalidad de suficiente categoría para difuminar, en un resultado de matiz propio, las aportaciones de todos.

No hay la menor duda de que la forma de adquirir plenamente un conocimiento es el sistema cíclico, pero lo difícil es darse cuenta de lo que ello significa. En la mayor parte de los casos se confunde el sistema cíclico con la mera superposición de conocimientos o, más bien, la ampliación del número de los mismos, siendo así que la esencia, a nuestro juicio, del método cíclico, es la forma de plantear el conocimiento de los hechos, sobre todo, en la enseñanza media en que está en pleno desarrollo la personalidad física y espiritual del estudiante. En cada edad varía en sumo grado el desarrollo de las facultades intelectuales y, por ello, se encuentra el monstruoso plan actual de bachillerato seguramente realizado

por quienes hace mucho tiempo que dejaron de ser niños y no han mantenido el contacto pedagógico con ellos.

Es preciso pensar que el estudiante de bachillerato no ha de estar polarizado en un sentido determinado, en primer lugar, porque mal puede conocer su verdadera vocación sin haberse todavía asomado a los diversos sectores del conocimiento y, en segundo lugar, porque no podemos formar seres deshumanizados encauzados desde niños dentro de un campo estrecho de conocimientos que cuanto más intensifique su dominio sobre los mismos más expuesto estará a fracasar por carecer de las nociones fundamentales de todas las ciencias imprescindibles, tanto más cuanto mayor haya de ser en lo sucesivo su influjo en el mismo campo de su especialización. Y, en este aspecto, creemos que, si alguna ciencia tiene en estos momentos repercusión universal y cuyas nociones fundamentales son imprescindibles, desde el ingeniero al abogado, al político e incluso al teólogo, no hay ninguna que sobrepase a la química.

Por ello consideramos que la química ha de encontrarse en cualquier tipo de bachillerato, tanto en la parte general como en la de separación en grupos, no sólo por las consideraciones anteriores, sino porque las condiciones del niño menor de catorce años son totalmente distintas de las del mayor y sería un error profundo querer enseñar una química racional a un niño de doce a trece años.

En la infancia —en el estudiante de bachillerato elemental— es la memoria la facultad mejor desarrollada y la impresión de las imágenes reales es superior a la de las abstractas del raciocinio. Por eso en el bachillerato elemental habría de enseñárseles conceptos intuitivos, aunque siempre con la vista fija en los conceptos actuales. En resumen, la Química del bachillerato elemental ha de partir del átomo de Bohr sin detalles sobre su estructura, pero sí los componentes más importantes del núcleo y el concepto de reacción química por deformaciones de la capa externa electrónica, fijando así la atención, desde el principio, en que la química es una parte de la física, si bien de características bien definidas. Olvidar las leyes clásicas de las proporciones múltiples, etc. Nada de historia.

Concepto estrictamente elemental del enlace químico (intercambio electrónico o compartimiento de electrones) e inmediatamente conceptos intuitivos de metal y no metal y de las funciones químicas más importantes con sus nomenclaturas, procurando basar su distinción en características organolépticas (reacción tornasol, etc.).

Nada de química descriptiva, todo lo más un ejemplo de las de uso más corriente de cada tipo.

Muy importante no abrumar al alumno con multiplicidad de detalles, única forma de fijar la atención sobre los puntos más importantes que aunque parezcan elevados son en estos momentos de dominio periodístico. Cien páginas en octavo deben ser más que suficientes.

Tenemos que pensar que ya está muy recargado el plan de bachillerato y no vamos a recargarlo aún más por muy interesante que sea la química, a menos que, en un plan coordinado se pudiera preparar un bachillerato menos recargado en el conjunto.

*En el bachillerato superior* debe ampliarse el conocimiento anterior al conjunto de la nomenclatura química que, al mismo tiempo, sirva de repaso de los elementos estudiados en el bachillerato elemental. Principios de la clasificación periódica y grupos de elementos, series homólogas y, en general, cuantos elementos sean necesarios para un estudio general de la nomenclatura química.

En el preuniversitario de ciencias habría de iniciarse un estudio racional de la química. Influencia de la estructura electrónica en las propiedades de los elementos, su negatividad y su capacidad de reacción. Definición más racional de las funciones químicas con un repaso de su nomenclatura. Equilibrio químico. Concepto de rendimiento químico y rendimiento económico de una reacción. Velocidad de reacción. Catálisis.

También en este último caso debe evitarse recargar al alumno. Creemos que la equivocación fundamental de la enseñanza española en el momento actual es que se recarga al niño excesivamente, y luego, por el contrario, a pesar de multiplicar el número de asignaturas, se presiona de múltiples maneras para disminuir el trabajo entre los dieciocho y veinticuatro años, que es, precisamente, cuando se está en plena madurez y cuando el mejor medio de evitar los

peligros inherentes a esa edad es tener al joven en una tensión constante de trabajo.

Por todo ello insistimos que, incluso en la química del preuniversitario, no se pase de 200 páginas en octavo en las que se traten absolutamente todos los temas en el sentido indicado. Es precisamente difícil, como difícil es pronunciar una conferencia en cincuenta minutos. Es más fácil hacer ese libro de texto con 1.000 páginas que con 200, pero a la edad de dieciséis a diecisiete años no se tiene todavía la preparación suficiente para saber sintetizar lo leído, tanto más cuando se piensa en la preparación de un examen.

Creemos que todo lo dicho sería palabrería si no se concretara en unos libros de texto reales, para la selección de los cuales debería formarse una comisión exclusivamente de profesores en los que predominen los de grado inmediatamente superior al del texto a elegir, que, a ser posible, no debería estar ya impreso por la coacción que ello supone.

## DISCUSION

**Sr. Montes Iñiguez.**—Las ideas expuestas en este estudio revelan una preocupación evidente por un problema que es fundamental en el desarrollo de la Ley de Enseñanzas Técnicas, y una labor concreta de un grupo de compañeros que han considerado el asunto con verdadero cariño. Mis diferencias, que a continuación indicaré, son debidas, no a cuestión de fondo, ya que cuantos intervienen actualmente en estas enseñanzas lo hacen con una capacitación e interés completos, sino a cuestión de forma, que la origina la naturaleza del problema: se intenta heterogeneizar, lo que tiene que ser homogéneo dentro de cada especialización.

Partiendo de la organización actual, cuyo esquema como fase previa, es normal, aparece un primer punto a considerar: del curso Preuniversitario ha desaparecido la Química, y los alumnos pueden olvidar lo que vieron en el sexto año del Bachillerato, de una parte, y de otra, no han tocado algunos puntos elementales, que podrían incluirse, dentro de un temario sencillo, el cual podría elaborarse por una conexión Universitaria y Escuelas Especiales; esto lo considero fundamental.

La división actual de Selectivo e Iniciación la encuentro normal, y los temarios están elaborados de forma que en cada especialidad es posible orientar una preparación pensando en las actividades del futuro ingeniero.

Me refiero ahora, concretamente, a la pequeña experiencia adquirida durante el desarrollo de los Cursos Selectivo y de Iniciación en la E. T. S. de Ingenieros Industriales.

### CURSO SELECTIVO

Se ha dedicado atención preferente a la parte General de Química, estudiando con detalle los fundamentos teóricos elementales, concediendo una mínima extensión a la parte descriptiva y enseñando los grupos funcionales de Orgánica.

Las prácticas son fundamentalmente sobre unos conjuntos de problemas estudiados detalladamente para que en ellos se vislumbre una aplicación industrial. Sólo en un número reducido de prácticas se trabaja en el Laboratorio, ya que esta orientación queda encajada dentro del Curso de Iniciación. El texto de estudio es la obra «Introducción a la Química», del profesor Howard L. Ritter (Universidad de Miami), obra que es muy moderna, excluye los detalles memorísticos, y enseña la química razonadamente, adaptándose al Temario aprobado oficialmente. Las colecciones de problemas han sido preparadas por el profesor jefe del Grupo.

### CURSO DE INICIACION

Se aplican los conocimientos sobre algunos puntos ya tocados en la Parte General del Selectivo, aspecto éste que se considera con buen criterio en el Temario Oficial, y se hace un extenso curso con contenido de Química Descriptiva, el cual puede desarrollarse razonadamente, ya que se poseen los fundamentos teóricos. Se ha elegido la obra «Química Moderna», de Babor-Ibarz, que es muy adecuada para esta orientación. Las prácticas son totalmente de Laboratorio, donde se hacen estudios para aplicación de teoría descriptiva; cada uno de ellos termina en una operación de cálculo y un gráfico que el alumno inscribe en su Cuaderno de Prácticas.

No se toca la parte de Orgánica, ya que con los conocimientos de grupos funcionales se tiene la preparación suficiente, para en el primer curso de carrera estudiar Ampliación de Química Orgánica, disciplina ya aprobada oficialmente.

### ANOMALIAS OBSERVADAS

1. Debido a la orientación en las prácticas del Curso Selectivo, que lo requiere nuestra actuación profesional del futuro, se observa una heterogeneidad evidente, en lo que a preparación orientada se refiere, cuando en Iniciación se produce una fusión de los alumnos procedentes de nuestro Selectivo, y los que vienen de las diferentes Universidades.

2. Es lógico, por lo antes expuesto, que en el resultado final haya una diferencia «de peso» favorable a una de las orientaciones.

## SOLUCIONES

Entre otras, parecen intuirse dos soluciones: una cuya realización ofrece dificultades, y otra que parece más asequible.

1.ª Un contacto de las Universidades con las Escuelas Técnicas, para que al exponer cada Escuela las directrices de sus orientaciones concretas, pudieran los compañeros Universitarios, segregar del conjunto de los matriculados a los alumnos correspondientes, según su especialidad futura. Si esto fuera posible, el Selectivo debía ser totalmente Universitario; con esta solución se descargaría a las Escuelas Técnicas de esta primera fase preparatoria.

2.ª Implantación del Selectivo en todas las Escuelas Especiales, pero variando los porcentajes de alumnos en Selectivo e Iniciación.

Actualmente se ha aprobado la realización de un estudio estadístico sobre las necesidades de Ingenieros, con lo cual, afectando del coeficiente que el Organismo Oficial pertinente estime oportuno, se tendría una cifra orientativa de Ingenieros «a producir» dentro de cada especialidad. Con Selectivo en todas las Escuelas, y cupos máximos para dichos Selectivos, y no para Iniciación, se tendrían las ventajas siguientes:

1. Se evitaba la heterogeneidad actual, ya que no se produciría la fusión, antes mencionada.

2. Se podría producir «programando orientativamente» como se hace en la industria. Habría una demanda del exterior, y se montarían los standards correspondientes, función de los medios y posibilidades que los Organismos Oficiales pusieran a nuestra disposición. Los cupos de Iniciación serían consecuencia de una fabricación, que estaría orientada con vistas a una cifra final, la cual siempre sería prácticamente alcanzable.

3. Se evitaría un grave problema, que se presentará el próximo curso en la Escuela de Ingenieros Industriales. Al liquidarse el plan antiguo, y dar paso a las convalidaciones, los alumnos de todas las Escuelas que no completen el Selectivo, han de acoplarse a la única Escuela en la que tenemos Selectivo, originándose serias dificultades.

**Sr. Pérez Alvarez Osorio.**—Quiero destacar en la ponencia del señor Gómez Aranda la extraordinaria importancia de la resolución del problema de aumentar sustancialmente el número, cualificaciones y emolumentos del profesorado auxiliar, especialmente en lo que se refiere a las enseñanzas básicas. Hay que recabar de las autoridades competentes la pronta resolución de este problema sin la cual no tendrían efectividad las restantes propuestas de la ponencia.

La coordinación entre los dos cursos básicos, llamados «Preuniversitario» y «Selectivo», debe ser más radical de lo que se propone y ambos deben darse con continuidad de centro y profesorado. Debe haber un auténtico

director de estudios en esta fase de cursos básicos, que coordine y aporte programas y enseñanzas.

**Sr. Mingot.**—No parece oportuno repetir en un Curso de Iniciación temas que el alumno debe conocer perfectamente, pues ha aprobado el Bachillerato, Preuniversitario y Curso Selectivo. Por ejemplo: Nomenclatura, Funciones Orgánicas, etc.

En cuanto se refiere a la Introducción en la Física-Química, debe enfocarse la explicación de dicha asignatura desde un punto de vista termodinámico, no empírico.

**Sr. Fernández Prida.**—Los alumnos, en su mayoría, llegan al Curso de Iniciación con muy escasos conocimientos de Química Orgánica, lo que impide el normal desarrollo de la «Ampliación» de la misma. Esto, si se corrige con la reducción de los programas del Curso Selectivo, quedaría subsanado inmediatamente; pero, si no es así, no habrá más remedio que rectificar el programa del Curso de Iniciación.

**Sr. Mas Gisbert.**—En general encuentro muy acertada la ponencia en todo cuanto propone. No obstante creo que serían muy convenientes los dos conceptos siguientes:

1.º Que las materias tratadas en el actual programa de Química del Curso Selectivo más o menos ampliado, se dividieran y ajustaran entre los cursos Preuniversitario y Selectivo. Con ello se evitaría que los alumnos estuvieran durante dos cursos completamente alejados de la Química, que junto con las Matemáticas y la Física debe constituir el trípode de sostén para el estudio de cualquier carrera científica o técnica.

2.º Que en el Curso de Iniciación no se dejara del todo la parte de Química Orgánica, como se hace actualmente. Serviría esto para acabar de puntualizar unos conceptos generales de esta parte de la Química a los que ya no saludarán más en su carrera tales materias y por otra parte, constituiría el puente de enlace entre lo visto en el Curso Selectivo y la Asignatura de Ampliación de Química Orgánica del primer curso de Ingeniería Industrial.

**Sr. Canseco Medel.**—Me permito contestar al señor Mas Gisbert que apuntaba la posibilidad de dividir la Química del Curso Selectivo entre éste y el de Iniciación en el sentido de que por faltar la Química en el curso de Iniciación de muchas escuelas es preferible su introducción en el preuniversitario, dando unidad a esta enseñanza con la del Selectivo.

**Sr. Abollado Arlbau.**—Ante la intervención de un señor profesor de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Tarrasa, sección Textil, sobre su deseo de que no se suprima la Química Orgánica en la asignatura de ampliación de Química en el Curso de Iniciación de estas

## SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

Escuelas, considero que fué precisamente el conocimiento de la importancia que tiene la Química Orgánica lo que sirvió de fundamento para que la misma se estudiase en el primer curso de la Escuela y no dentro de una asignatura de Química General, en las que se tiene la experiencia de que al estudiar la Orgánica en la última parte del programa se le da menos amplitud que la que le corresponde.

**Sr. Pérez Alvarez Osorio.**—Con respecto a la asignatura de «Ampliación de Química Orgánica con nociones de Fisioquímica y Bioquímica» del curso de Iniciación de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros Agrónomos y de Montes creo que es excesivamente amplia e imposible de dar con efectividad en un curso. Debería limitarse a «Química Orgánica» o, según el criterio de las citadas escuelas, reducirse en otro sentido.

**Sr. Abollado Arbau.**—Deseo defender mis puntos de vista sobre la enseñanza de la Química en el bachillerato, con respecto al voto particular del señor Gómez Aranda; no porque no considere desde un punto de vista teórico mucho más interesante lo que propone este señor, sino porque a la edad del bachillerato las imágenes concretas se fijan mucho más que las abstractas, y cualquier consideración de este tipo —como la influencia de la Química en el mundo o la Historia de la Química— se aprendería de memoria y no quedaría el concepto que precisamente se desea fijar en el alumno. Ciertamente la nomenclatura hay que estudiarla después de conocer los cuerpos, y precisamente por eso no se habla de ella en la primera parte del bachillerato elemental y sólo en el bachillerato superior, y claro, desde un punto de vista de principios y no como una enumeración; lo mismo que para un idioma no se empieza aprendiendo todo el vocabulario, sino cuando se sabe algo de él se estudian las conjugaciones y declinaciones.

**Sr. Gómez Aranda.**—Aunque mis puntos de vista sobre la enseñanza de la Química en el Bachillerato son distintos a los sostenidos por el señor Abollado y difiera también de los de algunos otros colegas con quienes he tenido oportunidad de comentarlos, no es éste el momento de entrar a discutirlos. Sin embargo, las ampliaciones y aportaciones que acaba de hacer el señor Abollado me llevan a suponer que nuestras posiciones, que estimaba al principio como diametralmente opuestas, presentan algunos puntos de coincidencia.

**Sr. Plaza.**—Quiero hacer resaltar la importancia que tiene la aportación del profesor Gómez Aranda, ya que considero que si se consigue un buen rendimiento en la enseñanza de los cursos por él llamados básicos (ahora preuniversitario y selectivo) quedarían resueltos la mayoría de los problemas que se han estado discutiendo sobre la enseñanza superior científica y técnica de las diferentes Facultades y Escuelas Técnicas Superiores.

Estoy de acuerdo en todos los puntos de dicha memoria, y solamente



para que mi satisfacción fuese total me gustaría que se indicase explícitamente en el apartado d) de los puntos de partida las siguientes cuestiones:

1.ª Que la mejor solución para obtener una dirección homogénea en el Grupo Básico es el cursar los dos años en un mismo Centro, la Universidad.

2.ª Que no solamente es necesario disponer de más personal docente auxiliar, sino también de mayor número de profesores. Se ha expresado aquí y en las ponencias la necesidad de que precisamente estos cursos básicos sean dados por profesores de máxima categoría y experiencia. Esta necesidad junto con el número de alumnos de estos cursos conducen irremediabilmente a un aumento sustancial del número de cátedras en estas asignaturas de los cursos básicos.

3.ª Si el preuniversitario (o primer curso básico) se sigue desarrollando en los Institutos de Enseñanza Media, se hace urgentísima la necesidad ya señalada en otros Seminarios de separar las Cátedras de Física y de Química.

**Sr. Gómez Aranda.**—Estoy por completo de acuerdo con las modificaciones propuestas por el señor Plaza, tanto que yo mismo hubiese hecho idénticas recomendaciones de no haber tenido muy en cuenta la necesidad de proponer modificaciones más fácilmente viables.

Así, mientras establecemos que los cursos Preuniversitario y Selectivo deben constituir una unidad y tener una dirección única, universitaria, no se nos oculta la extraordinaria dificultad asociada con el deseo de que tales estudios debiesen cursarse en las Universidades. Pensamos que sería conveniente encargar del desarrollo de parte de estos estudios básicos a los Centros Oficiales de Enseñanza Media, bajo la dirección de la Universidad. Esto coincide con una propuesta hecha en el I Seminario por profesores de Enseñanza Media, a la vez que la hace más adecuada si se tiene en cuenta el carácter de estudios básicos universitarios que en nuestra ponencia tienen tales cursos. Es interesante, además, aprovechar al máximo el potencial que representan muchos de nuestros Centros Oficiales de Enseñanza Media, algunos bien dotados de medios y todos mejor de personal docente y, por lo tanto, perfectamente idóneos para el desarrollo de esta misión. Sobre la necesidad urgente de separar las Cátedras de Física y Química en los Institutos de Enseñanza Media se adujeron ya en el Primer Seminario razones numerosas y convincentes, en las que sin embargo se podía insistir en esta ocasión.

**Sr. Canseco Medel.**—Es preferible la introducción de la Química en el preuniversitario, dando unidad a esta enseñanza con la del selectivo.

**Sr. Usón Lacal.**—Creemos que las cuestiones tratadas en la ponencia del profesor Gómez Aranda, aunque limitadas por el autor al grupo de estudios básicos, aporta ideas que atañen al conjunto de las enseñanzas superiores en los Centros Científicos y Técnicos, como son la necesidad de intensificar la labor personal de los alumnos y, como consecuencia inmediata, la necesidad de poder disponer de más profesores de la debida cualificación. A

este respecto, la ponencia quedaría más completa si se le incorporase de nuevo la presentada el año pasado por Gómez Aranda y Hoyos de Castro que llevaba por título «Organización de la Enseñanza Superior y Grados del Profesorado» y se recomendase su adopción.

**Sr. Abollado Aribau.**—Apoyo firmemente la idea de que los cursos pre-universitario y selectivo se estudien en el mismo centro docente, y creo que deben estudiarse en las Universidades, ya que precisamente lo que se quiere es una preparación común a todas las carreras científicas, y el Selectivo estudiado en una Escuela Técnica estaría inevitablemente polarizado al punto de vista de dicha Escuela. Las cuales, por otra parte, no poseen personal docente suficiente para cumplir este fin; a menos que tuvieran que buscarlo entre los Universitarios, en cuyo caso, el absurdo de cursarse en las Escuelas Técnicas Superiores es todavía mayor. Quizá la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Bilbao pudiera ser una excepción en este caso, por no haber Universidad en dicha capital.

**Sr. Burriel Martí.**—Insisto en la conveniencia de estudiar las convalidaciones de asignaturas análogas en diferentes carreras. Proponer y pedir que se organice urgentemente el cuadro de Profesorado, otro que el catedrático, en los Centros Superiores en que se enseñen asignaturas experimentales con necesidad de realizar prácticas y seminarios, de donde es necesario un equipo permanente y bien formado de profesores con diferentes categorías. Felizmente, la preocupación del Ministerio en este sentido se revela porque en estos días se está discutiendo la creación del grado de Profesor Agregado o Extraordinario, como intermedio entre el de Adjunto y catedrático titular actuales.

**Sr. Usón Lacal.**—No creo que la dotación de algunas plazas de profesor agregado puedan considerarse como solución al problema que los Centros de Enseñanza Superior tienen planteado desde siempre, en lo que respecta al profesorado distinto de los catedráticos. Tampoco creo que este problema haya sido enfocado aún por el Ministerio de un modo racional. A mi modo de ver, no se trata de encontrar salidas para resolver situaciones planteadas a un grupo más o menos numeroso de personal docente, sino de preguntarse: ¿cuál ha de ser la labor a realizar por cada grado del Profesorado y durante cuántas horas diarias los necesita el Centro? ¿Cuál ha de ser la cualificación científica de estos profesores? Y como consecuencia de las respuestas a estas dos preguntas, es preciso fijar la retribución que los distintos profesores deben percibir.

Las respuestas a las dos preguntas se encuentran con toda precisión en la ponencia presentada al I Seminario por los profesores Gómez Aranda y Hoyos de Castro, titulada «Organización de la Enseñanza Superior y grados del profesorado», que ya hemos citado antes. El plan que se propone es funcional y enfoca la organización, interdependencia y grados del profesorado,

precisamente según la labor que cada uno debe realizar y la cualificación que requiere para desempeñar su función.

**Sr. García Martínez.**—Considero que sería acertado el establecimiento de una sesión semanal de Seminario, de una hora, para:

- a) resolución de problemas que aclaren las cuestiones explicadas teóricamente.
- b) para ejercicios de formulación y nomenclatura y repaso, que obliguen al alumno a un continuado estudio.
- c) para poder explicar las prácticas a realizar inmediatamente, ya que no es posible hacerlo en las clases teóricas por falta de tiempo, dada la extensión del temario o programa.

Como máximo se harían grupos de 50 alumnos; y preferiblemente se harían tres subgrupos de 30-35 con los que forman cada grupo actual de 100 alumnos. (No consideramos necesario formar grupos de menos de 100 alumnos para las clases teóricas.)

Consideramos suficiente 20 sesiones de prácticas de dos horas de duración, ya que no habría tiempo para más, si se ha de dejar libre al alumno para que pueda estudiar y preparar el examen final a partir de mediados de abril. Además, se podría organizar un cursillo intensivo de prácticas para alumnos de Enseñanza Libre en la segunda quincena de abril, donde también pudieran recuperar las prácticas perdidas aquellos alumnos que hubieran faltado justificadamente a alguna sesión de prácticas: enfermedad, etc.

Las prácticas corresponderían a temas ya explicados; pero es preciso que el alumno disponga de un guión o recetario detallado para cada ensayo, donde se indiquen claramente los fenómenos que ha de observar si realiza el ensayo correctamente y hasta las ecuaciones químicas que expliquen la reacción. Deberá exigírsele un diario de Laboratorio, llevado al día, pero habrá que facilitarle su redacción en la sesión de Seminario, ya que no disponen de tiempo para acudir a Bibliotecas. (En cursos superiores ya tendrán ocasión de realizar trabajos bibliográficos.) Se daría una sesión de prácticas semanal a todos los alumnos que repetirán los mismos ensayos, facilitando así la buena marcha del Laboratorio con el mínimo personal.

En cada mesa corriente de laboratorio pueden trabajar 8 alumnos, agrupados de 2 en 2. Un profesor ayudante se ocuparía de 3 mesas (24 alumnos), bajo la supervisión del profesor adjunto. Además se necesitaría un mozo y una señora para la limpieza. En un laboratorio pueden trabajar corrientemente unos 50 alumnos.

#### **Prácticas:**

- a) Ensayos de comprobación de propiedades químicas de las especies químicas y funciones de mayor interés.
- b) Operaciones de laboratorio para que conozcan el material —trabajo de vidrio, disolución y cristalización, filtración, destilación, etc.

- c) Análisis volumétrico —no es posible el gravimétrico.  
Deberá darse tanta importancia al examen de prácticas como al teórico.

## RESUMEN DE LA DISCUSION

Por el Sr. Gómez Aranda

Por lo que se refiere a las ponencias presentadas, y teniendo en cuenta las opiniones recogidas y otras que simplemente expresaron su aquiescencia, los asistentes manifestaron su acuerdo en los siguientes puntos:

1. En la necesidad de unificar los actuales cursos preuniversitario y selectivo, bajo la dirección de la Universidad, se manifestó, no unánime, pero sí muy acusada, la tendencia de que «en principio» el estudio de ambos cursos se hiciese en la Universidad, y a cargo de profesorado universitario. No obstante, se estimó por gran mayoría que existían razones de oportunidad y fundamentales que aconsejaban como lo más práctico encomendar el desarrollo del primero de este conjunto de estudios básicos a los Institutos de Enseñanza Media bajo la dirección y control de las Facultades de Ciencias.

Algunos de los participantes en el coloquio señalaron la heterogeneidad de formación y conocimientos de los alumnos que han cursado el Selectivo en distintos centros. Se convino en que cierta heterogeneidad es, sin duda, inevitable, y que es precisamente la conveniencia de reducirla al mínimo lo que impone la necesidad de una dirección homogénea y avala la conveniencia de reunir los dos cursos citados en un solo grupo de Estudios básicos bajo dirección universitaria.

2. Por lo que se refiere a la conveniencia de incrementar la participación personal del alumno y, como consecuencia, a la necesidad de reducir los cuestionarios teóricos en beneficio del trabajo práctico (de problemas, laboratorio y seminario) el acuerdo fué unánime. En alguna intervención se señaló que aunque la ponencia se había limitado deliberadamente al grupo de Estudios básicos, era conveniente extender este punto de vista al conjunto de la Enseñanza Superior, pero la mayoría de participantes en la Sesión opinó que tal criterio, adoptado en el Grupo de Estudios básicos, repercutiría por sí solo en una mejora de toda la enseñanza, aun en los grupos de Estudios facultativos y postescolares.

3. Finalmente, hubo también acuerdo general en que cualquier mejora de la enseñanza superior exige necesariamente una reorganización del profesorado adjunto y auxiliar y se recomendó como conveniente el modelo propuesto en el I Seminario por Gómez Aranda y Hoyos de Castro en su ponencia VII: «Organización de la Enseñanza Superior y grados del Profesorado». Se recomendó también que sería muy conveniente dotar Cátedras titulares de asignaturas del actual curso selectivo, incluso en número superior al de una sola cátedra por Facultad o Escuela Superior.

## EL URBANISMO Y SU ENSEÑANZA

Roberto Terradas Vía

Al hacerme cargo de la organización de este tema sobre la enseñanza del urbanismo, consideré que era esta una ocasión sumamente propicia para incorporar a los planes de estudio que están estructurando nuestras Escuelas Técnicas Superiores la experiencia adquirida por otros países que podrían considerarse rectores en esta materia, especialmente Italia, dadas las muchas semejanzas existentes entre ambos países y particularmente por estar actualmente en fase de reorganización los estudios de la carrera de Arquitecto, uno de cuyos temas principales es el que se somete hoy a discusión.

Con tal motivo invité en nombre de la organización de este Seminario a los profesores Giuseppe Samoná y Ludovico Quaroni, de las Facultades de Arquitectura de Venecia y Florencia respectivamente, ambos especializados en la enseñanza del urbanismo, lamentando que circunstancias personales les hayan obligado a declinar nuestra invitación.

Con ello este coloquio está forzosamente limitado a plantear unas nuevas directrices para la enseñanza del urbanismo en nuestras Escuelas Técnicas Superiores.

El tema que se somete hoy a discusión interesa no sólo a nosotros, como técnicos, tanto en el aspecto pedagógico como en el profesional, sino también a un amplio sector que abarca a todos aquellos que por su actividad están relacionados con la actividad urbanística, que alcanza desde lo político hasta la resolución material de los múltiples problemas que aquélla plantea en sus aspectos artístico, técnico, económico y sociológico.

Para enfocar debidamente el problema, estimo conveniente recapitular primeramente, siquiera a grandes rasgos, el concepto actual de urbanismo.

La palabra urbanismo, por provenir del vocablo urbe, limita aparentemente su campo de acción, le hace fragmentario al referirse únicamente a la ciudad. En realidad, este campo de acción es mucho más vasto, abarcando no sólo los alrededores de una ciudad, sino también comarcas, regiones y aun todo el territorio nacional en cuanto éstas forman unidades económicas o sociales que son el ámbito de comunidades más extensas que la simple ciudad y cuya ordenación debe coordinarse con la de aquélla. La ciudad no es sino una parte de un conjunto económico, social y político, que constituye la región.

Para conocer los efectos es preciso remontarse a las causas, y en urbanismo estas causas están enraizadas con el problema capital de la demografía y de la sociología. El aumento de población ha dado lugar a una avalancha humana que ha roto los muros de la ciudad, históricamente concebida para contener agrupaciones de individuos y no masas humanas. Casi paralelamente a este aumento de población tiene lugar el nacimiento del maquinismo y la aparición de la gran industria. En consecuencia, la ciudad se halla desbordada por dos revoluciones: la revolución demográfica y la revolución industrial.

De ello resultan los múltiples problemas del urbanismo contemporáneo, problemas de circulación, de vivienda, etc., y aun otros de marcado carácter social. Todos ellos son urgentes y los urbanistas apartan únicamente soluciones parciales: ordenación, higiene, economía, etc. En consecuencia, se abordan únicamente los problemas más inmediatos: las formas que pueden adoptar las aglomeraciones y el más evidente, los envolventes de la vida humana. Es por ello que el urbanismo condiciona la arquitectura.

Empero existe aún una categoría de problemas mucho más sutiles que elevan el urbanismo hasta la complejidad misma de la vida. El urbanismo a este nivel, se sumerge en las raíces de todas las ciencias del hombre. Sin embargo, en la continuidad y discontinuidad de la vida en el siglo xx es donde está localizado el drama de nuestra época y del urbanismo por entero. Visto a través de esta

perspectiva, el urbanismo aparece como una síntesis de concepciones temporales de una civilización, traduciendo arquitectónicamente su objetivo y sus fines.

El urbanismo se funda, por tanto, en múltiples conocimientos entre los que es preciso destacar como ciencias puras la historia de las ciudades y su etiología, la geografía física en cuanto trata de climatología, de geología y del estudio de la tierra en relación con las ciudades, y la Ecología o ciencia que trata de los hábitos y maneras de vivir en relación con el medio, ya natural, como el clima y el suelo, ya artificial, como la habitación y la ciudad. Estas ciencias, consideradas como ciencias positivas o basadas en la simple observación de los hechos, registran leyes que se aplican a las ciencias económicas, sociales y políticas y a las ciencias tecnológicas de la construcción de edificios, la jardinería, la ordenación del paisaje, la ingeniería sanitaria y de las comunicaciones y otras ramas del saber humano para determinar las condiciones óptimas que debe reunir una ordenación, como suma integral de técnicas de control social para la elevación orgánica de los niveles de vida. Las claves del urbanismo se encuentran en las cuatro funciones que debe cumplir el hombre: habitar, trabajar, recrearse, circular. De que estas cuatro funciones se cumplan bien en el contorno urbano y rural, dependerá el nivel de vida mencionado.

Si este es el concepto actual del urbanismo, es preciso actualizar de tal modo su enseñanza mediante una nueva estructuración que permita formar equipos urbanísticos integrados por técnicos de determinadas procedencias: arquitectos, ingenieros, sociólogos, economistas, etc., que asesoren la gestión política.

El plan que expondré más adelante es de marcado carácter evolutivo, pues no sería lícito relegar al olvido la estructuración actual que, si bien en principio no alcanza la extensión que hoy consideramos indispensable, ha dado numerosos técnicos urbanistas de gran relieve a quienes compete indudablemente contribuir en la formación de las futuras generaciones de urbanistas. Los estudios que se realizan hoy día en el marco de nuestras Escuelas Técnicas Superiores son, sin embargo, fragmentarios, ya que al lado de cátedras denominadas de urbanismo o de urbanología que a lo sumo tienen la duración de un curso, se estudian temas con-

cretos de técnica urbanística dentro de las características propias de cada una de las carreras. Consecuencia: se estudia únicamente una parte del urbanismo, sin profundizar en general en las raíces y bases del urbanismo.

No puede omitirse aquí una referencia a la eficaz labor realizada en este sentido por el Instituto de Estudios de Administración Local, organismo que mediante su Escuela Nacional de Administración y Estudios Urbanos ha formado ya diez promociones de Técnicos urbanistas. Esta Escuela recluta sus alumnos entre ingenieros y arquitectos y es conveniente hacer resaltar que esta Escuela ha nacido de una necesidad, de una falta de técnicos especializados.

Pero si bien su labor es digna de encomio, entiendo que esta función docente encajaría mayormente en el marco de nuestras Escuelas Técnicas Superiores, tanto en la fase de estudios básicos como en los de especialización, ya que ello se traduciría en una mayor proyección de las Escuelas en la actuación profesional.

Sentados estos principios, veamos ahora cómo podrían estructurarse actualmente estos estudios dentro de los planes de enseñanza de determinadas carreras ligadas indudablemente con la actuación urbanística. Quisiera hacer resaltar que cuanto expondré a continuación se refiere concretamente a la carrera de arquitecto, estudiando después el cometido que entiendo corresponde a técnicos de otras procedencias, de carácter más especializado por cuanto a técnicas del urbanismo se refiere, ya que al arquitecto le corresponde en este aspecto una misión informativa y de conocimientos generales que le permitan acometer con eficacia su labor de planeamiento.

El plan de estudios de urbanismo de la carrera de Arquitectura que se somete a discusión se basa en:

1. Los estudios de urbanismo que formarán parte de la enseñanza de Arquitectura se iniciarán ya en los primeros años de la carrera, desarrollándose paralelamente a los puramente arquitectónicos durante toda la duración de la misma. Se pretende con ello formar una conciencia urbanística desde el inicio de los estudios, a la vez que se acentúa el criterio de que el estudio del urbanismo está íntimamente unido al de la Arquitectura y viceversa.



2. El grado de estos conocimientos que se pretende alcanzar al término de los estudios de Arquitectura, comunes a cualquier especialidad, debe permitir una actuación profesional que alcance hasta el campo de acción regional, dejando para estudios de especialización los que faculden para el asesoramiento técnico en el planeamiento nacional.

3. Estos estudios de Urbanismo abarcarán los siguientes conceptos:

- A) Técnicas del Urbanismo o instrucción teórica.
- B) Historia del Urbanismo.
- C) Planeamiento urbanístico o práctica urbanística.
- D) Legislación.
- E) Cursos básicos de ciencias sociales.

4. Cada uno de estos conceptos básicos comprenderá:

A) *Técnicas del urbanismo*.—Levantamiento de planos; Información urbanística; Climatología; Asoleo; Redes de suministro de Servicios urbanos: agua, gas, energía eléctrica, calefacción, alumbrado público; Redes de saneamiento; Pavimentos y viales; Sistemas de transporte y regulación de tránsito; Análisis de varios elementos de la ciudad moderna; Teoría de la ciudad.

B) *Historia del Urbanismo*.—Desarrollo de las ciudades; Historia del urbanismo en España; Arte y Urbanismo o composición urbanística.

C) *Planeamiento urbanístico*.—Teoría general del Urbanismo; Tendencias del desarrollo urbano y rural, principios, métodos y técnicas apropiados para su estudio; Composición de planos (Planeamiento parcial, municipal, comarcal o regional y nacional).

D) *Legislación*.—Rasgos fundamentales del derecho urbanístico; Organización administrativa de la ciudad; Legislación aplicada a casos prácticos.

E) *Cursos básicos de Ciencias Sociales*.—Geografía humana: ecología; Organización económica; Estadística; Sociología aplicada al Urbanismo (Generalidades, Bases humanas en que se apoyan los planes urbanísticos); Economía aplicada al Urbanismo (Generalidades, Bases económicas en que se apoya la realización de

los planes); Estudio de los factores individuales y colectivos en las áreas urbanas y en las áreas rurales.

5. Estos estudios se complementarán con los de jardinería y paisaje y de Restauración de monumentos, pudiendo éstos integrarse en la especialidad de Urbanismo.

6. Corresponde al planeamiento urbanístico la formulación de proyectos de urbanismo en sus distintos grados, previendo un conjunto de 3 a 4 temas durante cada uno de los tres (3) semestres que se dedicarían a esta disciplina concretamente.

7. Se estima que es preciso reorganizar los estudios de Urbanismo en el plan actualmente en vigor, introduciendo conocimientos adicionales en las asignaturas de marcado carácter urbanístico y aún en aquéllas que se orientan actualmente a una enseñanza meramente arquitectónica. Estas asignaturas cuyo temario actual es susceptible de modificación, son las siguientes: Topografía, Salubridad e Higiene, Hidráulica, Instalaciones, Construcción en sus diferentes cursos, Arquitectura legal y Economía política, Composición, Proyectos e Historia de la Arquitectura.

Para ello, el curso de Topografía podría reducirse a un trimestre, quedando libres los dos trimestres restantes para incluir los temarios de climatología e información urbanística.

Los cursos de Salubridad e Higiene y de Hidráulica podrían orientarse exclusivamente desde su punto de vista urbanístico, abarcando los temas de Asoleo, redes de suministro de agua y redes de saneamiento, tratándose estos últimos temas con carácter general especialmente en lo que atañe a instalaciones de captación y de depuración en grandes núcleos urbanos, más propias de especialistas de otra procedencia.

Por el contrario, parecería conveniente un estudio ya concreto al tratar de pequeñas aglomeraciones o de viviendas aisladas.

En alguno de los primeros cursos de construcción, cabría el estudio de diversos tipos de pavimentación y viales.

El estudio de sistemas de transporte y regulación de tránsito, el análisis de varios elementos de la ciudad moderna y la Teoría de

la ciudad podrían integrar un curso de urbanismo propiamente dicho desarrollado durante los dos últimos años de la carrera y que correspondería a la actual asignatura de Urbanología, para lo que sería preciso añadir esta asignatura en el penúltimo año. Posiblemente sería también necesario implantar además cursillos especiales en esta materia a cargo de profesores o especialistas ajenos a la Escuela.

En el curso de Historia de la Arquitectura podría incluirse el tema de Historia del Urbanismo en España, así como el estudio del desarrollo de las ciudades, lo que posiblemente comportaría distribuir en dos años este curso. Por el contrario, el tema de Arte y Urbanismo considerado como composición urbanística y su integración en la Arquitectura debe ser objeto de un corto ciclo de conferencias.

El conjunto de disciplinas que se refieren a Planeamiento urbanístico, si bien parte de las mismas, se tratan ya en forma esencialmente práctica (desarrollo de planes parciales), parece más conveniente que estas disciplinas sean objeto de una enseñanza adicional a los dos últimos años de la carrera actual, desarrollando este conjunto por varios profesores. El tema correspondiente a Planeamiento nacional debería omitirse en esta fase de adaptación, por ser de marcada especialización, como queda dicho anteriormente. Los tres temas correspondientes a legislación pueden formar parte del actual curso de Arquitectura Legal, con excepción quizá del tema referente a Organización Administrativa de la ciudad que podría ser objeto de un ciclo de conferencias.

Finalmente, se considera preciso un ciclo de conferencias a cargo de profesores especializados sobre cursos básicos de Ciencias Sociales, que podrían intercalarse entre los temarios de Técnicas del Urbanismo y Planeamiento.

Queda finalmente por considerar el cometido que en esta exposición se reserva a otros técnicos de grado superior, dentro del marco del urbanismo. Sin pretender realizar un estudio exhaustivo, en principio se estima que podrían ser los siguientes:

1. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos: Vialidad; abastecimiento de agua; saneamiento y redes de energía eléctrica.

2. Ingenieros Industriales: Bonificación industrial; transportes urbanos y regulación de tránsito; abastecimientos urbanos (mercados, etc.) y electrificación e iluminación pública.

3. Ingenieros Agrónomos: Zonas agrícolas y su economía.

4. Ingenieros de Minas: Zonas mineras y su economía.

5. Ingenieros de Montes: Ruralística y paisaje.

6. Ingenieros Aeronáuticos: Aeropuertos y zonas de influencia.

Estos estudios deberían ser básicos dentro de cada una de las carreras, previendo una posible especialización, al igual que en Arquitectura, para el asesoramiento técnico en los planes nacionales, a cuyo efecto sería preciso introducir conocimientos adicionales comunes para todos los técnicos. Esto permitiría la formación de equipos de urbanistas, única forma posible de actuación y evitaría la duplicidad de conocimientos, especializando los diferentes técnicos en el cometido que es característico de su profesión.

## D I S C U S I O N

Sr. Pérez Mínguez.—El plan expuesto por el señor Terradas lo creo demasiado amplio y prematuro. Bien es verdad que el urbanismo es una ciencia netamente arquitectónica, que cada día tiene mayor interés e importancia. Pero no puede producirse un cambio tan brusco en los métodos de enseñanza, por las dificultades materiales de su organización: falta de profesorado, en calidad y cantidad, debidamente preparado y remunerado; necesidad de presupuestos extraordinarios para dotar a las distintas clases de material y equipo; formación del ambiente propicio para fomentar el interés por estas asignaturas... Creo que debería estudiarse más detenidamente los métodos de enseñanza del urbanismo en Inglaterra y Alemania, antes de llegar a conclusiones decisivas, y, sobre todo, habrá que pensar también en las posibilidades de ocupación de todos esos técnicos que queremos titular con tan ambiciosas metas.

Sr. Perpiñá.—No creo que exista falta de profesorado capaz de desarrollar esta serie de asignaturas; existen técnicos suficientemente capacitados para ello y creo acertado el cambio radical de los actuales planes de enseñanza, por la poca atención prestada a tema tan importante como es el urbanismo. Por otro lado es deseable el poder contar con mayor número de colaboradores en tan difícil y amplia tarea como es el urbanismo. El abandono de los conceptos urbanísticos en el desarrollo y crecimiento de las ciudades y pueblos de España exige la revisión a fondo de todo lo realizado

hasta la fecha, lo cual exige la existencia de gran número de técnicos urbanistas,

**Sr. Bildagor.**—La necesidad de dar una formación urbanística más intensa a los técnicos en general y particularmente a los arquitectos, se justifica en razón del volumen creciente de la tarea a realizar y la constante evolución en las bases y métodos de trabajo que se han de seguir.

Basta considerar que en los próximos diez años se han de construir entre un millón y medio y dos millones de viviendas, lo que supone ampliar los núcleos urbanos de España en más de un 50 por 100 sobre su dimensión actual. Es, por lo tanto, urgente la adecuada movilización técnica que nos asegure un resultado satisfactorio para tan gran esfuerzo y cuantiosa inversión.

Por otra parte la naturaleza del planeamiento y de la gestión en urbanismo evoluciona rápidamente, pasando de las concepciones geométricas del siglo pasado a los criterios funcionales y orgánicos de los últimos decenios, y en el mismo momento actual se está produciendo un nuevo cambio al amparo de nuevas posibilidades abiertas en casi todos los países con la creación de Departamentos dedicados a la Vivienda y al Urbanismo, en relación con la política del Suelo, y las nuevas orientaciones técnicas y estéticas de la Arquitectura y del Urbanismo, y la planificación económico-social de los territorios regionales.

Debe de haber inquietud por la desproporción actual entre la extensión y gravedad de los problemas urbanísticos y la escasa atención que se presta a la preparación técnica adecuada, y se puede tener la seguridad de que todo cuanto se haga por resolver esta desproporción será una labor absolutamente necesaria.



## LA ARQUITECTURA COMO TECNICA

Aportación de don Antonio Cámara

*Desgraciadamente, no puede pronunciar su conferencia, como estaba anunciado, el arquitecto D. Javier Sáenz Oiza, por haber caído anoche enfermo, dejando sobre la mesa la enorme cantidad de documentación por él recogida, fruto de su conocimiento del tema, al que dedicó su actividad durante un año de estancia en los Estados Unidos y algunas temporadas en otros países.*

*Estando sin terminar de ordenar esta documentación, hemos considerado preferible esperar a que la termine, para que pueda ser publicada por la Dirección General.*

*Para llenar esta laguna, con menos amplitud de visión que la suya, les ofrecemos tres aspectos del tema: un esquema de visión general sobre la enseñanza actual de la arquitectura en España, con la discriminación de su aspecto técnico, por el Subdirector de la Escuela de Arquitectura de Madrid, Ilmo. Sr. D. Antonio Cámara Niño; un punto de vista sobre la posición del arquitecto como técnico y creador en el aspecto social-humano, que les ofrecerá el arquitecto D. Fernando Cassinello Pérez, del Instituto Técnico de la Construcción, y profesor de la Escuela de Arquitectura de Madrid, y una visión de la formación técnica, por el arquitecto D. Javier Lahuerta, de la Sección de Normas del Ministerio de la Vivienda, y también Profesor de la Escuela de Madrid. Todos presentan sus disculpas por no haber podido preparar con más profundidad estos temas.*

### ESQUEMA GENERAL DE LA ENSEÑANZA DE LA ARQUITECTURA Y SU RELACION CON LA TECNICA

Si consideramos la función que cumple el arquitecto en los diferentes países, observaremos que en unos tiene más aspecto téc-

nico que artístico, mientras que en otros sucede lo contrario. El arquitecto español podemos decir que está equilibrado entre ambos aspectos, diferenciándose por ello algo de sus colegas extranjeros.

En España —y quizá en el mundo— la Arquitectura es la más antigua de las profesiones técnicas. Casi puede decirse que es el tronco del que han ido ramificándose las demás profesiones técnicas. La formación tradicional del arquitecto español tiene dos aspectos fundamentales: su fuerte formación humanístico-artística y la formación técnica, que le permiten concebir la organización más compleja de un edificio hasta en los matices más sensibles de su decoración y calcular cualquier clase de estructura, o, por lo menos, estar en condiciones de calcularla.

Nosotros entendemos que en el campo del arte, cualquier arquitecto debe tener conocimientos suficientemente amplios para resolver con acierto los problemas relacionados con el aspecto plástico del edificio, con el ambiente o paisaje que le rodee y con su decoración interior o exterior. Como consecuencia de sus conocimientos artísticos y de dibujo, pintura, escultura, etc., el arquitecto está capacitado para orientar o guiar a sus colaboradores artísticos, o resolver los problemas de este tipo por sí solo, como a veces lo hace.

Gracias a su fuerte formación humanístico-social, el arquitecto puede sintetizar o condensar los factores que intervienen en un problema urbanístico (que puede decirse son los más complejos que pueden presentarse en su trabajo). No obstante, el planeamiento de ciudades o conjuntos urbanos ha adquirido tal importancia, que puede decirse ha llegado a formar una derivación importante de los estudios de Arquitectura. Por ello hemos considerado imprescindible plantear una modificación del plan de estudios sobre Urbanismo, ampliando en ciertos aspectos la formación básica y tecnológica, como nos ha expuesto tan acertadamente en la conferencia anterior el profesor Terradas.

En el terreno de la técnica, y restringiendo el concepto de técnica al derivado de la aplicación de conocimientos básicos físico-matemáticos (puesto que también podría haber técnica de la Composición, con formas, orden, proporción, color, plástica, calida-



des, etc., y técnica del funcionalismo, etc.), en el terreno de la técnica —repito— entendemos, siguiendo fieles a nuestra tradición española, que el arquitecto debe tener una sólida y amplia formación matemática y física especialmente, y debe orientar sus conocimientos tecnológicos como ciencia de aplicación al servicio de la función humana que tiene que resolver. Como técnico, debe estar preparado para resolver por sí solo, o con la colaboración de otros técnicos, los problemas que exija el concepto y función actual de la Arquitectura.

El punto delicado de nuestro sistema para la formación de arquitectos, acaso pueda ser el gran número de diferentes materias que hay que estudiar al presentar esos dos aspectos fundamentales social-humanístico y técnico, y que difícilmente puedan ser abarcadas con la debida amplitud y detenimiento por los estudiantes.

Resumiendo, consideramos que el papel del arquitecto es, fundamentalmente, el de un ordenador o creador y puede compararse con el de un director de orquesta. A pesar de sus amplios conocimientos, el arquitecto en muchas ocasiones no puede abarcar todo el trabajo por sí mismo y necesita colaboradores (ayudantes de presupuestos, calculistas, ingenieros de electricidad, calefacción, instalaciones, saneamiento, decoradores, etc.).

\* \* \*

Existen varios puntos de vista para enfocar el problema de la formación del arquitecto. Para establecer un orden, tendremos que decidimos por uno, y nos hemos decidido por considerar la función que el arquitecto está llamado a desempeñar. Entendemos que la función del arquitecto debe estar en relación con los factores que intervienen en la obra arquitectónica.

Por ello:

1. La primera concepción de un proyecto debe estar presidida por un carácter social profundo; esto es, por un conocimiento de los problemas sociales y humanos que hay que resolver. La llamada Arquitectura funcional está basada en este principio.

2. El arquitecto debe armonizar el aspecto funcional del pro-

blema con el ambiente, paisaje, etc., del sitio donde deba emplazarse el edificio, de modo que con él contribuya a la armonía del conjunto urbano o rural.

3. Cuanto se relacione con la construcción, distribución, estructuración e instalaciones del edificio, debe responder a su función lo más perfecta y económicamente que sea posible.

4. El aspecto artístico o plástico del problema debe tenerse presente en todo momento. Por ello, la forma, color y calidades del edificio y de sus elementos deben resolverse de tal modo que contribuyan, en primer lugar, a la tranquilidad espiritual de los usuarios y, en segundo, a la de los transeúntes.

De todo ello, se deduce que un arquitecto debe ser:

a) Un hombre conocedor de las necesidades de los futuros usuarios del edificio; esto es, un sociólogo con conocimiento de la vida.

b) Un hombre con profundo sentido del orden, proporción y organización; esto es, un ordenador o urbanista.

c) Un hombre capaz de resolver con eficiencia cualquier problema técnico que afecte a la Arquitectura, solo o con ayuda de otros; esto es, un técnico.

d) Un artista con sensibilidad; un creador.

La falta de cualquiera de las cualidades anteriores le hará perder la calificación de arquitecto en el más amplio sentido; especialmente si falla en la misión fundamental de armonizador, ordenador o director, esto es, de creador. Podrá ser más o menos técnico o artista o necesitar más o menos colaboradores, pero deberá tener ideas muy definidas en lo que se refiere a la relación hombre-edificio y, desde luego, en lo relacionado con el orden, armonía, proporción y organización.

\* \* \*

Las condiciones naturales del individuo juegan un papel muy importante en su formación. Sin embargo, sus cualidades naturales (evidenciadas como manifestaciones personales de su carácter: sentido de percepción, observación, sociabilidad, sentido común, etcétera) pueden ser desarrolladas perfeccionando sus conociemien-

tos. Esto puede conseguirse por medio de estudios bien orientados, que, generalmente, suelen seguir una directriz clásica.

En casi todos los países el nivel de educación conocido como de Enseñanza Media está basado en una formación clásica, pues es aquí donde —al fin y al cabo— se encuentran las raíces de los conocimientos sociales y humanísticos.

Tomando el nivel de Enseñanza Media como punto de partida, la formación del arquitecto debe orientarse en las siguientes direcciones :

a) En estudios humanístico-sociales, con la práctica del dibujo como medio de expresión para desarrollar y afianzar su sentido de observación directa de la vida, y en el estudio de proyectos de elementos y conjuntos como aplicación práctica de los precedentes (la espina dorsal de los estudios de Arquitectura).

b) En estudios complementarios de Matemáticas, Física, Química y Ciencias Naturales como ciencia básica para su aplicación a los aspectos tecnológicos.

c) En las tecnologías características correspondientes a los tres grupos de Cálculo, Construcción e Instalaciones, que fundamentalmente afectan a la obra arquitectónica.

d) En el estudio del Arte y Filosofía del Arte en sus diversos aspectos.

e) En el estudio de varias materias de tipo misceláneo, como legislación, economía, idiomas, etc.

\* \* \*

Los diferentes grupos de materias que pueden enseñarse en las Escuelas de Arquitectura pueden clasificarse u ordenarse del siguiente modo :

A) *Grupo de composición de proyectos.*—En los estudios preliminares debe haber: dibujo, como medio de formación y de expresión, y análisis de formas.

En el centro de los estudios debe tratarse la composición elemental de formas, los proyectos de detalles y conjuntos y la composición de edificios desde los puntos de vista social, funcional, estructural, artístico, plástico, etc.

B) *Grupo de urbanismo*.—En los estudios preliminares podrá haber Topografía, Climatología, Información urbanística, además de la formación básica de orden, organización, proporción, etc., que se incluyen en la formación del grupo anterior, y que son fundamentales para el urbanista.

En el cuerpo de los estudios se tratarán los servicios urbanos de las distintas redes de suministro o evacuación, los sistemas de transporte, viales, análisis de elementos y trazados urbanos, regionales, jardinería y paisaje, leyes urbanísticas, etc.

\* \* \*

Las materias técnicas propiamente dichas pueden ordenarse en los siguientes grupos:

C) *Grupo de cálculo*.—En los estudios preliminares deben figurar Matemáticas y Física complementarias, Geometría descriptiva, Mecánica racional, etc., seguidos en el núcleo central de la carrera por Resistencia de materiales, Mecánica del suelo, Estabilidad y Teoría de estructuras.

D) *Grupo de construcción*.—Debe tener estudios preliminares complementarios de Química, Geología, Botánica, seguidos por estudios de materiales, cimentaciones, construcción de edificios, tecnología de los oficios que intervienen en la construcción y organización de obras.

E) *Grupo de instalaciones*.—Debe empezar con estudios complementarios de Física, Hidráulica, Termología, Acústica y Electrónica, debiendo estar seguido en el núcleo de la carrera por los estudios de instalaciones eléctricas, de calefacción, ventilación, saneamiento, hidráulicas, etc.

F) *Grupo de arte*.—Debe empezar por el estudio de las artes plásticas, seguido por Teoría del Arte, Historia de la Arquitectura, Jardinería, Decoración, Restauración de Monumentos, etc.

G) *Grupo vario*.—En el que pueden incluirse los idiomas, legislación de Arquitectura, Economía, Organización de Empresas, etc., con una base de Estadística matemática y Sociología.

\* \* \*

El plan de enseñanza debería organizarse en cuadro de doble entrada, cuyas columnas estuviesen constituidas por estos grupos de materiales afines, cuyas filas horizontales las formasen los cinco años de la carrera.

De este modo llegamos a un primer escalón horizontal de formación básica complementaria de la adquirida en los cursos Selectivo y de Iniciación. Este escalón abarca el primer año y parte del segundo, puesto que en él ya debe el alumno empezar a enfrentarse con algunas aplicaciones.

El cuerpo de la carrera lo constituye el estudio de las materias tecnológicas distribuidas a lo largo de los tres años siguientes con las ramificaciones que conduzcan hacia la especialidad.

Todo ello constituye la formación que llamamos «plena» para ostentar el título de arquitecto. Ningún arquitecto debiera obtener el título sin haber completado los estudios para una formación plena que le permitan enfrentarse con cualquier clase de trabajos de Arquitectura, tanto en el campo de composición de proyectos como en el técnico. Por esta razón conviene subrayar que la especialización no debe confundirse con limitación de estudios, sino entenderse como un complemento de la formación plena.

Existe la posibilidad de especialización en los grupos de Urbanismo, Cálculo, Construcción, Instalaciones e Historia y Restauración de Monumentos, así como la de hacer estudios complementarios para obtener el Grado de Doctor en Arquitectura, cuyo análisis se desarrolla en una ponencia que se leerá en una sesión próxima.

Actualmente se ha cursado un Cuestionario a 64 Escuelas de Arquitectura de todo el mundo, a través de la Unión Internacional de Arquitectos, cuyas contestaciones nos darán a conocer las diferentes modalidades y especialmente la importancia que se da a los estudios técnicos. La impresión es de que en el extranjero se dedica de un tercio a un medio de la formación al aspecto técnico. En España estamos actualmente dedicando un tercio aproximadamente de las horas lectivas al aspecto técnico de la formación, entendiéndose por él lo relacionado con la Construcción, Cálculo de Estructuras e Instalaciones.

A continuación, el arquitecto D. Fernando Cassinello, del Ins-

tituto Técnico de la Construcción, tratará el aspecto del arquitecto como creador y técnico, y el arquitecto D. Javier Lahuerta nos hará un estudio más detallado del aspecto técnico de la formación del arquitecto, en relación con los tres grupos antes indicados, que afectan a la obra arquitectónica.

#### Aportación de don Fernando Cassinello

Es un concepto erróneo el creer que el arquitecto es un simple director de orquesta, y que para dirigir no necesita saber tocar ni el bombo. Evidentemente no; el arquitecto no es un simple director, sino un compositor, un creador, que para crear no le vale rodearse de técnicos, sino que precisa conocer y dominar todas las técnicas directamente relacionadas con la arquitectura, unas veces para aprovecharse de sus avances en la resolución de sus problemas particulares, y otras para adelantarse a los conocimientos y realizaciones de su época para plantear nuevos problemas a la técnica y a la industria.

El arquitecto humaniza la técnica, y gracias a ello permite su empleo en la arquitectura, en beneficio del hombre. Los técnicos científicos se reúnen y hacen la bomba atómica ¡extraordinario!... pero ahora esos sabios están locos por hacer de arquitectos y poder humanizar tan prodigioso descubrimiento, y ponerlo para disfrute del hombre, en vez de para su destrucción.

La técnica del automóvil es técnica pura, pero aun así, ¿es sólo mecánico el éxito de la Vespa?... ¿o es más bien un éxito formal?... Y los propios coches, ¿no cambian continuamente de modelo introduciendo cada año más novedades formales y de comodidad humana que técnicas?... Pues si esto ocurre en el campo del dominio industrial, en el que cada día tiene mayor importancia el diseño, ¿qué no pasará en el campo de la arquitectura?...

Frank Lloyd Wright, al construir el hotel de Tokio, forzado por la originalidad de su solución, se ve precisado a resolver su calefacción con calor radiante, y, orgulloso de su hallazgo, presume sinceramente de haber sido su inventor. No discutamos aquí su originalidad, pese a la existencia de las termas romanas y árabes y glorias castellanas, sino que sólo destaquemos que su solución

sirvió de punto de partida para que la industria actual desarrollase la calefacción por paneles radiantes.

Otro caso análogo de desbordamiento de la arquitectura a la técnica lo tenemos con Mies van der Rohe, cuyas soluciones las plantea cara a la ideología de nuestro tiempo, sin dejarse esclavizar por la técnica. ¿Que no es aislante el cristal actual?... , pues que lo hagan; ¿por qué no va a poderse hacer un cristal aislante, térmico y acústico, e inclusive que cambie de color para regular a voluntad el soleamiento y la transparencia?... La técnica tiene la palabra, pero mientras ésta no la resuelve, Mies acude también a la técnica para hacer su arquitectura de cristal, gracias a la perfección del aire acondicionado.

Pier Luigi Nervi, el ingeniero, constructor y profesor de la Facultad de Arquitectura de Roma, insiste en que el cálculo y la técnica constructiva son fuentes inagotables de inspiración arquitectónica, pues aunque hoy día, después de redactado cualquier proyecto, es posible hacer acrobacias estructurales gracias al desarrollo del cálculo matemático, de los ensayos sobre modelos reducidos, de las posibles correcciones mediante el pretensado, etc., estas soluciones no pueden ser convincentes desde el punto de vista arquitectónico y económico.

La arquitectura tiene, pues, sólidos fundamentos técnicos, y constituye una ciencia, pero una ciencia que generalmente o va delante de los conocimientos de su época, o interpreta las otras técnicas de forma original por su fuerte aspecto humanístico. ¿Cuándo un ruido empieza a ser molesto?... Es difícil de definir con unidades concretas. El panadero que desde su cama oye el ponerse en marcha la maquinaria de su panadería se siente feliz y continúa durmiendo; pero el vecino de arriba, que lo oye menos, se irrita y no puede conciliar el sueño. ¿Qué luz es la ideal?... Según, para cada cosa, para cada tamaño de habitación, para cada color... Nuestra ciencia exige sensibilidad y valores humanos, a veces por encima de los científicos. No olvidemos, pues, que somos técnicos, pero que la técnica arquitectónica es otra técnica que no mide al hombre en centímetros y pulgadas, sino en unidades mucho más sensibles y de imposible expresión matemática.

La técnica arquitectónica, la técnica humanizada, es fundamen-

tal en la formación del arquitecto por la imperiosa necesidad de su aplicación en sus múltiples facetas para poder hacer arquitectura. Porque la arquitectura no nace, no existe, hasta que la obra está realizada. La arquitectura no es sólo proyecto en sí, sino proyecto que puede ser realizado por medio de técnicas constructivas, y que una vez realizado, el edificio satisface plenamente tanto a las necesidades materiales como espirituales del hombre. Luz, calor, sonido, redes de abastecimiento y desagüe, estructura, cerramiento..., crean ese *espacio humanizado*, meta de toda arquitectura.

No hace falta, pues, insistir más sobre la importancia de la formación técnica del arquitecto, pero sí voy a destacar la necesidad de que esta técnica sea a la vez *científica, práctica y humanística*. Porque tan funesto es el limitarse al planteamiento y resolución teórica de un problema, como el de prescindir de ello reduciéndose a la fácil receta, sin explicación, deducida de la práctica rutinaria. Consideremos, por ejemplo, el estudio del cálculo de secciones de hormigón armado.

El desarrollo del cálculo elástico está teóricamente resuelto, y la aplicación de sus fórmulas a la práctica no nos ofrece ningunas dudas. Pero ¿responde la realidad a la teoría?... Las discordancias forzaron el desarrollo de nuevas teorías, tales como la *anelástica* y *plástica*.

En el cálculo *anelástico*, el hormigón no es elástico, y la distribución de tensiones de compresión no es plana, sino que sigue una ley parabólica. ¿Grado de esa parábola?... en la primera solución de Torroja, de  $7/3$ ; posteriormente de 2.º grado, y luego cada autor inventó su parábola, con lo que cada uno tenía sus fórmulas propias de dimensionamiento. ¿Es que las vigas se comportan distinto según quien las calcule?... Evidentemente no; esto no es humanizar la técnica, y menos aún porque pese a esta novedad la teoría y la realidad siguen sin concordar plenamente.

¿Es más real admitir el comportamiento plástico del hormigón?... porque evidentemente el hormigón antes de romperse se plastifica. Y también es hoy día una realidad el cálculo plástico.

¿Por cuál diagrama nos decidimos?... En el cálculo de vigas a flexión simple, el aplicar cualquiera de las tres teorías nos lleva



a resultados prácticos tan análogos que no merece la pena discutir las ventajas o inconvenientes de una u otra solución. Pero lo triste es que ambos siguen sin concordar exactamente con los resultados. Y así estamos viviendo unos años en los que ni las máximas figuras se atreven a escribir una teoría de cálculo, suficientemente concordante con la realidad.

¿Cuál es la última postura?... La realidad ha demostrado de forma evidente que una viga sometida a flexión no se rompe en el punto de máximo momento flector, sino allí donde el momento flector es considerable y el esfuerzo cortante también. Y así ha nacido la más moderna teoría del cálculo del hormigón, brillantemente defendida por su ponente general Sr. Páez en el Comité Europeo del Hormigón, que trata de crear una norma europea de cálculo.

¿En qué consiste esta teoría?... pues en calcular cada sección en función no de  $M$ , sino en función de la relación entre el momento flector y el esfuerzo cortante, y en función de estos valores determinar las cuantías de armaduras longitudinales y transversales por lectura directa en un ábaco, representación gráfica de fórmulas bastante complicadas y haciéndose el cálculo *en rotura*. Pero ¿qué es calcular en rotura?... Pues simplemente, calcular que el agotamiento de la sección se produce cuando el hormigón en compresión se plastifica y la armadura de tracción llega a su límite elástico. Y las tensiones de trabajo, no se llevan evidentemente a estos límites, sino que se toma un coeficiente de seguridad sobre el límite elástico del acero, 1,2 ( $2.000 \text{ kg/cm}^2$ ), otro coeficiente de seguridad sobre la tensión característica del hormigón, 1,6 ( $240/1,6 = 150 \text{ kg/cm}^2$ ) y otro sobre las cargas y sobrecargas, 1,65, con lo que se obtiene un coeficiente de seguridad total superior a 2,5.

Evidentemente, pues, que la enseñanza técnica tiene que estar firmemente apoyada en la investigación, ya que de nada nos sirve calcular muchas vigas y saber hacer muchas integrales, si nunca hemos visto romperse una viga y comparado los datos de muchos ensayos. Que el arquitecto sea técnico, es y ha sido siempre fundamental, pero su técnica ha de ser a la vez científica y experimental, y de ahí la necesidad de coordinación de las Escuelas y los Centros de Investigación, y mejor aún, de la incorporación de estos

Centros a las propias Escuelas para que alumnos y profesores puedan mantener la continua puesta al día de su técnica.

Pero al arquitecto no le basta con esto, su técnica, científica y experimental, ha de estar humanizada. Siguiendo con nuestro ejemplo, el arquitecto tiene que dominar el cálculo, pero no sólo para calcular sus estructuras, sino primero y fundamentalmente para *proyectar* estructuras. Y nuestros proyectos no deben ser simples ejemplos de aplicación técnica, sino que exigen algo más, un *algo* menos concreto, más difícil de definir, pero mucho más importante, y que es el que hace que nuestras obras no sólo sean útiles y no se caigan, sino que además sean expresivas, sean una obra de arte.

El planteamiento científico de la cúpula del Auditorium del Instituto Tecnológico de Massachussets, forzó la solución de Saarinen a aceptar una lámina, apoyada en tres puntos, pero de 60 centímetros de espesor, que aprieta y acongoja a la solución arquitectónica, definiendo un espacio interior poco satisfactorio.

Es por esto, por lo que los arquitectos más técnicos son los que más frecuentemente se saltan la técnica a la torera. Candela ha creado una arquitectura sorprendente, con un elemento nacido de la más moderna técnica estructural, el campo laminar, aplicando el paraboloide hiperbólico en láminas de hormigón armado, cuyas condiciones de borde no cumplen en casi ningún caso con las exigencias del cálculo para la posible resolución de sus ecuaciones diferenciales de equilibrio.

Torroja, cuando aún estaban en su origen las teorías de cálculo de bóvedas cilíndricas sólo apoyadas en sus arcos de cabeza, crea dos obras geniales: la cubierta del Frontón Recoletos y la marquesina del Hipódromo de la Zarzuela.

Salvadori, dentro de esta misma tendencia, concibe la solución para el comedor de La Concha, hotel de Puerto Rico, cuyo pabellón exento adopta la forma simbólica de este caparazón marino, pese a que las ondulaciones pierden canto precisamente en la zona donde los empujes y momentos flectores son máximos.

Y, por último, un caso aún no realizado: el teatro de la Opera de Sidney, concebido con gran audacia formal y estructural por el arquitecto danés Utzon. Su estructura ha sido duramente crí-

tificada por los técnicos porque para su realización tendrá que recurrirse al empleo de un complicado esqueleto metálico, dejando la cubierta de ser una estructura laminar pura por su imposibilidad de cálculo. Pero ¿no es más fundamental en un teatro de ópera la acústica de su interior y el carácter y valor representativo del edificio que la propia estructura?...

Dominemos, pues, una técnica *científica, experimental y humanizada*, para que así el arquitecto, en su misión creadora, sea capaz de ordenar no sólo la construcción y sus técnicas, la ciudad y el campo, sino también la vida y al hombre mismo.

#### Aportación de don Javier Lahuerta

Como se ha señalado en la ponencia anterior, las enseñanzas en las Escuelas Técnicas Superiores de Arquitectura deben dirigirse con carácter preferente a la formación de los futuros Arquitectos en lo que será fundamental en su trabajo, en lo que es privativo de tales profesionales y en lo que les distingue de profesionales de otra clase: la composición, tanto de edificios como de conjuntos y de urbes, en todos sus aspectos: estético, humanístico, social, funcional, etc.

Pero, simultáneamente, hay que tener en cuenta en estas enseñanzas que la composición creada por el Arquitecto tiene que ser realizada, y que esta materialización exige el dominio de una serie de técnicas muy variadas, que el Arquitecto tiene que conocer muy a fondo para poder ir conformando sus concepciones desde las primeras ideas del anteproyecto, para desarrollar con la precisión debida el proyecto completo y para dirigir los trabajos de obra con la autoridad debida. No debemos olvidar que el nombre de Arquitecto es reflejo de que posee esta multiplicidad de técnicas.

Las técnicas cuyo conocimiento necesita el Arquitecto, y designamos aquí por técnicas las directamente relacionadas con la ejecución de los elementos de que constan los edificios y las ciudades, dejando fuera otras técnicas como las de restauración, de jardinería, de legislación, etc., que también son importantes para él, pueden dividirse en tres grandes grupos:

- A) La técnica de la construcción, con sus detalles.

- B) La técnica de las estructuras, con su cálculo.
- C) La técnica de las instalaciones, con su fundamento.

Todas estas técnicas necesitan una previa formación físico-matemática general muy sólida, en la que se haya procurado, por un lado, desarrollar en sumo grado la intuición del alumno para el enfoque y planteo de las cuestiones, y por otro ejercitarlo lo preciso para que adquiriera la debida rapidez y seguridad en la operatoria de los problemas.

Ambas condiciones le van a ser muy necesarias. La intuición, cuyo desarrollo se deberá seguir fomentando, como base para toda concepción técnica. La práctica operatoria, como medio para poder abordar sin angustia los largos procesos calculatorios que exigen estructuras e instalaciones en su proyecto.

Una vez que el alumno ha adquirido este substrato científico puede iniciar con éxito el estudio a fondo de las materias que van a constituir su específica formación técnica, que ya hemos desglosado en los tres grupos fundamentales.

No podrá olvidarse en la enseñanza que las materias de los tres grupos no son independientes entre sí, sino que van muy ligadas unas con otras. Pero sobre todo será preciso tener muy en cuenta que la conexión de estas materias con las de la formación fundamental del Arquitecto, la composición, en su parte tanto teórica como en su parte práctica de desarrollo de proyectos, debe ser muy íntima, por la razón de que tales técnicas van a servir para poder llevar a realizaciones las concepciones artístico-funcionales proyectadas.

Deberá, por tanto, la enseñanza de cada materia realizarse no solamente en el plano teórico, ni siquiera en un plano de ejercicios prácticos aislados, sino también —y de modo muy importante— llevando a la formación de proyectos continua y sistemáticamente las técnicas que se vayan aprendiendo.

El primero de los grupos mencionados, la técnica de la construcción con sus detalles, debe iniciarse por el estudio de los materiales de construcción, que debe comprender una descripción oral y visual de los materiales que la técnica actual pone a disposición de la edificación, una idea somera de los sistemas de su fabricación, para mejor comprensión de sus características y po-

sibilidades, un estudio detallado de sus caracteres, con los procedimientos de obra y de laboratorio para determinarlos, profundizando en las normas de calidad y de ensayo correspondientes, comparando las españolas con un resumen de las extranjeras y completando este estudio mediante la realización por el alumno de un conjunto de ensayos de laboratorio que le permitan más adelante encargarse de estos ensayos e interpretar sus resultados con un conocimiento de causa que nada mejor que la práctica puede darle.

Seguirá la enseñanza de la propia técnica de la construcción, cada día más compleja, y que el Arquitecto tiene que conocer muy a fondo, para llevar a los planos del proyecto el detalle preciso, y sin indeterminación del sistema constructivo de cada una de las partes y elementos del edificio proyectado.

Teniendo en cuenta las ventajas y desventajas estéticas, funcionales y económicas que presentan cada uno de los sistemas que existen para construir cada elemento, el Arquitecto tiene que tomar la decisión de elegir el más conveniente al caso, decisión que solamente podrá ser acertada si conoce muy a fondo cada uno de los sistemas. Después tiene que dibujar el detalle de los planos, y para conseguir un elemento óptimamente proyectado su técnica tiene que haber sido depurada mediante una enseñanza muy profunda de la construcción.

Debe completarse esta enseñanza con la de la técnica de los oficios de la construcción, necesaria para el proyecto de cada elemento, pero sobre todo indispensable para poder dirigir la construcción de cada uno de ellos, corrigiendo las operaciones defectuosas, evitando los vicios constructivos y orientando a los operarios para conseguir un trabajo más perfecto, estética y constructivamente, y más económico. Difícilmente podrán adquirirse los conocimientos precisos de los oficios de un modo teórico, requiriendo la enseñanza de los mismos ser complementada, al menos, mediante la vista de la realización de los trabajos por oficiales experimentados, señalando simultáneamente lo acertado y lo erróneo en las ejecuciones y llegando, si fuera posible, a la práctica directa de los oficios básicos por los alumnos.

El segundo grupo, la técnica de las estructuras con su cálculo, debe comenzar precisamente por los fundamentos de este cálculo.

Con la base matemática previamente adquirida y el conocimiento de la mecánica racional, debe estudiarse la mecánica elástica, conjunto de hipótesis admitidas actualmente sobre el comportamiento mecánico de los cuerpos sometidos a esfuerzos mecánicos, que permite determinar las tensiones y deformaciones de dichos cuerpos y prever los esfuerzos límites en los que va a producirse su rotura en los diversos casos de sollicitación planteados.

Este conocimiento a fondo forma la base intuitiva que hace posible concebir las formas estructurales como elementos que trabajan mecánicamente de manera conocida y prever el comportamiento aproximado de formas estructurales nuevas por extrapolación de lo conocido.

En la mecánica elástica se basa la resistencia de materiales, o sea el conjunto de reglas matemáticas que permite dimensionar cada uno de los elementos estructurales, de forma que se cumplan simultáneamente las condiciones de suficiente seguridad y de máxima economía.

No debe pretenderse en esta enseñanza que cada alumno llegue a ser un especialista completo en estas difíciles cuestiones, sino darle una formación que le permita realizar por sí, o mediante ayudantes, los cálculos de resistencia de los elementos corrientes de la edificación, y que permita a aquellos alumnos que por sus condiciones personales y de vocación deseen profundizar en estas cuestiones, tener una base sólida para futuros estudios.

Igualmente debe señalarse en lo referente a la enseñanza de la estabilidad de edificios, o sea el más complejo estudio de las estructuras completas o conjuntos de elementos con sus interacciones. Se precisa enseñar los sistemas prácticos de análisis de estructuras que el momento actual de la técnica ofrece, de modo que el alumno pueda proyectar las estructuras con un completo conocimiento de causa y calcular él mismo las corrientes de edificación y que en el caso de estructuras especiales y de difícil análisis le permita trabajar en colaboración con el especialista.

Del mismo modo debe la enseñanza formarle en los conocimientos básicos de la mecánica del suelo, que le permitirá el proyecto de las cimentaciones de los edificios y de los elementos de contención de tierras, mediante la interpretación de resultados de

sondeos de ensayos de laboratorio, o de otros trabajos encargados con este fin, en los casos en que sean precisos.

Finalmente, el tercer grupo, la técnica de las instalaciones con su fundamento, debe introducir al alumno en el campo cada vez más complejo y más especializado de las múltiples instalaciones de que se dota a los edificios para su adecuación a la misión a la que se les destina.

Cada clase de instalaciones constituye una rama especial de la ingeniería cuyo conocimiento completo exige una dedicación total a su exclusivo campo, y en la que además la realización de estas instalaciones tiene que hacerse por empresas específicamente dedicadas a este objeto. No es posible, ni por otro lado interesa tampoco, que el alumno de arquitectura adquiera los conocimientos técnicos precisos para la realización completa de las instalaciones, sino darle la formación precisa para que establezca el total de condiciones que tiene que reunir cada instalación, le permita colaborar con los especialistas en su proyecto detallado y verificar durante la ejecución de los trabajos y al fin de los mismos que la instalación reúne las condiciones establecidas. Asimismo, estos conocimientos deben ser base suficiente para el que desee seguir profundizando en los mismos.

En primer lugar mencionemos las instalaciones hidrosanitarias de edificios y poblaciones. Abastecimiento de agua, distribución urbana de agua, y distribución de agua fría y caliente en el edificio. Red de desagüe pluvial y fecal del edificio, alcantarillado urbano y depuración de aguas residuales. Son las instalaciones que más directamente proyecta y dirige el arquitecto hasta sus más pequeños detalles, porque constituyen técnicas muy ligadas a los edificios y porque, salvo instalaciones especiales, su realización se hace por fontaneros, poco técnicos en general, y son también instalaciones por cuyo buen o mal funcionamiento se alaba o se responsabiliza directamente al arquitecto.

El estudio de su técnica debe, por tanto, realizarse con gran detalle para estar en condiciones de proyectar y dirigir estas instalaciones, al menos en lo que se refiere a los edificios, sin necesidad de colaboraciones, que serán precisas solamente en casos de gran alcance o muy especializados. Lo mismo puede decirse para las ins-



talaciones de distribución de líquidos de otra clase, de distribución de gas, de evacuación de basuras, etc., y para las instalaciones de fumistería.

Las instalaciones termoambientales de los edificios, en sus variadas técnicas: calefacción, ventilación, refrigeración, etc., deben estudiarse a fondo en lo que se refiere a las condiciones de ambiente requeridas, principios generales de su proyecto e instalación y métodos de verificación de su funcionamiento. En general, estas instalaciones tienen que ser ejecutadas por empresas especializadas en la correspondiente rama y el detalle del proyecto de su instalación se realiza en colaboración con ingenieros especialistas en tales técnicas, por lo que la formación del alumno en este campo no precisa ir más allá de lo consignado antes.

Las instalaciones eléctricas, cada día de complejidad mayor, entre las que se encuentran: líneas de distribución, iluminación de interiores y exteriores, telecomunicación en sus diversos sistemas, amplificación acústica, ascensores y escaleras mecánicas, electrónicas, etcétera, requiere asimismo el estudio bastante detallado de la electrotecnia como base para todas ellas y el de otras técnicas, en conexión con estas instalaciones y con la propia composición de los edificios, como luminotecnia, acústica, etc.

Debe señalarse también que estas instalaciones en la mayoría de los casos se fabrican y se montan por empresas dedicadas a un campo limitado y que el proyecto completo de cada instalación se redacta con la colaboración de ingenieros especializados en la materia, debiendo el arquitecto conocer en primer lugar todo lo referente a las condiciones de funcionamiento de las instalaciones y los métodos de verificación, así como los fundamentos básicos de su proyecto y montaje sin descender en general al detalle completo, que sólo con una gran especialización puede adquirirse.

Como resumen de esta exposición de la enseñanza de los tres grandes grupos de técnicas que requiere la formación del arquitecto, debe recalarse de nuevo la fundamental misión de dirección y coordinación que el arquitecto tiene en la redacción de los proyectos y ejecución de las obras.

Que lo más importante para el arquitecto es la composición en sus aspectos estético, funcional y económico, pero que sin el do-



minio de las técnicas de los tres grupos, cada una en la medida precisa, no puede llegar a realizar sus concepciones.

## DISCUSION

**Sr. López Otero.**—Para cerrar esta Sesión, correspondiente al II Seminario de Enseñanza Superior Científica y Técnica, sólo voy a decir unas breves palabras, tras felicitar a los distintos ponentes por la claridad y concisión de sus exposiciones.

Tanto el urbanismo como las distintas Técnicas constructivas definen la propia arquitectura. Es erróneo el creer que la técnica es un simple medio de creación, cuando, en realidad, es la creación misma. Frank Lloyd Wright decía: «Arquitectura es, ante todo, poesía»... Pero hecha patente, decimos nosotros, realizada, vivida...

La arquitectura exige realización, existencia física, construcción, con el hombre como módulo y protagonista. Es esta la labor realizadora, el arquitecto no es evidentemente un simple director, sino un verdadero creador, cuya energía creadora, don divino, es teóricamente ilimitada, sólo dependiente de su fuerza intuitiva, mientras que prácticamente esta actividad se encuentra frenada y dirigida por las exigencias físicas de su realización.

Por otro lado, el afán de objetivación acucia a la técnica a nuevas soluciones y ésta, a su vez, estimula y provoca nuevas imágenes que luego se seleccionan y fijan en las sucesivas fases, predominantemente reflexivas, del proceso creador.

Nunca como en el tiempo presente esa intervención ha sido más intensa y eficaz. La técnica moderna conduce a la arquitectura hacia la libertad en el pensamiento generador. Las nuevas formas determinantes (no digo estructurales para no confundir resistencias con ordenación), cada vez más ricas, plásticas, obedientes y sutiles, permiten mayor acercamiento a las soluciones de aquel bellísimo ideal.

Por otro lado, esas formas técnicas, es decir, constructivas, se funden con las imaginativamente concebidas en una sola realidad. Y entonces aquellas, las técnicas, participan de todas sus cualidades y, por lo tanto, del componente emotivo y entran, del modo que las corresponde, en la fase primaria de la intuición poética iniciadora del esquema; conjunción íntima de experiencias anteriores. Las formas constructivas llevan en su intervención una buena carga de sentimiento estético subjetivo, en virtud de aquella fusión, hasta poder decir que «la técnica llegará a ser, también, hija de la sensibilidad...»



# LA ENSEÑANZA DE LOS TEMAS RELACIONADOS CON LA ECONOMÍA Y LA ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN LAS ESCUELAS TÉCNICAS SUPERIORES

José Orbaneja  
Fermín de la Sierra  
Manuel María Zulueta

## I

*Propuesta sobre materias que posiblemente podrían incluirse en un plan de enseñanza de una Escuela Superior Técnica.*

### INTRODUCCIÓN.

Antes de hacer alguna propuesta sobre las materias de «Organización y Economía», que podrían incluirse en los planes de enseñanza de las Escuelas Técnicas Superiores de Ingenieros, parece lógico plantearse qué se pretende conseguir con la inclusión de tales materias en los referidos planes.

Para ello habría que considerar previamente en qué forma dichas materias serían necesarias para los ingenieros en el desarrollo de sus actividades y, por consiguiente, cuáles deberían ser aquéllas.

El ingeniero ha de trabajar formando parte de una organización (una empresa privada o pública, un Ministerio o bien el ejercicio libre de la profesión). Dichas actividades son diferentes según la rama de la ingeniería cursada. Una ponencia como la presente no debe descender a detalles, sino limitarse a indicar grandes líneas adaptables luego a las diferentes circunstancias.

Los ingenieros en el ejercicio profesional desarrollan sus actividades en una empresa de propiedad privada, industrial, agrícola o de servicios, en un servicio de Administración pública o sindical.

a) *Los ingenieros que trabajan en empresas privadas o públicas.*

En este grupo de empresas los ingenieros trabajan en diferentes puestos que les obliga, salvo aquellos que tienen sus actividades limitadas directamente a investigación o proyectos, a trabajar a través de personas.

Estas situaciones son análogas para las empresas de diferentes especialidades (químicas, construcción, agrícolas, etc.) y exigen al ingeniero, además de un conocimiento técnico y específico de la rama de que se trate, una formación en otras disciplinas (economía, organización, etc.) que le capacite para desarrollar su función directiva.

Quizá convendría hacer mención de ciertas condiciones típicas de los ingenieros que trabajan en el medio agrícola y forestal. Pero por tratar esta ponencia el problema de la ingeniería en su conjunto se limita a señalarlo para que pueda ser tenido en cuenta en el momento oportuno.

b) *Los ingenieros al servicio de la Administración pública o sindical.*

Quienes prestan servicio a la Administración pública, bien sea en la central del Estado, en entidades paraestatales o en órganos de la Administración local, desempeñan en unas ocasiones funciones estrictamente técnicas, cuyos problemas son sensiblemente análogos a los que han de resolver quienes trabajan en la empresa privada; en otros casos realizan funciones de inspección o intervención de las empresas privadas, lo cual requiere, además de preparación técnica, conocimientos teóricos y prácticos de carácter económico y administrativo.

c) *Ejercicio libre de la profesión.*

En la mayoría de los casos la formación técnica específica es la más importante, ya que si constituyera una empresa de consulta

y ocupara diferentes puestos en dicha organización estaríamos en el apartado a).

Por ser el caso más general la empresa (ya sea privada o pública) limitaremos el análisis siguiente a ésta; por otro lado las conclusiones derivadas de dicho análisis podrán ser aplicadas fácilmente a los otros casos. Vamos, pues, a tomar como ejemplo las diferentes funciones que un ingeniero puede desarrollar en una empresa y para ello es imprescindible primero considerar las características de las posibles funciones que pueden presentarse en dicha organización.

#### DIFERENTES ESCALONES EN LA ESTRUCTURA DE LA ORGANIZACIÓN DE UNA EMPRESA. SUS CARACTERÍSTICAS.

El análisis que en forma muy simple se hace a continuación, tiene un carácter muy general y no intenta tratar los distintos puestos de trabajo de una empresa desde el punto de vista detallado de sus labores diarias. Sólo lo considera partiendo de las responsabilidades de dirección que corresponde a los diferentes niveles. Para ello utilizaremos conceptos hoy muy comunes en la literatura sobre la administración de empresas.

El primer escalón, que podemos considerar como el nivel inferior, partiendo de abajo arriba de cualquier organización (por ejemplo, el obrero de un taller, una obra o explotación agrícola) es denominado operacional. Veamos cuáles son sus características más esenciales:

a) Transforma «algo en algo», generalmente en forma tangible, por medio de un procedimiento o método (elaborar una pieza, preparar el encofrado, labrar una tierra, etc.).

b) Este trabajo se hace dentro de unos límites estrechos establecidos por un método, procedimiento o tradición, que le viene impuesto por «alguien» con autoridad suficiente para ello.

c) De todas formas tales límites nunca son tan estrechos que no le permitan hacer algún plan (prever), organizar y controlar su propio trabajo. Sin embargo no puede mandar a otros ni coordinar el trabajo de otros.

d) Consecuencia del apartado anterior es que no puede dele-

gar en nadie. Está sólo frente a su trabajo y tiene que hacerlo también solo (aun en el caso que trabaje en colaboración con otros de su mismo nivel, ya que tendrá uno específico asignado).

Lógicamente dentro de estas características no sólo hay que incluir al obrero, también habría que introducir, por la naturaleza propia de su trabajo, al ingeniero que «directamente» hace un proyecto, ensaya materiales, investiga en un laboratorio, o intenta vender una máquina a otra empresa. Podríamos decir que mirando hacia abajo en la organización, después de aquellos que constituyen el «nivel operacional» «no hay nadie» en la estructura de la organización de una empresa. La labor fundamental de aquellos que están incluidos en el grupo «operacional» es casi totalmente «técnica» en el sentido clásico de la palabra, y desde luego de categoría diferente según las diversas actividades (obrero o ingeniero, por ejemplo).

Si ahora avanzamos hacia arriba en la estructura de la organización de la empresa, desde el maestro encargado hacia la dirección general o gerencia y consejo de administración, nos encontraríamos con puestos de trabajo con características bien diferentes, cuyos rasgos principales pueden resumirse en la siguiente forma:

a) No intervienen directamente en la producción física del producto o del servicio que se vende. Estas personas realizan su trabajo a «través de otros».

b) Como consecuencia tienen que prever, organizar, mandar, coordinar y controlar el trabajo de otros.

c) La previsión debe ser realizada para períodos de tiempo más largos, a medida que se sube en el nivel de la estructura de la organización.

d) Por lo anteriormente dicho, el riesgo en las decisiones, que siempre tienen repercusión en el futuro, aumenta también, cuanto más alto sea el nivel en que sean tomadas. A medida que se sube hay que tener en cuenta muchos factores externos a la empresa (por ejemplo, las condiciones sociales y económicas), sobre las cuales no tienen prácticamente influencia aquellos que toman las decisiones.

e) A medida que se sube en los niveles, las decisiones tomadas

para trabajar a través de otros van perdiendo detalles para irse convirtiendo en directrices.

f) Al llegar al director-gerente o Consejo de Administración, en tales decisiones se ha de tener presente el conjunto de la empresa (problemas de producción, finanzas, personal, mercados, etc.) y el mundo económico y social exterior a la empresa.

Por consiguiente, antes de llegar a los niveles de director-gerente o Consejo de Administración, las decisiones, dentro de ciertos límites, sólo tienen presente aspectos parciales de la empresa.

De los escalones últimamente considerados, los comprendidos hasta la dirección general, son conocidos corrientemente como «dirección operacional», por otro lado, se dominan «dirección administrativa» desde el director general hasta el Consejo de Administración inclusive.

#### *Dónde incluir el trabajo del ingeniero.*

Como ya se había indicado al principio, se plantea ahora el problema de decidir dónde se piensa que puede situarse al ingeniero en la estructura de la organización en que aquél tenga que trabajar. para ello habría que hacerse y, lo que es más difícil, contestar muchas preguntas. Limitaremos éstas al mínimo posible, que podrían ser las siguientes.

a) ¿Se espera que el ingeniero trabaje en puestos de nivel operacional?

b) ¿Trabajaré en puestos de dirección operacional?

c) ¿Cuándo trabajará en puestos de dirección administrativa?

d) ¿Cuál es el ciclo que corrientemente siguen la mayoría de los ingenieros desde que dejan la Escuela en su paso por puestos de los distintos niveles?

e) ¿Se cree y desea que los ingenieros ocupen cuanto antes puestos altos de «dirección operacional» o de «dirección administrativa»?

La contestación a todas estas preguntas podría obtenerse si se hiciera un estudio sobre los cargos que han ido ocupando los ingenieros españoles desde que han salido de las Escuelas. Parece lógico pensar que este estudio sería fácil realizarlo en colaboración

con el Instituto de Ingenieros Civiles mediante un cuestionario adecuado y tomando las promociones salidas en los últimos veinticinco o treinta años. Como dicho estudio llevaría bastante tiempo es necesario decidir sobre este problema básico utilizando la experiencia personal, que, desde luego, puede estar sometida a importantes errores.

Admitamos, con las reservas ya apuntadas, lo siguiente:

1. La mayoría de los ingenieros cuando salen de la Escuela ocupan cargos de dirección operacional.
2. En la evolución de su actividad profesional a través de los escalones de la organización a que pertenecen, un gran porcentaje de los ingenieros en un plazo de diez a quince años llegan a los escalones más altos de dirección operacional.
3. Siguiendo con dicha evolución puede admitirse que una cantidad menor pasan a cargos de «dirección administrativa».

De lo anterior podría deducirse que sobre las materias objeto de esta ponencia convendría pensar en formar al ingeniero para desarrollar su labor en los cargos que normalmente ocuparía durante los primeros años a su salida de la Escuela, y al mismo tiempo darle la formación básica que le permita ampliar dichos conocimientos en cualquier momento.

Aparte de las razones apuntadas existe otra de gran peso para admitir lo acabado de indicar. Si se pretendiera formar al ingeniero dentro de la Escuela para que ocupara altos cargos directivos tal formación exigiría el estudio de una cantidad de materias que no serían compatibles con el tiempo que necesariamente habría que dedicar a las materias propias de cada especialidad. Este último argumento podría también ampliarse al considerar el caso de la formación completa de ingenieros especialistas en la rama denominada «industrial engineering» en Estados Unidos y que en España se conoce como «ingeniero de producción».

Para estos dos casos últimamente citados parece lógico pensar, tanto desde el punto de vista del ingeniero como del país que tal formación fuera complementaria para aquellos ingenieros de distintas especialidades que después de terminar la carrera y con experiencia consideraran interesante tal formación.

Para esta formación complementaria podrían utilizarse las Es-



cuelas oficiales existentes en España, denominadas Escuela de Organización Industrial en Madrid y Escuela de Administración de Empresas en Barcelona, y otros centros similares, cuyos planes de estudio están dedicados a postgraduados y en las ramas citadas.

## II

*Propuesta de materias que deberían figurar en el plan de estudios.*

### INTRODUCCIÓN.

Desde luego es difícil detallar el contenido de cada materia, ya que según las distintas especialidades de ingeniería deberían tener algunas características determinadas. Sin embargo, se intentará dar una idea de lo que se pretende abarcar en cada una de aquéllas.

Se admite que en los planes actuales esté prevista la enseñanza de la estadística fundamental y, por consiguiente, no se hace referencia a esta materia.

Después de todo lo indicado anteriormente parece que las materias que deben incluirse en el nuevo plan de estudio proporcionen al estudiante de ingeniería lo siguiente: una visión del cuadro económico español donde ha de desarrollar su actividad; un conocimiento de los principios fundamentales teóricos de economía con especial referencia a la economía de la producción; el estudio de la administración y de las diferentes estructuras de organización; del individuo y de los grupos como bases fundamentales para poder trabajar a través de otros, y, por último, las técnicas necesarias para establecer y llevar adelante los planes de producción.

Se considera que tales objetivos podrían alcanzarse con el estudio de las asignaturas que se pasan a exponer:

«Principios de Economía».

«Economía de la Empresa».

«Plan y control de la Producción».

«Estructura económica» (con especial referencia a España).

«Dirección de Empresas».

«Legislación».

RASGOS CARACTERÍSTICOS DE LAS ANTERIORES MATERIAS.

No es una tarea fácil dar información sobre los detalles de las materias que deben quedar comprendidas en las asignaturas citadas. Sin embargo, se intentará exponer aquellas líneas generales que se consideran más importantes.

a) Las anteriores asignaturas deberían ser incluídas en el plan de estudios en diferentes años de la carrera y de ninguna manera dejar todas para el último año.

b) De acuerdo con lo anterior sería posible no cargar demasiado los distintos cursos y contribuir, desde el comienzo de los estudios a que la formación complementaria en «Economía y Organización» sea más eficaz.

c) El orden en que deberían estudiarse las asignaturas citadas sería muy discutible. La ponencia propone, sin embargo, a título de orientación, el siguiente:

— Principios de Economía, Economía de la Empresa, Plan y Control de la Producción, Estructura Económica, Legislación, Dirección de Empresas.

d) Las horas que se consideran necesarias para las distintas asignaturas son las siguientes:

Asignaturas	Núm. de horas
Principios de Economía ... ..	60
Economía de la Empresa ... ..	60
Plan y control de la Producción ... ..	60
Estructura Económica ... ..	50
Legislación ... ..	40
Dirección de Empresas ... ..	60

e) En cuanto al profesorado y número de alumnos es fundamental destacar que debe existir con estas materias un criterio igual y a ser posible más restringido que con las otras materias técnicas o científicas. Es muy posible que las materias que estamos tratando exijan un mayor contacto directo entre el profesor y el alumno.

f) Es probable que en algunas Escuelas ciertas asignaturas de las citadas se consideren de menor importancia para la formación de los alumnos. Esta razón y la falta de tiempo disponible podrían aconsejar dar carácter voluntario a algunas. Sin embargo, esto debería meditar con detenimiento, ya que cabría la posibilidad de una «adaptación» para el caso especial de que se trate.

g) Es extraordinariamente difícil establecer un programa o índice para cada una de las asignaturas recomendadas para ser incluidas en el plan de estudios. De todas formas, y dentro de las limitaciones que este intento lleva en sí, la ponencia ha discutido esta posibilidad. El resultado de esta discusión, y a título de ensayo, son los «Índices de Materias» recogidos en la parte III, que sin duda alguna pueden ser objeto de crítica.

### III

#### *"Índices de Materias" de las asignaturas propuestas.*

##### PRINCIPIOS DE ECONOMÍA.

1. Concepto de Economía. La ciencia económica.
2. El sistema económico. Población. Recursos naturales. Bienes de capital y Tecnología.
3. La Renta Nacional. Ahorro, consumo e inversión. Teoría de la determinación de la renta.
4. Variaciones en el nivel de precios: inflación y deflación.
5. Dinero. Fundamentos del sistema bancario.
6. Fluctuaciones económicas.
7. La política monetaria y fiscal y el desarrollo económico estable.
8. La composición y la determinación de los precios de la producción nacional. Oferta y Demanda. Elasticidad de la demanda. Equilibrio de la oferta y la demanda. Fijación legal de precios.
9. La teoría del consumo y de la demanda.
10. El equilibrio de la empresa. Costes e ingresos. Diferentes tipos de mercados.

11. Distribución de la renta; la fijación del precio de los factores productivos. Renta de la tierra. Salarios. Interés y capital. Beneficio.

12. La Economía internacional. La Balanza de pagos y la balanza comercial. Tipos de cambios libres, flexibles y estables. Funcionamiento del patrón oro. El efecto multiplicador del comercio exterior.

13. El comercio internacional y la teoría de los costes comparados.

14. Teorías sobre protección arancelaria y libertad de comercio.

15. Los distintos sistemas económicos.

#### ECONOMÍA DE LA EMPRESA.

1. La cooperación de los factores productivos, Factores de producción complementarios y sustitutivos. La demanda de los factores de producción y la oferta del producto.

2. El coste en la producción. Conceptos fundamentales de la teoría del coste. Los costes de adaptación a corto y largo plazo. La producción compuesta. El problema del tiempo en la producción.

3. Las reacciones de la empresa ante las variaciones de los precios.

4. La concurrencia perfecta. Demanda y oferta. La formación del equilibrio.

5. El monopolio; de oferta, de demanda. El monopolio bilateral.

6. El oligopolio. El mercado imperfecto (la competencia imperfecta; la diferenciación monopolística de los precios).

7. Interpretación de la empresa a través de la contabilidad. Contabilidad general: cuentas y balance.

8. Contabilidad de costes.

9. Valoración de empresas y elementos de producción.

10. Depreciación y sustitución de instalaciones.

11. Introducción, utilizando casos prácticos, a las modernas

herramientas de investigación operativa (programación lineal, tiempos de espera e inventarios, etc.).

#### PLAN Y CONTROL DE LA PRODUCCIÓN.

1. El producto; proyectos y normalización. Tipos de producción.
2. Análisis del proceso: métodos de producción y estudio y fijación de tiempos.
3. Planificación de la producción tomando como base la previsión de ventas.
4. Compras y almacenamientos. Tamaño económico del lote.
5. Calidad y su control.
6. Entrenamiento.
7. Incentivos monetarios en el trabajo.
8. Controles cuantitativos de la producción.

#### LEGISLACIÓN.

1. Organización administrativa.
2. Leyes y Reglamentos que afectan más directamente a la especialidad respectiva.
3. Legislación fiscal.
4. Legislación sobre sociedades y empresas.
5. Derecho del trabajo.

#### ESTRUCTURA ECONÓMICA (con especial referencia a España).

1. Actividad económica. Objeto de la estructura económica. Coordinación de las unidades económicas; diferentes tipos de organización de las actividades económicas de una sociedad.
2. Clasificación de los países según su desarrollo económico. Diferentes índices. Distribución de la producción mundial de bienes y servicios.
3. Contabilidad Social.

4. La Renta Nacional en España. Cálculos efectuados. Estructura.

5. Población humana y medio. Evolución de la población mundial por grandes zonas geográficas. Características. La población en España. Movimientos migratorios; situación actual en el mundo y en España. Distribución de la población activa según sus actividades.

6. Capital. Estructura del capital por sectores económicos. La relación capital-producto. Información sobre España.

7. Productividad. Comparación entre diferentes países y por sectores económicos.

8. Estructura de los sectores agrícolas, industriales y de servicios. (A estos temas en cada Escuela se le deberían dar más extensión a los de su propia rama y por esto no se detalla).

9. Líneas generales de la política industrial agrícola y de servicios en España. (Sobre este tema podría decirse lo mismo que en el apartado 8.)

10. Estructura del sistema bancario español.

11. Estructura de los mercados españoles. (Idem a lo indicado en el apartado 8.)

12. Relaciones económicas internacionales. Estructura institucional internacional actual (Banco de Reconstrucción y Desarrollo, Fondo Monetario Internacional, O.E.C.E., Mercado Común, Zona de Libre Cambio, Comunidad Europea del Carbón y del Acero, FAO, GATT, etc.).

13. Estructura de las relaciones económicas de España. Balanza de Pagos y Comercial. Problemas más importantes en relación con la actual estructura económica internacional.

#### DIRECCIÓN DE EMPRESAS.

1. La empresa y el sistema económico y social.
2. La empresa como un grupo social.
3. Concepto de Administración y Dirección.
4. Objetivos. El empresario y el director profesional. Análisis de la tarea de este último.

5. Planes de acción; sus clases.
6. El plan de organización. Estructuras de Organización. Principios de Organización. Manual de Organización.
7. Estudio del comportamiento individual. La conducta del grupo. Aspectos psicológicos de la Dirección.
8. Análisis de estados financieros como fuentes de información.
9. Pronóstico en la Empresa. Investigación de mercados.
10. Plan General de la Empresa.
11. Control desde la Dirección.

### DISCUSION

Sr. J. Torrens-Ibern.—Si en la enseñanza de cualquier materia científica se plantea siempre la cuestión de saber a quién va destinada para presentarla en la forma más adecuada al uso que tendrá que hacer de ella el futuro profesional, esta precisión es todavía más necesaria en la enseñanza de la Estadística.

Las aplicaciones de la Estadística son tan variadas que se puede decir que el concepto que de ella tenga un ingeniero será esencialmente diferente del que tenga un matemático, un economista o el jefe de una administración pública. Si en la Estadística se llega en grado sumo a la matematización de los fenómenos tal como se presentan en la realidad, huyendo de abstracciones que no cuadran con ella, el ingeniero es precisamente aquel que se encuentra más a menudo enfrente de una realidad concreta y debe basarse en ella para establecer sus previsiones y tomar decisiones adecuadas con la mucha o poca información que la realidad le proporciona.

Por otra parte, los problemas que la enseñanza de la Estadística presenta en relación con la totalidad de las materias que constituyen el bagaje cultural del ingeniero, pueden ser incluídos en dos capítulos diferentes. Podemos considerarla, desde el punto de vista matemático, como hemos dicho ya muchas veces, en tanto que operación inversa del Cálculo de Probabilidades, pero también, desde el punto de vista práctico, como una operación de análisis matemático que permite estudiar con la máxima precisión los fenómenos incompletamente conocidos, entre los que descuellan los fenómenos de la producción y los fenómenos económicos. Se podía, pues, incluir esta aportación al estudio de los problemas de la enseñanza de la Estadística en la sesión núm. 2 ó en la núm. 12. Hemos preferido, sin embargo, esta última, teniendo en cuenta el carácter especial que pensamos debe tener la enseñanza de esta disciplina para los técnicos superiores, por estar más cerca de lo que es el objeto de la Estadística, o sea el estudio de la realidad concreta.

En la enseñanza de la Estadística distinguiremos dos aspectos de interés equivalente: el carácter formativo y el carácter pragmático. Por el primero el estudiante toma contacto, quizá por primera vez, en la Escuela, con los fenómenos concretos que se producen en la realidad. El concepto del azar es todavía un concepto racional, abstracto, mientras se estudia dentro del Cálculo de Probabilidades: la probabilidad de aparición de una combinación de puntos en un juego de dados es, en efecto, un concepto matemático, como un vector o una entropía. El paso de lo abstracto a lo concreto se realiza entre el Cálculo de Probabilidades y la Estadística. Por esto, en su aspecto formativo, el profesor de Estadística tiene que realizar un cambio de criterio, nada fácil, en la mente del estudiante. De aquel mundo sólido pero irreal en que se presentaban todos los problemas que se le planteaban, debe pasar a un mundo verdadero, pero de contornos menos bien definidos.

Sin embargo, es en este mundo, en el cual la univocidad es excepcional, si no imposible, donde el ingeniero se mueve. Las variables físicas que podemos medir están recubiertas de errores, los factores que influyen en los resultados son a menudo poco o mal conocidos; partiendo de unos conocimientos ficticia y esquemáticamente precisos llegaremos, en la realidad, a resultados que sólo podremos casi asegurar, considerando ligada a ellos el aura de probabilidad de un intervalo de confianza.

Al lado de este nuevo concepto que el estudiante debe formarse de la realidad concreta mediante la Estadística, existe el aspecto práctico de su empleo, que deberá permitirle sacar el mayor provecho de la información contenida en las observaciones que recoja y en las experiencias que organice.

El equilibrio de estos dos aspectos es, desde luego, importantísimo, pero, en su propio beneficio, es conveniente dar en la enseñanza para Ingenieros una mayor importancia aparente al aspecto práctico de la Estadística, ya que mediante él, aumentará la receptibilidad de los alumnos a las nuevas ideas y conceptos que interesa asimilen. Así, por ejemplo, se dá mucha importancia en nuestros programas, al lado de los Modelos Probabilistas y de la Teoría de la Estimación, al Control Estadístico Industrial, a la Comparabilidad de Fabricaciones, a la Planificación de Experiencias y Análisis de la Variancia, al estudio de las relaciones entre factores, a los estudios econométricos, etc.

Estas mismas razones han aconsejado dirigiésemos las actividades marginales de la Cátedra de Estadística de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona, a los estudios de Aplicaciones Industriales y Económicas de la Estadística en su acepción más amplia.

Por ejemplo, desde el curso 1956-57 hemos organizado y dirigido, con la colaboración y patrocinio del Instituto de Economía de la Empresa, un Seminario de Estadística Aplicada, posteriormente ampliado a Seminario de Estadística Aplicada e Investigación Operativa. Los temas tratados han sido muy interesantes y variados, mereciendo especial mención los siguientes:



- D. E. Freixa: «Estudio de la Circulación urbana por sondeo.»  
 D. P. Mendizábal: «La Marca de Calidad y el control estadístico.»  
 D. A. Kaufmann: «La gestión industrial y los métodos de la Investigación Operativa.»  
 «Los métodos experimentales para el Estudio de los problemas de la economía de la empresa.»
- D. J. Figuerola: «El control del Inventario.»  
 «Estudio econométrico de un modelo de transporte.»
- D. M. Vergés: «La formación de Técnicos en los Métodos modernos de Control Estadístico.»
- D. J. Tolrá Guilera: «El problema de la atención de un conjunto de máquinas automáticas por un solo operario.»
- D. G. Briz Ibaseta: «Caso práctico de control de recepción.»  
 D. J. Bassa: «Aplicación de un modelo de aprovisionamiento.»
- D. P. Secorún: «Aplicaciones del cálculo operacional a los problemas de stoks.»
- D. F. X. Mora Mas: «Reserva de seguridad.»  
 D. A. Barella Miró: «La mejora de calidad de los hilos y los tejidos mediante el Control Estadístico.»  
 «Tolerancias comerciales y sondeos de calidad en hilatura.»  
 «Aplicaciones de la Estadística no paramétrica en la industria textil.»
- D. R. Velasco: «Ajuste de curvas por el método de los mínimos cuadrados.»
- D. P. Vidal Rius: «La determinación de tiempos «standard» en trabajos no repetitivos.»
- D. J. Torrens-Ibern: «Un análisis factorial de las arenas de moldeo.»  
 «Introducción a una tecnología de las decisiones.»  
 «Preparación y desarrollo de planes de experiencias para el estudio de regresiones múltiples.»

Patrocinados, también, por el Instituto de Economía de la Empresa y bajo nuestra dirección, se han celebrado dos cursos de formación en el Control Estadístico de la Calidad y otros dos de Introducción en las técnicas de Investigación Operativa. Estos últimos pueden especialmente ser considerados como enseñanzas post-escolares, complementarias de las dadas en la misma Escuela, habiéndose dirigido la atención, de una manera particular, sobre los temas más interesantes por su aplicación a la Organización

Industrial y Dirección de Empresas, tales como Programación Matemática, Teoría de Tiempos de Espera y Colas, Estudios de reposición de stocks y utilajes, Simulación, Teoría de los juegos, etc.

Estas cuestiones serán, además, introducidas en las enseñanzas normales de nuestra Cátedra en los próximos cursos.

Estos mismos temas, pero en forma más teórica, han sido desarrollados en años sucesivos en la Cátedra «Paulino Castells» de nuestra Escuela especialmente Programación Lineal, Teoría Matemática de los Juegos competitivos y Teoría de los Tiempos de Espera y Colas. En el curso próximo prevemos se desarrollen cursillos sobre procesos de Marcof y Teoría de los Grafos.

Finalmente, aunque esté todavía en período preparatorio, deseamos señalar el estudio iniciado conjuntamente con otros profesores de la Escuela de Administración de Empresas para organizar un juego de empresas que pueda servir en el próximo y sucesivos cursos a nuestros alumnos de las dos escuelas para ejercitarse en la toma de decisiones directivas en el campo industrial y administrativo.

Permítame ahora, para terminar, expresar mi completa adhesión a los conceptos de la ponencia que acaba de ser presentada. Con la conocida preparación de nuestros colegas era, de todos modos, previsible la brillantez de su exposición y la justicia de sus conclusiones.

Hay algo, sin embargo, que creo debería añadirse a los estudios indicados, en forma autónoma respecto a ellos, en una situación podríamos decir paralela: o sea unos estudios de «Extensión de Estadística y nociones de Investigación Operativa.»

En esta etapa de su formación los futuros técnicos han podido asimilar el paso de lo abstracto lo concreto que ha constituido el objetivo esencial de los estudios estadísticos situados en la primera parte de la carrera. Paralelamente, pues, a los estudios económicos se puede ahondar más y llegar al conocimiento de las nuevas técnicas estadísticas y de investigación operativa, tales como análisis econométricos, sondeos, programación matemática, teoría de la información, teoría de los tiempos de espera y colas, renovación de stocks y utilajes, teoría de los juegos, simulaciones, etc.

Estas técnicas, es verdad, están citadas en la documentada ponencia que acabamos de oír, pero considero, precisamente, que en beneficio de su asimilación conviene sean enseñadas en forma independiente de los temas económicos para que se tenga de ellas una visión más amplia y se conciban como herramientas de uso universal. Por consiguiente, como conclusión a mis palabras, me permito proponer la inclusión en los futuros planes de estudios de una «Extensión de Estadística y Nociones de Investigación Operativa» como complemento a las enseñanzas que se consideraron en la Ponencia de «Enseñanza de las Matemáticas», y como auxiliar inmediato de la enseñanza de los temas relacionados con la Economía y la Organización de la Producción.

**Sr. Castañeda.**—Es de alabar el propósito de la ponencia, en cuanto subraya la importancia de los estudios de Economía y de Organización de la Producción en las Escuelas Técnicas Superiores; aquéllos, para que los Ingenieros puedan comprender la significación de sus funciones y las relaciones que guardan con las demás actividades económicas; los de Organización, para que puedan disponer debidamente los diferentes factores que se aplican en los procesos productivos y coordinar y planear las tareas de la fabricación.

Sin embargo, aunque se admita la enumeración de materias propuestas para incluir en dichos estudios, pueden señalarse objeciones que estimamos dignas de ser tenidas en cuenta, en lo que se refiere a la agrupación de aquellas materias en asignaturas que pasen a formar parte de los planes de enseñanza de las referidas Escuelas.

Debe observarse, por una parte, que la ponencia no tiene en cuenta que las Escuelas Técnicas Superiores no han de conferir un solo grado académico, sino dos, el de ingeniero y el de doctor ingeniero. Por ello, las materias de carácter económico deben distribuirse entre las enseñanzas correspondientes a los dos grados, según las funciones que se suponga hayan de desempeñar los respectivos titulados.

Procede también tener en cuenta que la duración del curso en las Escuelas Técnicas Superiores, según los nuevos Reglamentos, es causa de que en las asignaturas de tres clases teóricas semanales se dé un total de clases en el curso que se acerca a las noventa. Puede tomarse como número plenamente efectivo el de ochenta. Si a éstas se añaden dos clases prácticas a la semana, resulta que cada asignatura puede abarcar un campo bastante extenso, con la ventaja de insistir y realizar la sistematización que enlaza los puntos fundamentales con las diversas aplicaciones.

En estas condiciones, la afinidad de las materias permite perfectamente que se distribuyan en un número de asignaturas mucho menor que el propuesto en la ponencia, haciendo más fácil su acoplamiento con los estudios técnicos que han de constituir la formación peculiar del ingeniero.

Estas razones aconsejan que en los planes de enseñanza para el grado de ingeniero se establezcan dos asignaturas de carácter económico, que podían denominarse «Teoría y estructura de la Economía» y «Organización de las empresas y de la producción».

La primera habría de comprender un curso general de Economía, en el que los estudios teóricos se completasen con los de las instituciones y la estructura de la Economía española. Esta asociación de los estudios de diferente carácter facilita la mutua comprensión, pues las abstracciones teóricas, necesariamente formales, adquieren contenido con las referencias de la realidad, a la vez que éstas son debidamente sistematizadas al tomar un soporte teórico. Las clases prácticas permitirían analizar la estructura económica española y encajarla en los moldes teóricos. En este curso figurarían, naturalmente, al lado de las otras Secciones, las dedicadas a la

teoría de la producción, con el análisis de los costes, y a la formación de los precios en los diferentes mercados.

En la asignatura de «Organización de las Empresas y de la Producción» quedarían comprendidas la organización y funciones de las empresas, con el tratamiento del factor humano y de los medios materiales de producción, así como el planeamiento, control y contabilidad de la empresa y de la fabricación. Los procedimientos que se aconsejan para resolver en la realidad las cuestiones que ofrece, así como el análisis y crítica de casos y ejemplos concretos, forman materia perfectamente adecuada para ser tratada en las clases prácticas.

Además de las dos asignaturas señaladas, y teniendo en cuenta que el grado de doctor en ingeniería debe encontrar su correspondencia en los más altos puestos de la jerarquía profesional, entre las materias que, aparte de la elaboración de la tesis monográfica de investigación, habrán de formar los cursos constitutivos de los estudios del doctorado, proponemos la inclusión de una asignatura que podía denominarse «Técnicas económicas de gestión de la producción», pudiendo ésta concretarse, según la Escuela, añadiendo la palabra «industrial», «agrícola», etc.

Si se admite la posibilidad de que en el ciclo del doctorado se cursen algunas asignaturas en otros centros docentes que la respectiva Escuela, debemos señalar que en el orden de conocimientos a que nos estamos refiriendo, tales estudios podrían cursarse en las Facultades de Ciencias Económicas.

Estas son las observaciones que enunciamos con el propósito de hacer compatible la importancia que debe concederse a los estudios económicos y de organización de la producción, con la extensión requerida por los de índole científico-natural y de aplicación técnica, característicos de las Escuelas de Ingenieros.

**Sr. Zulueta.**—En contestación al profesor Castañeda quiero decir que la ponencia no ha previsto los estudios de Economía y Organización de la producción en el período de doctorado, ya que entiende que la organización de tales estudios es objeto de otra ponencia aún no examinada y, por tanto, solamente cuando se haya sentado criterio sobre dicha cuestión se podrá considerar cuáles deben ser las materias o asignaturas que deben incluirse allí.

La ponencia no ha establecido un cuadro rígido de asignaturas que deberían ser explicadas todas en cada escuela, sino una lista de materias que con mayor o menor extensión y agrupadas de una u otra manera, según las conveniencias de la enseñanza, habrán de ser objeto de estudio en el período necesario para obtener el título de ingeniero. No estimo, por tanto, conveniente señalar, como lo hace el señor Castañeda, que tales estudios hayan de agruparse en solo dos asignaturas.

**Sr. González González.**—Considero que es imprescindible mejorar la formación económica de todos nuestros técnicos, pero creo que, dada la ampli-

tud que se pretende dar a estos estudios en la ponencia, tal vez fuera conveniente en cada caso pensar en una especialidad de carácter económico en las distintas Escuelas Especiales porque de otro modo estos estudios no harían más que recargar los planes de estudio ya de por sí muy sobrecargados. Ejemplos de varias direcciones de especialización económico-administrativa existen en muchas Universidades y Escuelas Técnicas del extranjero.

**Prof. Dresden.**—Una cuestión primordial. Puesto que los ingenieros habrán de enfrentarse con cuestiones económicas y sociales en el ejercicio de su profesión, ¿será necesario incluir estas cuestiones en el programa de las Escuelas? En general existe el peligro de que se añadan materias (incluso en los exámenes, lo que es muy peligroso) a las cuales yo no niego importancia pero que se aprenden preferiblemente en la experiencia diaria, puesto que en cuanto el estudiante comience a interesarse en ellas, hallará los caminos para su aprendizaje.

Pienso en las revistas, en los libros y, lo que es de primordial importancia, en la experiencia que los mismos profesores han adquirido en la práctica, y que pueden exponer de una manera quizás anecdótica en sus conferencias, indicando lo que han experimentado en los dominios sociales y económicos. Dejemos una parte de la «formación» de los ingenieros fuera de los programas.

**Sr. Ros.**—Coincido con la ponencia, en la necesidad de proporcionar la formación de estas materias en dos etapas, pero creo que en la primera, a falta de tiempo destinado en los planes de enseñanza, debe procurarse dar a estos estudios una tendencia a establecer la doctrina, es decir, a crear la conciencia, la preocupación por el problema en general. Considero que los ingenieros, en los que se ha despertado la preocupación por estos problemas, en el ejercicio de la profesión, son capaces luego de proporcionarse la capacidad necesaria. Ahora es frecuente recibir de los ingenieros de las Empresas petición de asistir a cursos de especialización.

Me muestro totalmente conforme con la orientación de la ponencia.

**Sr. de Inza.**—Creo que son muy interesantes las observaciones del profesor Dresden. No puede enseñarse todo en las Escuelas, ni sólo se aprende en las Escuelas; que no se nos desborde el vaso. Pero dejar la información económica de los futuros ingenieros al mero relato anecdótico de la experiencia vivida por sus profesores, sin despreciar el enorme interés humano de tales relatos, me parece poco. En mi opinión lo importante es que tal información sea intensa, humana y sobre todo sugerente. Que sea bastante para los que después tengan que profundizar en tales estudios, despertándoles su vocación; y no sea excesiva para los que por dedicarse a la ciencia aplicada tengan que olvidarla.

Hay que contar, además, como dice el profesor Dresden, con lo que se

aprende después de salir de la Escuela. El caso de Fayol, a quien conocí hace muchos años, me parece en ese sentido sumamente aleccionador.

Por todo ello, en resumen, creo que las dos asignaturas propuestas por el profesor Castañeda, enseñadas despertando aficiones e inquietudes, sembrando en una palabra, pueden ser suficientes para despertar la vocación de los futuros especialistas de lo general, y para dar la información económica que necesitan los que se mantengan en la técnica pura.

Sr. de la Sierra.—Me parece de mucho interés la alusión a Fayol, ya que sin duda es un ejemplo claro de haber aprendido con la práctica después de terminar la carrera. Pero el mismo Fayol, que fué un creador en su ya clásica obra de «Administración industrial y general» repite en varios pasajes que la «Administración» debe ser enseñada en las Escuelas de Ingenieros; puede decirse que es el problema que más le preocupa. Por otro lado convendría aclarar que la ponencia no intenta que se formen economistas en las Escuelas sino personas para «ocupar puestos de dirección». No puede confundirse la «economía» con la «dirección»; y el «economista» es un teórico como lo es el ingeniero y lo que se pretende es formar, para ejercer cargos de «directores». Si nos pusiéramos de acuerdo en esta distinción y con cuantos ingenieros desarrollan sus actividades como «directores» podríamos eliminar mucha discusión que sin duda alguna está resultando interesantísima.

Estoy completamente de acuerdo con lo dicho por el señor Zulueta en nombre de la ponencia. Pero quisiera añadir un pequeño comentario de orden práctico. El señor Castañeda ha dicho que está de acuerdo con las materias propuestas por la ponencia, pero que fueran incluidas en dos asignaturas, ¿cómo sería posible encontrar, dada la situación actual de tales materias, un profesor para cada mitad?

Sr. de Inza.—Sólo dos palabras refiriéndome a la amable alusión de Fermín de la Sierra. A la mente se me vienen la frase de Goethe: «No todos los caminos son para todos los caminantes.» Aunque enseñemos igual, no todos asimilarán lo mismo. Por eso, entre la tendencia exhaustiva de dar una formación completa en economía y sociología, y la idea del profesor Dresden de confiar dichos conocimientos a explicaciones eventuales y a lo que se aprenda después, me inclino, como he dicho, por la solución intermedia propuesta por el profesor Castañeda: dos cursos completos, con buenas lecturas, bien aprovechados, pueden ser suficientes.

En mis clases de la Universidad insisto mucho en la diferencia esencial entre economía y técnica. Acordándonos de tal distinción creo que no es difícil dar a los estudios económicos en la Escuela Técnica Superior la profundidad y extensión que conviene a la mayoría. Si algunos quisieran profundizar más, como alguien ha sugerido, podría hacerlo, tal vez, en el doctorado como una especialidad determinada, sin quitar a los otros el tiempo que necesitan para sus estudios más peculiares.

**Padro Chacón.**—Recojo la sugerencia del señor secretario (G. González) y estimo que podría ser más útil establecer una nueva especialidad de ingenieros administrativos (al modo de los ingenieros industriales de EE. UU.) por ser de demasiada importancia para estudiarse de modo adicional a las enseñanzas técnicas sin perjuicio de que en las Escuelas se deben dar esos conocimientos económicos.

**Sr. Prats.**—Considero excesiva, en general, la preparación que se propone la ponencia en los temas económicos. En este sentido la sugerencia presentada por el señor Castañeda me parece muy realista y práctica, agregando o considerando la legislación como materia distinta, pero indispensable.

Las dos asignaturas de carácter general económico prepararán suficientemente al futuro ingeniero para, cuando lo necesite, ultimar su especialización en materia económica.

En el doctorado se podrán desarrollar tesis de índole económica a preparar en los Centros de enseñanza especializados.

**Sr. Zulueta.**—En contestación a lo expuesto por varios señores asambleístas deseo informar que en los planes de estudio que se están elaborando para la carrera de ingeniero agrónomo, además de una asignatura fundamental de Estadística, está prevista otra de Métodos Estadísticos diferente para cada una de las cuatro secciones de especialización que van a establecerse. Una de estas secciones, titulada de Economía y Sociología agrarias, trata de formar ingenieros con una preparación específica para desempeñar determinados puestos de dirección.

Insisto en que dos asignaturas resultan insuficientes, al menos para la formación de los ingenieros agrónomos, cuyo actual plan de estudios ya contiene más. Y conviene que las asignaturas de este grupo queden repartidas a lo largo de toda la carrera para que los alumnos no olviden que un criterio económico debe presidir todas sus actividades profesionales.

**Sr. de la Sierra.**—En nombre de la ponencia podría contestarse, pidiendo perdón a los señores que han intervenido, considerando las materias expuestas en tres grupos.

Los señores Dresden, Inza y Prats son partidarios de dar una visión general de estas materias.

El señor Ros coincide con la ponencia y el padre Chacón cree, como anteriormente había expuesto el señor secretario, que debería irse, dentro de las Escuelas, a una especialización en Economía y Administración.

La ponencia ha estudiado la orientación existente en países más adelantados económicamente, como EE. UU., donde efectivamente se va a una especialización análoga a la citada por el padre Chacón. Por ejemplo, en el M. I. T. y en el Instituto de Tecnología de Carnegie entre otros.

Sin embargo, dada la situación actual de estas materias en las Escuelas Técnicas Superiores parece más adecuado tomar una solución intermedia

entre dicha situación actual y la de los países más adelantados. En este sentido ha sido desarrollada la ponencia que en realidad está en la mitad de las propuestas del primero y tercer grupo de intervenciones a que se contesta.

**Sr. Orbaneja.**—Considero fundamental que los ingenieros, al menos los industriales, que al terminar la carrera van en su mayor parte a mandar secciones, tengan los conocimientos que proponemos en la ponencia.

Ello es compatible con que haya una especialidad de «ingeniería industrial».

**Sr. Sanguino.**—Dado que lo que se trata es de la formación de hombres de empresa debe darse importancia a los estudios de contabilidad, ya que ella proporciona datos y resultados muy dignos de tener en cuenta por aquéllos.

**Sr. Boente.**—Estoy completamente de acuerdo con lo manifestado por los señores Sierra y Orbaneja y, además del citado estudio sobre el número de ingenieros que al salir de la Escuela desempeñan puestos directivos, sería interesante otro estudio para conocer el porcentaje de horas dedicado a estas materias en las Escuelas de los países más adelantados.

**Sr. de los Ríos.**—Estoy de acuerdo con la ponencia, pero quisiera hacer observar que tanto los señores componentes de la misma como otros que han intervenido en la discusión han analizado la composición de materias según su punto de vista profesional y así, el representante de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos ha expuesto la importancia que para ellos tiene la Economía, el de la de Montes, la parte Contabilidad, e Industriales la de Producción, etc. Por su parte, como representante de Ingenieros Navales, señalo la de la producción.

Por todo ello, creo que cada Escuela debe tener libertad —de conformidad con la parte señalada— para dar la extensión que crea más oportuna a cada una de las materias fijadas.



## TENDENCIAS ACTUALES DE LA ENSEÑANZA COMO CONSECUENCIA DEL DESARROLLO CIENTIFICO Y TECNICO

Dr. H. L. Haslegrave

Voy a exponer brevemente, en el presente trabajo, parte de los cambios que durante estos últimos años ha sufrido el sistema de enseñanza en Inglaterra y Gales y, refiriéndome especialmente a la enseñanza técnica, voy a presentar los problemas que existen y las soluciones que para ellos se han considerado y ensayado. Creo que los asistentes a esta conferencia conocen la estructura general del sistema de enseñanza en Inglaterra y Gales (hay diferencias notables en Escocia, Norte de Irlanda y en el Eire), pero considero que, debido a la complejidad de nuestro sistema, pueden surgir dificultades para comprender alguno de sus aspectos. Quizá en el curso de la discusión puedan eliminarse éstas.

No es necesario subrayar que la Ciencia alcanza ahora a todos los ámbitos de la vida y que esto ha conducido a un mayor conocimiento de los principios científicos en la mayoría de los países; al aumento del número de personas que, en todo el mundo, se dedican al estudio de la ciencia y sus aplicaciones; al perfeccionamiento de los medios para el intercambio de conocimientos entre distintos países: al mejoramiento de los medios de fabricación y a la demanda creciente del público por la producción científica. Gran Bretaña, lo mismo que otros muchos países, se ha dado cuenta de la necesidad de realizar cambios radicales en su sistema de enseñanza. Los objetivos principales que estos cambios deben alcanzar son:

1. Ampliar la enseñanza de su juventud.
2. Fomentar la dedicación de un sector mayor de su juven-

tud mejor dotada al estudio intensivo de la Ciencia y de sus aplicaciones.

3. Proporcionar el tipo de enseñanza y preparación más adecuados a las diferentes clases de personas que deseen adquirir conocimientos científicos y técnicos superiores para su aplicación posterior a la industria, comercio y otras fases de la vida para el mayor bienestar del individuo y de la sociedad.

Creo que en esta conferencia el tercer objetivo es el que interesa principalmente; pero como el mejoramiento del individuo y la sociedad depende casi en su totalidad de que se hayan conseguido los dos objetivos primeros, debo explicar, ante todo, lo que se está haciendo y lo que se ha realizado para alcanzarlos. Sería necesario otro trabajo adicional para tratar convenientemente cada uno de ellos. Esto da la razón de por qué esta exposición va a consistir solamente en un esquema.

#### 1. Ampliación de la enseñanza.

Sería deseable que todos los ciudadanos, en un país altamente desarrollado, entendieran los conceptos básicos de la ciencia para poder hacer uso de las aplicaciones prácticas de los mismos a las necesidades de la vida diaria y, lo que es más interesante todavía, para que la sociedad ejerza una sabia influencia sobre las decisiones que sus jefes de gobierno toman sobre asuntos científicos de interés nacional o internacional. La organización de escuelas y la distribución de sus cursos se están llevando a cabo de forma que todos los chicos estudien Ciencias en las escuelas y algunos lo hagan con más profundidad en el «sixth Forms».

La Ley de Enseñanza de 1944 crea un modelo de escuelas secundarias (once a dieciocho años) que intenta conseguir que los chicos se eduquen en la forma que más convenga a sus aptitudes, pero dejando una gran libertad a las autoridades docentes y profesores. Por ello los términos de la Ley no se han llevado a la práctica de una manera completa ni uniforme en todo el país. La edad reglamentaria para finalizar la educación secundaria es de quince años y todavía no se ha hecho obligatoria su prolongación hasta

los dieciséis años. Se ha pretendido crear tres tipos de escuelas —«Modern», «Technical» y «Grammar»— para que, por medio de pruebas adecuadas, los chicos sean seleccionados de acuerdo con sus aptitudes e inclinaciones; pero han surgido tantos inconvenientes en la realización de las pruebas a satisfacción de padres, maestros y aun de los mismos chicos, que se han ideado variaciones en estos tres tipos de escuelas —y ya se están ensayando algunas de ellas— tales como la «Comprehensive School», la «Bilateral» y la «High School». Se ha observado que, generalmente, en nuestro país un chico debe permanecer, por término medio, más de cuatro años en una escuela secundaria para que pueda salir de ella con una educación general sólida en la que se incluya el estudio de las ciencias. En la actualidad, muchos chicos (el 22 por 100 a los dieciséis años) continúan en la escuela después de haber llegado a la edad reglamentaria en que termina su educación y, en las escuelas secundarias «Modern», los cursos para estos chicos están organizados de forma que se adapten a sus preferencias y aptitudes.

Los factores que influyen en la decisión de los padres de que sus hijos continúen en la escuela después de los quince años, son: el estímulo y orientación que reciben de los maestros; que padres y alumnos comprenden mejor las carreras que pueden elegir y el tipo de preparación adecuada a las mismas; y la mejor situación económica de los padres y su mayor conocimiento de sus deberes para con la comunidad.

Las razones anteriores, unidas al aumento de facilidades para cursar estudios en colegios y universidades, han originado el aumento de un 85 por 100 de alumnos inscritos en las «sixth forms» de las «Grammar Schools». El plan de estudios de los cursos «sixth forms» se está variando para que comprenda también un estudio profundo de los temas científicos además del correspondiente a las materias no científicas.

La extensión de la enseñanza científica en las escuelas, en todas sus etapas, depende de muchos factores: disponibilidades de personal docente, de laboratorios y de material, de los programas de examen para la obtención del Certificado de Estudios Generales —General Certificate of Education— y de las condiciones específicas

exigidas para el ingreso en las distintas universidades. Las asignaturas estudiadas en los cursos de las «Grammar Schools» dependen muy especialmente de las condiciones para el ingreso en las universidades; y como éstas no desean prolongar la duración de sus cursos (tres años, por lo general, para la obtención del título de Bachelor), pero tampoco están dispuestas a aceptar para el ingreso en una Facultad de Ciencias unos buenos conocimientos de materias no científicas en vez de un estudio profundo de alguno de los temas científicos exigidos, es este el tipo de enseñanza que se da en dichas escuelas.

Las «Modern Schools» preparan a sus alumnos principalmente para los exámenes que conducen a la obtención del Certificado de Estudios Generales y orientan sus enseñanzas, para estudiantes entre los quince y dieciséis años, en este sentido.

Son factores decisivos en el desarrollo de la enseñanza científica, en todos los tipos de escuelas, las disponibilidades de personal docente y de laboratorios. El país ha intentado, a partir de 1945, proporcionar edificios adecuados y profesores capaces de suministrar las enseñanzas propugnadas por la Ley de Enseñanza de 1944, de reconstruir las escuelas destruidas o deterioradas por la guerra, de sustituir las escuelas anticuadas y ampliarlas para que sean capaces de contener una población escolar muy superior a la de 1938.

Durante el período 1945 a 1952, el país contaba con pocos recursos para la construcción de edificios, por lo que en dicho período el progreso en este sentido fué relativamente lento y como se prevé que para el período 1970-80, tendrá que enfrentarse con otro aumento de población escolar no ha sido posible todavía dotar de laboratorios científicos adecuados a todas las escuelas. Se han hecho progresos importantes y la industria ha contribuído con su ayuda directa a la adquisición de material para algunas de ellas. Las escuelas que no están financiadas totalmente o en gran parte por el Estado son las que han experimentado mayores dificultades para la adquisición de buenos laboratorios; sin embargo, muchas de ellas han recibido ayuda de la industria mediante fundaciones especiales creadas con este fin.

Existe en la actualidad una grave crisis de personal docente,

científico y matemático. Se han aumentado los sueldos, pero no lo suficiente, en relación con los dados por la industria, y se están haciendo muchas mejoras, cuando se dispone de dinero, en los medios de enseñanza, incluso aumentando el número de ayudantes en los laboratorios y proporcionando al personal docente medios de descanso y distracción, como salones, etc. Se ha tratado también de encontrar formas de elevar el concepto en que tiene al profesorado la opinión pública.

## 2. *Fomento del número de estudiantes que han de seguir estudios científicos largos e intensos.*

La tendencia actual de que los chicos permanezcan más tiempo en las escuelas para perfeccionar su enseñanza, ha despertado en muchos la afición por los estudios científicos y el deseo de conocer las posibilidades que ofrecen las carreras científicas.

Existe ahora un contacto mayor entre las escuelas y la industria creado por personal de la misma que presta colaboración en los órganos directivos de las escuelas; por maestros y alumnos de grados superiores que se dedican a organizar escuelas en instituciones industriales y a trabajar en ellas durante las vacaciones y por conferencias entre los representantes de la industria y de las escuelas. Entidades y asociaciones industriales han preparado películas, en las que se muestran los principales adelantos científicos y técnicos, para su proyección en las escuelas. La prensa y los organismos profesionales dan a conocer, en publicaciones que se distribuyen en las escuelas, las posibilidades de las diferentes profesiones y describen los métodos a seguir para alcanzar los conocimientos y la práctica necesarios. Numerosas firmas industriales han preparado folletos en los que se expone la experiencia y las oportunidades que ofrece el trabajo en ellas. Como consecuencia de esto, se ha producido un cambio muy significativo en la actitud de las escuelas y de los padres de familia hacia el estudio de carreras de aplicación industrial, pero quedan todavía muchos que precisa superar.

Aunque el fin principal perseguido por la industria al tomar estas medidas es el de conseguir que un número mayor de estu-

diantes, con capacidad para los estudios científicos, basen sus futuras carreras en estos estudios, también la anima el deseo sincero de conseguir que los jóvenes adquieran unos conocimientos más amplios y lleguen a comprender que el estudio de la ciencia es una disciplina intelectual por derecho propio.

3. *Proporcionar a todas las personas el tipo de enseñanzas y preparación más adecuados.*

Durante los años de la guerra y los subsiguientes de las post-guerra se hizo evidente que para la educación y desarrollo del país, precisaban una mejora en las enseñanzas científicas y disponer de un número mayor de personas en posesión de estos conocimientos y capaces de darles aplicación práctica. Fué necesario, ante todo, hacer un estudio de la magnitud de la tarea a realizar, antes de decidir un plan de acción en escala nacional. Mediante la creación de comisiones nacionales y de investigaciones realizadas por parte de departamentos gubernamentales, organizaciones profesionales y particulares se ha tratado de:

a) Estimar el número de científicos y técnicos, de las distintas especialidades, que serán necesarios en un futuro inmediato y posteriormente.

b) Hacer inventario de los recursos de que dispone el país: edificios, equipos, profesorado, experiencia, etc.

c) Decidir la mejor forma de poder emplear rápidamente estos recursos.

d) Decidir cómo podría conseguirse una ampliación, a largo plazo, de los medios de enseñanza y preparación.

e) Decidir los medios y dinero (es decir, el porcentaje de la renta nacional del país) que se podrían dedicar anualmente a esto, durante un período aproximado de cinco años.

f) Planear con detalle los cursos de enseñanza y las ampliaciones de edificios, equipos y profesorado necesarias.

Estas consideraciones se han hecho respecto a los científicos y técnicos principalmente, puesto que la necesidad de éstos es más urgente que la que existe en relación con cualquier otro tipo de profesión y porque estas necesidades son susceptibles de calcular-

se con más precisión. Sin embargo, como no ofrece duda que los técnicos precisan la ayuda de un número correspondiente de peritos y obreros especializados debe incluirse también, en el plan general, su selección, preparación y enseñanza. No dispongo del tiempo necesario para detenerme a explicar lo que se ha hecho en este campo tan importante.

La comisión Barlow recomendó en 1946 que se duplicara la salida de estudiantes de las universidades tan rápidamente como fuera posible, y esto se consiguió en 1950. La comisión Zucherman examinó la demanda de científicos e ingenieros en un campo muy extenso y en 1956 presentó un informe en el que se señalaba la necesidad de volver a aumentar en un 60 por 100 el número de éstos para 1966. En un informe posterior (de 1959) de esta comisión se sugiere que para 1970 las necesidades serán tales que deberá duplicarse para aquella fecha el número de ingenieros y científicos que salgan de las universidades o escuelas.

Los centros de que se dispone para impartir estas enseñanzas son: las universidades (11 en 1945 y 19 ahora) que dan cursos de tres o cuatro años de duración completa (full time), al cabo de los cuales se obtiene el título de «Bachelor of Science» o «Bachelor of Arts»; y las Escuelas Técnicas (Technical Colleges), cuyo número es superior a 200. Estos últimos dan cursos de dedicación parcial «part time» diurnos y nocturnos, mediante los cuales se consiguen los certificados «Ordinary» y «Higher National»; otros cursos en los que se dan las enseñanzas necesarias para pasar el examen en los Institutos profesionales (Instituto de Ingenieros Mecánicos, Electricistas, etc.) que conceden una calificación de categoría profesional; cursos de plena dedicación o cursos «sandwich» para obtener el diploma «Higher National» o el propio de la Escuela; y, por último, cursos de dedicación parcial o total que responden a los programas para conseguir el grado externo de B. Sc. o B. A. de la Universidad de Londres.

Se ha decidido ampliar las universidades para que puedan cubrir parte de las necesidades pero hacer también uso de las Escuelas Técnicas para que cubran el resto. Las universidades, que contaban con 94.600 estudiantes en el curso 1957-58, van a ser ampliadas de forma que puedan acoger en sus aulas 136.000 al fi-

nalizar la década de los 60 y 175.000 al principio del período 1970-80. Este aumento va a orientarse principalmente a las facultades de ciencia y tecnología de forma que para fines de la década 1960-70, 28 por 100 de los estudiantes estudien ciencia y 18 por 100 se dediquen a los estudios técnicos.

Esta velocidad de crecimiento crea múltiples problemas. Debe aumentarse el número de universidades y ampliar la mayoría de las ya existentes hasta poder recibir 4.000 ó más estudiantes, reduciéndose así el contacto entre el profesor y el alumno, tan beneficioso para su formación. Hay que estudiar los métodos más eficaces para orientar al estudiante y permitirle ampliar su cultura; debe elaborarse un sistema para el reclutamiento y conservación de un personal docente bien capacitado; y deben considerarse, también, los problemas de orden administrativo que puedan surgir como consecuencia de este gran número de estudiantes.

Las tareas encomendadas a las Escuelas Técnicas son muy diversas y comprenden medios de recreo para personas adultas; la continuación de la Educación general para adolescentes; enseñanzas profesionales para obreros semi-especializados, artesanos y técnicos de diversos grados en distintas materias y profesiones. Se pensó que podría obtenerse un aprovechamiento mejor de los recursos proporcionados por las Escuelas Técnicas, asignando a cada una el tipo y naturaleza de los cursos que podrían ofrecer, pero permitiéndoles una cierta flexibilidad. De esta forma las Escuelas Técnicas se designan ahora de acuerdo con la esfera en la que se desenvuelve su labor: Locales, Comarcales, Regionales y las Escuelas Superiores de Tecnología (Colleges of Advanced Technology). Cuanto menos elementales son las Enseñanzas impartidas tanto más costosos son los medios que se precisan y tanto más experimentado y capacitado ha de estar el personal docente; características éstas que son las correspondientes a los dos últimos tipos citados.

Aunque esta división de la tarea a realizar no ha sido totalmente aprobada por los profesores y administrativos de estas Escuelas se está llevando a cabo gradualmente mediante una labor de persuasión y mediante el amplio control ejercido por el Ministerio de Educación. Este control se ejerce parcialmente mediante



la concesión de créditos para la construcción de edificios, la adquisición de material de enseñanza moderno y para el profesorado. De esta forma el Gobierno impulsa a que el número de técnicos salidos de estas Escuelas aumente de tal forma que si en 1956 finalizaron sus estudios 9.500 estudiantes, en 1970 lo hagan 17.000; en cuanto a obreros especializados, artesanos y peritos técnicos que asisten a cursos de dedicación parcial se espera que en 1970 habrá unos 710.000 estudiantes en lugar de los 335.000 que había en 1956.

La industria necesita, y ya está utilizando, personal profesional con preparación y enseñanzas muy diversas; graduados universitarios en Artes, Ciencias puras y Tecnología, pero también los que hayan obtenido Diplomas o Certificados en los diferentes cursos que se siguen en las Escuelas Técnicas.

La demanda de ingenieros está siendo cubierta mediante un aumento del 100 por 100, basado en los datos de 1956, de las plazas disponibles en las Universidades, además de un aumento del número de los admitidos a los cursos para el Certificado «Higher National», en los Colegios Regionales y del aumento de plazas en las 10 Escuelas Superiores de Tecnología que en la actualidad hay. Se ha decidido utilizar un pequeño número de Escuelas Técnicas, además de las Universidades, para la formación del crecido número de ingenieros necesarios; en parte, porque las Universidades no pueden ampliarse con la rapidez requerida para satisfacer la demanda, sin sufrir graves desequilibrios entre la Tecnología y las demás ramas de estudios; pero, además, porque la mayoría de los «tecnólogos» que hacen falta pueden prepararse mejor en las Escuelas. El país necesita más hombres que, por sus conocimientos, preparación y visión del futuro, puedan apreciar rápidamente las posibles aplicaciones de la ciencia y, al mismo tiempo, proyectar y llevar a la práctica estas aplicaciones.

Las Universidades tienen que enfrentarse con muchos problemas, algunos de los cuales hemos mencionado ya; otros, relacionados con la modificación de sus cursos en función de los modernos progresos de la Ciencia y de la Técnica. Pero la evolución correcta de las Escuelas Superiores de Tecnología constituye uno de los factores más críticos en el adelanto del país. Hasta la fecha, no se ha designado para ellas ningún patrón; se espera que cada

una desarrolle su propia línea de acción basándola en su experiencia del pasado y su visión de las necesidades del futuro.

El fin de estas Escuelas Superiores de Tecnología es conseguir que los estudiantes lleguen a ser científicos o técnicos que:

- a) Posean una sólida formación básica en los principios de las matemáticas, física y química.
- b) Puedan, con plena seguridad, aplicar estos principios a la técnica de su especialidad.
- c) Puedan enfrentarse con problemas nuevos con imaginación e iniciativa y aplicando métodos científicos.
- d) Conozcan con competencia el uso del idioma inglés, ya sea hablado o escrito.
- e) Sean personas de la más alta integridad profesional y personal.
- f) Sepan cumplir con sus obligaciones profesionales y desenvolverse educadamente en el mundo actual.

La enseñanza dada a los estudiantes es, como puede verse, la correspondiente a un hombre íntegro en todos sus aspectos y, por eso, las Escuelas consideran que el comportamiento de los estudiantes, fuera de las clases y laboratorios, es un factor importante en su educación. En consecuencia, se están construyendo residencias, salones para reuniones sociales, gimnasios y salas de estar para satisfacer de esta forma una de las principales aspiraciones de la educación. Hay otras tres facetas importantes que considerar en ella:

- a) El tipo de la enseñanza dada en clases y laboratorios.
- b) Las perspectivas generales dentro de la escuela.
- c) Las prácticas en la industria.

a) Es necesario proporcionar, en cada curso, un equilibrio correcto de los principios de la ciencia y de la tecnología y de sus aplicaciones, técnicas y prácticas. La efectividad, a largo plazo, del estudiante se basa en su comprensión de estos principios, reforzados por sus aplicaciones prácticas. Durante sus primeros años de trabajo en la industria su efectividad dependerá de la familiaridad que posea con las técnicas y práctica de su trabajo; siendo

éstas de la máxima importancia para que adquiera una visión amplia del mundo y la técnica actuales.

Las Escuelas no han llegado todavía a un acuerdo unánime acerca de cómo podría llegarse a este equilibrio; sin embargo, hay una fuerte tendencia a dar a estos principios una consideración mayor que en el pasado y suprimir las barreras que, por tanto tiempo, han existido en las enseñanzas de las diferentes ramas de la técnica.

b) Es necesario que la mente del estudiante se desarrolle en tal forma que busque por sí solo, casi inconscientemente, las posibles aplicaciones de un principio y el desarrollo de los mismos en procesos y cosas concretas. Por esta razón, la enseñanza debe basarse en aplicaciones prácticas y no en circunstancias sintéticas o artificiales. De aquí que, a ciertas alturas de su formación, deban complementar sus estudios con experiencias realizadas en instalaciones industriales.

Los profesores deben poseer una visión práctica de las cosas; ser capaces de ver posibilidades de aplicación, estar al tanto de los adelantos de la industria y prever los conocimientos que serán necesarios para satisfacer las necesidades futuras de la misma a plazo más o menos largo.

Las medidas que estamos tomando para conseguir este propósito son las siguientes: reclutar personal docente entre individuos que tengan experiencia industrial, enviar otros a las fábricas por períodos de tiempo, cortos o largos, e incluso enviar algunos al extranjero; fomentar que los profesores emprendan trabajos de investigación para la industria o actúen como asesores de la misma; y conseguir que el personal que trabaja en la industria se encargue de parte de la enseñanza.

Las dificultades que se experimentan para el reclutamiento de un profesorado idóneo son aún mayores que las que indiqué cuando me refería al problema de encontrar profesores de matemáticas y ciencias para las Escuelas de Enseñanza Media. Se están ensayando soluciones análogas a las propuestas para solucionar aquel problema; pero, aun cuando la opinión pública considere que los profesionales consagrados a la enseñanza están a la misma altura

que los que se dedican a la industria, el número de los que están capacitados para enseñar bien es muy inferior a las necesidades del momento.

c) Los fines de las prácticas en la industria, particularmente en el caso del ingeniero, son ahora mucho más amplios que los de hace unos años. Tienen por objeto darle un conocimiento exacto de las limitaciones y posibilidades de las herramientas manuales y de las máquinas-herramientas (desde el punto de vista del ingeniero); una comprensión e interpretación de los procesos y sistemas de fabricación; un conocimiento de los tipos de personal empleado en la industria, y una mejor comprensión de la naturaleza humana. Desarrollando así una visión de los hechos flexible, progresiva y práctica, una mentalidad analítica y crítica y consiguiendo, finalmente, un mejor entendimiento de los principios aprendidos en sus estudios académicos.

Las Escuelas Superiores de Tecnología han planeado sus cursos de forma que los estudiantes deban dedicar, por lo menos, el tiempo equivalente a un año en adquirir una experiencia práctica en la industria (una de estas escuelas proporciona parte de esta preparación práctica en sus propios talleres). Estas prácticas de los estudiantes están planeadas conjuntamente por las Industrias y la Escuela y responden a los fines antes señalados. Se están tomando medidas para que mientras dure esta preparación práctica el estudiante mantenga su capacidad intelectual en actividad, para lo que se le aconsejan ciertas clases de lecturas, se le dan proyectos a realizar y se le ayuda a entender los principios en que se basan los procesos o la máquina en los que está trabajando; y, en algunos casos, considerando su trabajo como prácticas de laboratorio, aunque hayan sido realizados en la industria en vez de serlo en los laboratorios de la escuela. Los profesores de la escuela mantienen un contacto personal con el estudiante y, con frecuencia, éste trabaja bajo la dirección personal de algún representante de la empresa que actúa en colaboración íntima con los profesores de la escuela.

Las prácticas en la industria crean tanto a la escuela como a la industria una serie de dificultades que no existían en el pasado.

La escuela necesita personal adicional para organizar y planear estas prácticas y mantener el contacto con los estudiantes mientras éstos trabajan en la industria. Esta necesita también un personal más numeroso por las mismas razones y se encuentra además con dificultades para proveer el número de plazas suficientes. La mayor parte de estas prácticas se realiza en las industrias grandes, pero ahora se está ejerciendo presión para que las pequeñas, reuniéndose en grupos, colaboren también a esta labor y poder disponer así de más plazas. También se está convenciendo a las escuelas para que organicen cursos «sandwich». Este tipo de cursos soluciona, en parte, la escasez de plazas, porque mientras un grupo de alumnos pasa los seis primeros meses de su curso en la escuela y los seis siguientes en la industria, otro grupo lo hace a la inversa; es decir, pasa los seis primeros meses en la industria y los otros seis en la escuela. Naturalmente que este sistema aumenta las dificultades administrativas, pero con él se aprovechan mejor las posibilidades que ofrece la industria.

En las Escuelas Superiores de Tecnología el estudiante adquiere, al terminar sus estudios, el Diploma de la Escuela o el Diploma en Tecnología («Dip. Tech.») (con pocos cursos los estudiantes están preparados para obtener el grado externo de la Universidad de Londres). En 1955 el Ministerio de Educación nombró un Consejo para que creara un grado que, aunque diferente, tuviese la misma categoría de los grados con honores (Honours Degree) concedidos por las universidades. Como resultado de esto, se creó lo que hoy se llama el «Dip. Tech.» y los cursos establecidos para conseguirlo deben incluir, por lo menos, un año de prácticas en la industria. Las Escuelas Superiores de Tecnología no han adoptado todavía un patrón único para alternar esta preparación práctica con la enseñanza académica y tampoco están completamente de acuerdo con el nuevo diploma. Lo que, en parte, se debe a que puede seguirse, siguiendo cursos en otras escuelas y también a que el público en general considera todavía que los grados concedidos por las universidades tienen más categoría.

*Cursos de postgraduados.*

Se considera que la enseñanza de un científico o de un «tecnólogo» no termina cuando se consigue un grado o diploma. La mayoría de los «tecnólogos» deben realizar un año o más de prácticas en la industria, después de dejar la universidad o la escuela y continuar estudiando durante todo este tiempo para que pueda considerárseles como profesionales capacitados.

Sin embargo, está cada vez más extendida la idea de que el ingeniero solamente adquiera los conocimientos básicos mientras estudia su carrera y que en el transcurso del ejercicio de su profesión necesitará, de vez en cuando, hacer estudios especializados de un tema particular. Pueden producirse estas ocasiones porque surjan nuevos tipos de tecnologías científicas —lo que cada día es más frecuente—, de nuevas técnicas o aplicaciones. Las Universidades, las Escuelas Superiores de Tecnología y las Escuelas Técnicas Regionales cubren estas necesidades de dos formas. Las escuelas organizan cursos nocturnos (o cursos breves de dedicación completa) sobre materias científicas, técnicas o administrativas. Las universidades y Escuelas Superiores de Tecnología organizan cursos completos de mayor duración sobre temas que requieren un estudio regular e intenso a un nivel superior —Energía nuclear, Tecnología del hormigón, Instrumentación y Control y administración—. Estos cursos están destinados principalmente a graduados que ya tienen una buena experiencia industrial y su duración es aproximadamente de un año. Estos cursos deben estar bien organizados, con profesores capacitados e impuestos en los temas (con frecuencia cedidos por la industria, en la que ocupan posiciones destacadas mientras dura el curso) y disponer del material más moderno. Como puede verse, estos cursos son muy costosos, por lo que es muy interesante evitar que se repitan innecesariamente.

La industria encuentra por ahora dificultades para prescindir de sus técnicos durante un año para que puedan seguir estos cursos de especialización, y por eso algunas escuelas los han dividido de forma que puedan llevarse a cabo en períodos de tiempo más

cortos (por ejemplo, un trimestre) durante varios años sucesivos. A medida que la industria disponga de un número mayor de científicos y técnicos se reducirán las dificultades para poder prescindir de parte de su personal.

Es también probable que el número y extensión de estos cursos para postgraduados aumente considerablemente para permitir que los técnicos puedan adquirir conocimientos especializados cuando los necesiten; es decir, en cualquier momento de su vida profesional. Por consiguiente, los estudios realizados mientras estudia su carrera deberán capacitarle para poder seguir aprendiendo de una manera continua en la forma indicada.

### *Resumen general.*

Poco a poco el país ha llegado al convencimiento de que la ciencia es una disciplina intelectual con derecho y personalidad propias y que todos sus hombres jóvenes deben poseer ciertos conocimientos científicos. Se están aumentando los medios para facilitar este estudio, pero la velocidad de su desarrollo depende de los recursos que el país puede disponer para este fin y de la velocidad con que se pueda preparar y reclutar a los profesores.

El país requiere, pues, un aumento considerable en el número de sus hombres de ciencia y de técnicos con conocimientos básicos y capaces de aplicar las técnicas modernas. La tarea inmediata consiste en hacer los ajustes necesarios para que la enseñanza y las profesiones técnicas evolucionen hacia un nuevo modelo. En este camino se han hecho ya considerables progresos.

## D I S C U S I O N

Prof. Russell.—Estoy de acuerdo con casi todo lo que ha dicho el profesor Haslegrave, pero expresa algunas ideas que podrían decirse en forma diferente. En particular, estoy de acuerdo en que un graduado podrá probablemente conseguir un sueldo inicial superior que el de un estudiante de una Escuela Técnica, pero después de unos años sólo se tiene en cuenta la mayor o menor capacidad y gana el «mejor». No puedo estar de acuerdo en que el estudiante de un curso «sandwich» pueda equipararse a un estudiante de un «Honours Degree». Uno ha realizado un estudio académico

exacto durante tres años y el otro ha trabajado dos años en la industria y otros dos en la Escuela. Obsérvese que no estoy opinando acerca de cuál es el mejor; sólo quiero decir que no pueden considerarse como iguales.

**Dr. Dresden.**—Deseo indicar que la «digestión mental» de los conocimientos últimamente ingeridos puede ser muy aliviada mediante una cierta permanencia en la industria. La ciencia o conocimiento bien distribuido y administrado en pequeñas dosis es mucho mejor aprovechado que si se toma una cantidad demasiado concentrada.

**Prof. R. L. Russell.**—La analogía del profesor Dresden es muy buena y describe perfectamente la situación de la Universidad. Un estudiante de la Universidad pasa veintiocho semanas del año realizando un estudio académico y unas ocho semanas trabajando en la industria, esto último durante las vacaciones de verano. Así es como aprende lo referente a la industria y tiene tiempo para «digerir» lo aprendido. Es, en efecto, una especie de curso «sandwich», pero la diferencia está en la consistencia del relleno. Aun no se posee experiencia suficiente sobre el «sandwich» de los Colegios Técnicos para poder deducir si los ingredientes constitutivos tienen o no las proporciones convenientes.



# LA INVESTIGACION EN LOS CURSOS DE POSTGRADUADOS EN LAS ESCUELAS TECNICAS SUPERIORES, CON REFERENCIA ESPECIAL AL GRADO DE «DOCTOR OF PHILOSOPHY» (1)

R. L. Russell

## 1. *Reglamentos.*

Se ha dicho que para comprender los fundamentos de las Instituciones inglesas es suficiente ser un experto en el arte del compromiso y a cualquiera que ponga en duda esta afirmación debe invitársele a consultar los Reglamentos de la mayoría de las Universidades inglesas. Afortunadamente, aunque no en otros aspectos, existe en la práctica una razonable uniformidad en las condiciones que se exigen a aquellos que desean conseguir grados superiores en Ingeniería o Ciencias aplicadas, mediante estudios o trabajos de investigación para postgraduados.

Aunque existan algunas diferencias en la letra de los requisitos exigidos, en general, los candidatos al grado de «Doctor of Philosophy» (Ph. D.) deben ser graduados de una Universidad del Reino Unido o de cualquier otra reconocida. Algunas instituciones van más allá y legislan también para casos extraordinarios, aceptando a personas «que estén en posesión de títulos que hayan sido aprobados para este fin».

Por ello a los cursos universitarios para postgraduados asistirán un cierto número de graduados en la misma Universidad, uno o dos procedentes de otras Universidades del Reino Unido o de cualquier otro sitio y, excepcionalmente, alguno que por

---

(1) El grado superior, «Doctor of Science», se sale fuera de los términos de este trabajo, y se concede, generalmente, por un trabajo publicado que suponga una contribución sustancial y considerable al desarrollo de la ciencia o de la expansión cultural.

una u otra razón no haya alcanzado ninguno de los primeros grados, pero que posea otras calificaciones aceptadas por la autoridad competente —generalmente la Junta de Gobierno de la Universidad; algunos de los alumnos acabarán de recibir su grado y otros poseerán alguna experiencia industrial. Los alumnos de estos cursos suponen el 6 por 100 del total de la población estudiantil, siendo el tanto por ciento un poco más alto en las Facultades de Ingeniería.

El Ph. D. es un grado de investigación y casi todas las Universidades exigen la escolaridad (2). El tiempo de escolaridad es generalmente superior a dos años. Algunas instituciones abogan por un período mínimo de tres años, pero en este caso hay un permiso especial que permite pasar el último año fuera de la Universidad. Existe además, generalmente, una disposición especial que permite, con las seguridades adecuadas, realizar parte del trabajo fuera de la Universidad, cuando las necesidades de la investigación lo aconsejen; lo que suele hacerse, en el caso de los ingenieros, en alguna empresa industrial.

Resumiendo, las autoridades se reservan una gran libertad para aceptar a los estudiantes que, a su juicio, posean los méritos suficientes y por eso insisten en que el candidato debe seguir en la Universidad durante todo el tiempo empleado en la investigación. A su terminación sigue la presentación de la tesis o disertación sobre los resultados del trabajo realizado, el cual deberá ser marcadamente original y haber sido aprobado por un tribunal nombrado a ese efecto. Es práctica habitual nombrar un examinador interno y otro externo, aunque en algunas circunstancias los examinadores pueden ser externos en su totalidad, así como también pueden ser más de dos. El examinador externo puede ser cualquier persona calificada que se elige por sus conocimientos en la materia objeto de la tesis, previa la aprobación de la autoridad competente. Puede ser una persona académica, pero puede ser también, y así sucede con frecuencia, un ingeniero o científico que esté trabajando en la industria. El examinador interno es, generalmente, el miembro del profesorado que ha dirigido e inspeccionado el trabajo del es-

---

(2) La Universidad de Londres permite adquirir el título de Ph. D. como alumno libre.

tudiante. Algunas universidades insisten en la necesidad de una prueba oral, mientras que, en otras, los reglamentos permiten las pruebas orales, pero no las hacen obligatorias; sin embargo, la práctica de un examen oral realizado con frecuencia en el laboratorio, junto al equipo de ensayo, se está convirtiendo en un requisito normal. Algunas veces los examinadores están autorizados para recomendar la concesión del título de «Master of Science» (3) a las actuaciones que juzguen no totalmente desprovistas de méritos, pero que no alcancen el nivel exigido para el grado superior. Algunas instituciones docentes no sustentan este criterio pensando, con cierta razón, que los M. Sc. no deben ser considerados como doctores fracasados.

## 2. Selección.

La fuente principal de reclutamiento de postgraduados es, en la mayoría de las especialidades, su propio «Final Year Honours School». Hay muy buenas razones para ello. En primer lugar, en un departamento activo y vigoroso, los conferenciantes encargados del último curso hacen patente el interés de su especialidad y, de este modo, los estudiantes están habituados y preparados en los temas que eventualmente puedan serles propuestos. En segundo lugar, se conoce mucho mejor la capacidad real de un estudiante interno que la que pueda deducirse de testimonios escritos o de los resultados de un examen oral de un estudiante de otra procedencia. Los que continúan para alcanzar el grado de Ph. D. se seleccionan entre los graduados «con Honores de primera clase» o los buenos «con Honores de segunda» y sus edades varían entre veintiuno y veinticuatro años, dependiendo de su historial académico. En ocasiones, aunque con poca frecuencia, un estudiante interno se inclina francamente por un tema poco relacionado con la práctica, intereses o equipo del departamento. En estos casos, se le aconseja que estudie en otro sitio y se le provee de las reco-

---

(3) Para el grado de «Master of Science» (M. Sc.) no se exigen condiciones de residencia, y, por tanto, se hace muchas veces como alumno libre. No es un grado de investigación, y el trabajo necesario es de menor altura y exige menos tiempo que el que se requiere para el título de Doctor.

mendaciones adecuadas para que pueda dirigirse a otra escuela donde pueda seguir, con más aprovechamiento, los estudios elegidos. Por razones semejantes se reciben graduados procedentes de otras Universidades y, aproximadamente, con la misma frecuencia.

Se ha argüido algunas veces, con cierto fundamento, que no debe animarse a los estudiantes a que continúen en la escuela hasta alcanzar un grado de investigación, inmediatamente después de haberse graduado; y que es preferible que realicen estos estudios después de haber actuado dos o tres años en la industria. Esto se aplica principalmente a los estudiantes que llegan directamente a la universidad desde la escuela; pero el argumento puede fracasar si se aplica a los que ya han experimentado algún aprendizaje. Entre estos últimos debe incluirse a los muchachos que, por alguna razón, dejan la escuela a los quince o dieciséis años y que alcanzan las condiciones exigidas para el ingreso en la Universidad asistiendo a clases nocturnas, al mismo tiempo que siguen el aprendizaje normal. Por ejemplo, una pequeña pero continua corriente de aprendices procedentes de los astilleros adquiere estado universitario de esta forma y, aunque su entrenamiento práctico no haya sido siempre el más adecuado, no puede decirse que no lo hayan tenido. Realmente su experiencia práctica es notablemente beneficiosa para proyectar, construir y montar el equipo experimental. Los antiguos estudiantes que después de haber estado en la industria vuelven para seguir sus estudios, tienen la oportunidad de consolidar los conocimientos adquiridos anteriormente bajo la presión e intensidad de los cursos de B. Sc. y lo hacen con la madurez que habitualmente han adquirido en su experiencia en la industria. A pesar de lo dicho no se debe ser intolerante ni en retardar el período de investigación ni en su realización inmediatamente después de la obtención del grado, ya que la elección de una de estas alternativas depende del director de la tesis, del propio estudiante y de la urgencia e importancia del tema de su investigación particular y, por supuesto, de las condiciones pecuniarias.

El ingreso directo de estudiantes extranjeros en las escuelas de investigación presenta muchos problemas: uno, y no pequeño, lo ofrecen las dificultades del idioma. Una práctica que ha resul-

tado provechosa para establecer la capacidad de estos estudiantes es que asistan a alguna de las conferencias especializadas que se dan durante el curso final «con Honores» e incluso tomen parte en los exámenes finales, aunque no en forma oficial, antes de que se les considere formalmente como candidatos al Doctorado.

### 3. *Financiación.*

Una vez satisfechas todas las formalidades académicas y administrativas, queda todavía en pie el problema financiero. Frecuentemente es un problema para la Universidad y para el estudiante. Este debe ser capaz de mantenerse y de pagar las matrículas señaladas por las autoridades universitarias. La Universidad debe proporcionar laboratorios, equipos y personal y el dinero procedente de matrículas es una parte mínima del coste real (en 1956-57 se cubrió sólo el 10,8 por 100 del total de gastos de todas las Universidades inglesas con el dinero procedente de las matrículas).

#### a) *Manutención del estudiante.*

Antes de la última guerra había una proporción aceptable de estudiantes becados, pero su número ha disminuído y actualmente casi no hay ninguno y por eso uno de los problemas más acuciantes del estudiante es el asegurarse un soporte financiero adecuado (los estudiantes extranjeros son un caso especial que no discutiremos aquí). Las Universidades disponen de pocas, muy pocas becas para estudios superiores (aunque haya algunas mejor dotadas que otras) y, además, en ocasiones las becas están destinadas a ciertas disciplinas particulares de acuerdo con los deseos e intenciones del donante. Los Institutos Profesionales (Institutions of Civil, Mechanical and Electrical Engineering, the Royal Institution of Naval Architects, etc.) proveen becas anuales, pero su número total es pequeño en relación con los que las solicitan y la oposición para conseguirlas es, por ello muy dura. Los términos y condiciones de las mismas varían considerablemente, pero, aunque ninguna

de ellas sea extraordinariamente generosa, pocas hay que no basten para pagar los gastos de matrículas y dejar un pequeño remanente para manutención, suficiente para los que vivan en sus casas, aunque muy justo para los que viven lejos de la Universidad (4). Es bastante frecuente que las autoridades docentes locales continúen ayudando a los buenos estudiantes que disfrutaban de una de sus becas durante sus estudios de B. Sc.; estas becas permiten que el estudiante viva a un nivel adecuado, aunque no lujoso. Estas recompensas no se asignan en oposición abierta y son por ello más accesibles. Aunque no tienen el mismo prestigio que los premios antes citados no son económicamente inferiores y además son algo más numerosas. Por otra parte, existe el Departamento de Investigación Científica e Industrial (D.S.I.R.), que es la entidad que proporciona mayor número de becas en la Gran Bretaña. Es un organismo oficial, fundado en 1916, que tiene como fin primordial el fomento de la investigación científica relacionada con el comercio o la industria. Con encomiables previsión y espíritu ha interpretado generosamente sus atribuciones y ha incluido entre ellas la provisión y mantenimiento de un número adecuado de investigadores preparados —científicos o técnicos—, para lo cual ha dispuesto todo un sistema de premios y recompensas individuales para los que trabajen en la investigación en las Universidades o instituciones análogas. Es, pues, una de las entidades más importantes entre las existentes para la provisión de becas. En el último curso, entre todas ellas, se han concedido becas a dieciséis estudiantes postgraduados para el King's College, en la Facultad de Ciencias Aplicadas.

Sin embargo, estos recursos no son por sí solos suficientes y estaríamos muy mal previstos, en este y en otros aspectos que mencionaremos más adelante, si no fuera por la ayuda que nos presta generosamente la industria. Las empresas están a veces menos interesadas en problemas técnicos específicos que en ciertas personas, mientras que otras veces se interesan por ciertas partes de un programa de investigación y lo que les importa son más

---

(4) Una ojeada a las listas publicadas de estos premios o becas basta para comprobar que sus valores varían entre 200 y 600 libras esterlinas.

las soluciones que las personas que las proporcionan. Esto se refleja en la forma de distribuir su ayuda.

Existen algunos estudiantes financiados durante el período en que amplían sus estudios por las empresas de que proceden; y, en reconocimiento de esta ayuda, se comprometen a volver a ella durante un cierto tiempo, digamos, por ejemplo, dos años. Esta condición no es onerosa para un muchacho al finalizar su carrera, ya que a cambio de ella obtienen privilegios que de otra forma no podría disfrutar; en la práctica, o bien tiene los gastos pagados mientras está en la Universidad o está disfrutando de un permiso con la paga completa. Algunas veces vuelve a su empleo por períodos breves, durante las vacaciones de verano (5), pero en todos los demás aspectos está tan libre de restricciones como el que disponga de medios propios, excepto quizá, en que, de vez en cuando, se le pueda exigir la preparación de un informe sobre el progreso de su trabajo. En otros casos una Compañía o un grupo de Compañías ofrecerá ayuda periódica, incluso durante varios años, para investigaciones sobre un amplio campo de estudios. La selección, el personal y la organización de este programa de investigación se determina en su totalidad por el personal académico responsable, aunque con frecuencia se realizan consultas o se discuten los problemas por las partes interesadas.

Acuerdos de esta clase, o similares, proporcionaron ayuda económica a un número de estudiantes postgraduados no inferior a diecinueve, durante el último curso de la Facultad de Ciencias Aplicadas, en el King's College.

Con la menor de estas ayudas económicas, un estudiante puede mantenerse aún en las peores circunstancias. La mejor gratificación por investigación puede compararse favorablemente con la remuneración de un empleo exterior. Generalmente se considera poco conveniente que un estudiante postgraduado tenga que preocuparse demasiado en ganarse la vida, pero hay ciertas formas de trabajo que se reconocen como beneficiosas en sí mismas, independientemente de la atracción pecuniaria que puedan ofrecer

---

(5) Los estudiantes investigadores no tienen las vacaciones reglamentarias, sino que tienen que regirse por la práctica en vigor en la industria. Pero en la realidad trabajan, de *motu proprio*, mayor número de horas de lo que hoy día exige cualquier patrono.

a un estudiante que tiene unos ingresos mínimos. Esto se reconoce, por ejemplo, por el D.S.I.R., que está dispuesto a considerar como razonable un empleo cuya remuneración no sobrepase de una cierta cantidad y a no dedicarle una atención especial en tanto que no exija una dedicación mayor de seis horas por semana. Esto tiende a fijar una norma que es ahora ya práctica en muchos departamentos. A los estudiantes postgraduados se les invita a emplear, pongamos por ejemplo, dos medios días por semana como expositores o ayudantes de clases prácticas de laboratorio de los estudiantes de carrera o a dedicar un tiempo equivalente a discutir y aclarar las enseñanzas del curso, en grupos de estudiantes, en clases de seminario. De esta forma los recursos docentes de un departamento pueden emplearse con mayor eficacia, los estudiantes del grado inferior (B. Sc.) pueden ser asistidos más rápidamente y con mayor frecuencia se descarga a los catedráticos de algunos de sus cometidos más rutinarios al mismo tiempo que es una experiencia conveniente y beneficiosa para el estudiante, quien se considera, en cierto modo, más como profesor que como alumno. Una buena solución es que la recompensa o remuneración que recibe un estudiante por esta tarea corresponda a lo que debe pagar como matrícula para seguir el curso y realizar la investigación, de manera que se compensen ambas cantidades sin necesidad de que haya movimiento de dinero. Pueden variar los detalles según las diferentes circunstancias, pero esta ú otras similares constituyen soluciones convenientes para todos los interesados y, por tanto, son altamente recomendables.

#### b) *Gastos de investigación.*

La Comisión de Créditos de la Universidad (U.G.C.), aun cuando suministra a las Universidades (de los fondos derivados de la Hacienda) más del 70 por 100 de sus ingresos totales, muestra gran tacto en evitar la intervención en los asuntos internos de la Universidad y una marcada resistencia a pronunciarse en las cuestiones referentes a la importancia relativa entre la investigación y la enseñanza. Se resiste aún más a señalar fondos especiales para alguno de estos fines, arguyendo que no son actividades indepen-



dientes, sino complementarias. Se considera que la subvención anual que recibe un determinado departamento llena una función conjunta y no está destinada a mantener actividades rivales. La práctica, como sucede a menudo, es un poco menos sencilla que la teoría y cada nuevo estudiante postgraduado supone mayores necesidades y más específicas e inmediatas de personal y empleo del taller, de aparatos, equipos y laboratorios que las que pueda precisar un estudiante adicional de los cursos de grado inferior. Esto sólo se aprecia, en toda su importancia, por aquellos que están en contacto directo con estas cuestiones; y solamente las investigaciones más modestas pueden sostenerse sin más ayuda que los créditos anuales del departamento, aun cuando se hayan producido en ellos aumentos de importancia en los últimos años.

Los fondos proceden principalmente de las grandes empresas industriales, de las asociaciones para el desarrollo de la investigación y de las industrias nacionalizadas. A veces se produce en forma de asignación anual, sin condiciones, pero con mayor frecuencia se concede para una finalidad específica y en el caso de industrias nacionalizadas o departamentos del Gobierno puede tomar la forma de contrato de investigación. Las particularidades de estas subvenciones y de los acuerdos correspondientes varían ampliamente, pero la característica más notable es la ausencia de restricciones y la no existencia de interferencias académicas o administrativas de cualquier clase. Frecuentemente los términos del acuerdo disponen lo preciso para la remuneración del personal investigador y, en su caso, de los técnicos de taller y, generalmente, se prevé una suma para cubrir los gastos generales de entretenimiento, los materiales de taller y suministros, pago de mecanógrafas, etc. (6). Además, debe proveerse lo necesario para sufragar los costes del equipo especial que pueda ser necesario; aunque, por supuesto, pueda fijarse un límite superior razonable a la cantidad que se puede gastar sin nueva consulta. Este sistema ofrece la gran ventaja de alentar un contacto más estrecho entre la in-

---

(6) Es difícil asignar una cifra exacta para todos estos gastos. Según la experiencia del autor, 500 libras demostró ser una cifra razonable en un caso determinado, pero se han hecho estimaciones de hasta 830 libras. Y esto depende, en gran parte, de los métodos de contabilidad. Por ejemplo, de la proporción en que se estimen los intereses, amortizaciones, seguros, etc.

dustria y las Universidades y puede ser beneficioso para ambas partes. Los departamentos de la Universidad pueden aceptar problemas en los que son competentes y que no son los más adecuados para una empresa industrial; y con frecuencia, la construcción de elementos que estén, por ejemplo, fuera del alcance del taller de la Universidad puede realizarse en una factoría industrial a un coste nominal —o incluso sin cargo alguno— si existe buena voluntad y se saben aprovechar las posibilidades existentes. Cuando existen relaciones estrechas y amistosas de esta clase la empresa adquiere un sentido del valor que para ella tienen los graduados que tiene contratados y el profesor de la Universidad está mejor informado de los problemas y tendencias del desarrollo industrial. La investigación patrocinada tiene, no obstante, sus peligros. Se ha dicho, a veces, que en el mejor de los casos estos trabajos de investigación sólo difieren de la investigación realizada por cuenta propia —que ha sido, durante mucho tiempo, la demostración de respetabilidad académica— en que existe alguien en disposición de hacer inversiones que pueden repercutir en beneficio propio. Aun así, puede surgir una situación desgraciada. Por ejemplo, puede haber una competencia malsana entre los contratos que sean más remuneradores. Además, si un departamento de la Universidad tiene libertad para escoger las cuestiones que desea estudiar, alguna de las entidades protectoras puede lograr que se dé preferencia a los estudios por que se interesa y existe el peligro de que se descuide el trabajo propiamente académico. Afortunadamente, los asuntos de la Universidad están dispuestos en tal forma que esto, más que un problema real, es una posibilidad potencial. Esto no quiere decir que la relación entre los ingresos independientes y los que proceden del exterior no pueda producir algún temor, especialmente en un momento de expansión rápida del número de alumnos de Universidad, durante el cual puede alterarse temporalmente el equilibrio. Aun cuando las principales aportaciones a la investigación provienen de fuentes exteriores, es tradicional considerar estos ingresos más como una ayuda que como parte fundamental. Esta situación no ha escapado a la atención del U.G.C., quien, en un informe reciente sobre investiga-

ción (7), repitió la opinión ya existente de que los organismos y departamentos del gobierno no exigen demasiado de las Universidades en lo que se refiere a la investigación patrocinada. Aunque estas opiniones no encontrasen eco, todos pueden sentirse confortados con la frase concluyente de que «es preciso vigilar la situación y es de esperar que las Universidades continúen alerta para garantizar que la aceptación de una ayuda del exterior no esté en desacuerdo con el desarrollo equilibrado de su trabajo». En América la investigación patrocinada ha adquirido proporciones que han producido una desviación de la finalidad y del trabajo académicos y que ha dado origen a una grave intranquilidad. No existe la evidencia de que esto ocurra o sea probable que suceda en las Universidades británicas; la independencia tradicional de las Universidades de Gran Bretaña es una herencia conservada con todo celo. Así, en Cambridge, de donde se dispone información, no se aprueba ningún proyecto de investigación patrocinado por ayuda exterior, a menos que a) sea recomendado por el presidente del Departamento afectado; b) el trabajo en cuestión esté catalogado como trabajo de investigación básica, adecuado para un Departamento de la Universidad; c) los términos del contrato estén libres de restricciones respecto a la publicación de los resultados. Estas condiciones no parecen haber resultado totalmente inaceptables a los patrocinadores, ya que, en 1953-54, el apoyo conseguido de esta forma de fuentes exteriores, excluidas las becas, subvenciones y premios, ascendieron al 12 por 100 del ingreso total (8). Otras Universidades pueden ser menos dadas a publicar sus normas, pero es razonable suponer que los contratos suscritos por ellas contienen en esencia las mismas medidas de seguridad. Para corregir cualquier impresión contraria, debo aclarar que esta actitud de independencia no ha sido impuesta, ni ha sido el resultado de la aceptación de los hechos y que, en general, es aprobada y respetada.

---

(7) University Development 1952-57, presentado al Parlamento en septiembre de 1958, H. M. S. O.

(8) Scientific Research in University and Industry. I. A. U. P. L. Informe 1955.

#### 4. *Investigación.*

La investigación es a menudo difícil, y a menos que se tengan en cuenta las cuestiones estudiadas en los párrafos anteriores, su desarrollo resultaría imposible como labor organizada. Sirva esto de disculpa por haber tardado tanto en penetrar en lo que se debe considerar como el núcleo de este informe.

Sería notable que no hubiese, en cualquier departamento, un cierto número de personas de mente activa e investigadora que no se interesara por algún campo particular de su especialidad. El entusiasmo es sumamente contagioso y, por ello, sería también muy notable que después de tres años de carrera no hubiese unos cuantos estudiantes cuya curiosidad no hubiera sido lo suficientemente estimulada para alentarles a continuar sus estudios en uno u otro de estos campos especiales. Este es un proceso de selección natural tan seguro como otro cualquiera que pudiera imaginarse. Su eficacia se confirma por la práctica seguida en alguno de los departamentos de Ingeniería de las Universidades, incluyendo el mío propio. En el último año sólo la mitad del tiempo del estudiante se emplea en clases orales y el resto se dedica a desarrollar una investigación de naturaleza original bajo la orientación directa de un profesor. El estudiante tiene libertad para hacer su propia elección entre una lista de propuestas que se le presentan al comienzo del curso. Al final del año prepara un informe de este trabajo en una forma preestablecida, concediéndose tanta importancia al estilo, disposición y contenido de este trabajo como a la ejecución de sus exámenes escritos, al valorar el trabajo del estudiante para la concesión del título. Además, cada estudiante pronuncia una conferencia ante sus compañeros acerca de la materia de su investigación. Estas conferencias están convenientemente programadas y organizadas y están ilustradas por proyecciones y demostraciones cuando es necesario; van seguidas de una discusión. Los miembros del personal docente asisten con frecuencia voluntariamente y uno de ellos asume el cometido de valorar el estilo, contenido técnico, exposición y discusión del trabajo. Estas conferencias, que suelen tener lugar a finales del

trimestre de primavera, originan un tremendo entusiasmo y ponen de manifiesto cualidades del estudiante que jamás hubieran sido descubiertas en un examen normal. Suponen un trabajo muy intensivo, al cual sólo se exponen los mejores estudiantes —del orden del 25 por 100 del último curso—; el resto, adquiere títulos de «General Honours» u «Ordinary».

En el momento de obtener su título ningún estudiante debe engañarse respecto a su capacidad o vocación por la investigación y el profesor que ha dirigido su trabajo tendrá una idea exacta de sus posibilidades, mucho antes de este momento; por lo cual, los errores en la selección se reducen al mínimo. De esta forma, se puede elegir el futuro Ph. D. con mucha antelación, tomando las medidas oportunas con tiempo suficiente para dotarle del apoyo preciso e introducirle en un programa de investigación adecuado. Cualquier miembro entusiasta del personal docente que esté estudiando una cuestión desea tener alguien con quien poder colaborar y se regocijará cuando un estudiante escoja, en el grado inferior de su carrera, una investigación que pueda estudiar luego a un nivel propio de postgraduados de forma que desarrolle una labor continua y sin interrupción. Se exige una gran originalidad tanto en el tratamiento teórico de la materia como en el proyecto, construcción y montaje del prototipo del equipo de ensayo.

De esta forma, el joven se encuentra dirigido durante sus estudios de postgraduado por una persona de mayor experiencia, con cuya técnica y métodos está completamente familiarizado, hacia una cuestión determinada de un programa más amplio, en el cual ya ha trabajado y recibido una buena instrucción. Si por suerte o, como sucede con mayor frecuencia, por su esfuerzo, consigue hacer un trabajo original, obtiene un diploma superior como recompensa a su labor y el director de tesis siente el placer y la satisfacción del progreso realizado. Los resultados conseguidos por media docena de estudiantes instruidos de esta forma pueden suponer una clara y digna contribución cultural, aproximadamente en el mismo número de años. Un sistema que combina de este modo la enseñanza y la investigación debe recibir nuestra aprobación.

En ocasiones, las investigaciones iniciadas de esta forma se an-

plían y desarrollan de forma imprevista y pueden llegar a adquirir un estado académico permanente dentro de un departamento.

Para que la investigación sea efectiva tiene que publicarse. Los informes que languidecen, en forma de manuscritos, en bibliotecas particulares es como si no se hubiesen escrito. La tarea de reunir resultados y disponer los argumentos para su publicación, rara vez se emprende con entusiasmo cuando ya ha pasado la excitación del descubrimiento y se ha conseguido el éxito. Exige el ejercicio de una gran disciplina personal el hacer un alto y dedicarse a la escritura y no acogerse a la excusa general de que «podría estar haciendo algo de provecho». Existe, por supuesto, la cuestión de la calidad, pero el editor y sus ayudantes se encargarán de esta cuestión. Es posible que sea, o lo parezca, demasiado pesado, pero lo ideal sería que las tesis de doctorado aprobadas fueran objeto de una memoria o trabajo presentado por el estudiante o quizá conjuntamente por el director de tesis y el estudiante en una publicación o revista adecuada, con suficiente categoría profesional.

Además de la ventaja que se deduce de que el trabajo se publique en forma ordenada en una publicación de fácil acceso forma parte esencial de la instrucción del estudiante al practicar el arte de expresarse en los asuntos técnicos. Se presta por ello una gran atención a la preparación de los informes de laboratorio en todo el curso de la carrera y se alienta a los estudiantes a tomar parte en los coloquios que se celebran en el departamento y a escribir artículos para su publicación. Por ejemplo, el Instituto de Ingenieros Eléctricos (I.E.E.) ofrece premios a las conferencias que, con méritos suficientes, se presentan en las reuniones de las diferentes Secciones de Estudiantes. En estas conferencias pueden participar todos los estudiantes miembros del Instituto y no están restringidas a los estudiantes de la Universidad. Las recompensas no son de gran valor monetario, pero implican un enorme prestigio. Por ello, la mayor parte de los estudiantes preparan voluntariamente durante su primer año de postgraduados, en forma de conferencia, la tesis que presentaron al finalizar su primer grado (B. Sc.). Claro que no todos pueden conseguir el premio deseado, ya que la competencia es fuerte y algunos de los trabajos son excepcionalmente

buenos. Algunos de los mejores se escogen para ser leídos en Londres en una reunión especial de la Sección de antiguos alumnos, organizada para este fin, y esto se considera, con toda razón, como una distinción extraordinaria. Resulta casi imposible hablar de las instituciones profesionales y sus secciones de estudiantes sin observar que la mayoría de los postgraduados son miembros de las mismas y algunos de ellos toman parte muy activa en el trabajo y organización de los comités. Ciertamente no hay nada obligatorio en este sentido, puesto que no es una actividad universitaria, pero está apoyada en una fuerte tradición y no hay duda de que el aceptar cierta responsabilidad profesional desempeña una parte importante en la educación general del estudiante.

Conviene observar que el esquema que se ha expuesto no es un ejercicio sobre la teoría de la educación, sino un plan de trabajo ya aprobado, como se demostrará con unos cuantos ejemplos; que como es lógico se centrarán principalmente en mi propia experiencia, ya que puedo hablar con mayor conocimiento y autoridad de estas cuestiones; pero en otros campos se encuentran casos análogos de los que voy a exponer como muestra.

Hace algunos años un estudiante de último curso escogió como asunto de su tesis la construcción de una clase especial de instrumento de medidas eléctricas, tomando como base los principios que se le presentaron. Su labor fué satisfactoria y a su terminación preparó una memoria que fué aceptada para su publicación en las Actas del I.E.E. Este estudiante consiguió su diploma y se marchó. A continuación otros estudiantes continuaron trabajando en experimentos especiales sugeridos por la investigación anterior y se publicaron otros dos artículos en las Actas del I.E.E., uno de los cuales condujo a un mecanismo que está ahora patentado y en fabricación. A medida que fué progresando este estudio especial se agregó su teoría fundamental al programa de estudios de la carrera (de B. Sc.), con lo que se interesaron por ella otros muchos estudiantes y se consiguió el feliz resultado de que en un solo año se estudiaran tres aspectos diferentes del tema. Dos de los estudiantes prepararon sus resultados en forma de conferencia y fueron premiados por el I.E.E.; ambos continuaron sus estudios en los cur-

dos de postgraduados y uno de ellos fué nombrado presidente de la Sección de Estudiantes del I.E.E.

En aquel tiempo se estaban aplicando los principios teóricos al análisis de las máquinas eléctricas y las técnicas de medida previamente desarrolladas encontraron aplicación directa en la comparación de la teoría con la práctica. En los últimos cinco años se han publicado cuatro trabajos más en el I.E.E., a los que se han otorgado otros dos premios para estudiante por dicho I.E.E. (uno de los trabajos ha servido de fundamento a un artículo leído hace pocas semanas en Londres en la sección de antiguos alumnos), y existen grandes probabilidades de que continúen los trabajos y el progreso en esta dirección.

En otro caso, un estudiante de B. Sc. escogió la realización de una investigación preliminar en lo que después se ha denominado «un diferencial eléctrico» y se apoyó en ella para continuar como estudiante postgraduado su trabajo, que fué publicado posteriormente en los Proceedings del I.E.E. Al año siguiente el tema fué desarrollado por un segundo estudiante, a quien se le concedió un Premio de Estudiante por una conferencia que pronunció sobre la materia. Este estudiante no siguió los cursos de postgraduados, pero posteriormente obtuvo el grado de «Master» externo, al ser autorizado por sus jefes para volver a trabajar en los laboratorios durante dos vacaciones largas, sucesivas. Por entonces se patentó el mecanismo dejando los derechos a disposición de una empresa industrial que siempre había estado en muy buenas relaciones con las Universidades y que a partir de entonces ha dado todavía mayores facilidades en lo referente a la construcción de equipos especiales para las experiencias. Un antiguo alumno, después de trabajar en la industria unos cuantos años, volvió sobre el tema y estudió una aplicación especial a un motor síncrono de velocidad media. Como resultado de su trabajo recibió el Doctorado, publicándose un artículo en el I.E.E. Este trabajo sugirió una nueva aplicación que fué el objeto de la tesis de otro estudiante, quien construyó con éxito un prototipo para el accionamiento de las barras de control de un reactor nuclear, superior a los métodos empleados actualmente. Este asunto está en este momento en tramitación de patente y en negociaciones con empresas



industriales. Esta investigación a su vez sugirió un nuevo motor de c. a. de velocidad variable, que todavía no se ha probado y que probablemente será un tema adecuado para algún estudiante postgraduado que haya hecho una investigación preliminar en este campo durante su último año de B. Sc.

Aunque este sistema parezca faltar de método y que el progreso de la investigación depende del azar, se puede asegurar que en la práctica no es así. El estudio sobre las aplicaciones y medidas de las componentes simétricas se realizó paralelamente al del diferencial eléctrico y, en general, hubo una superposición entre los estudios de los estudiantes postgraduados y los de carrera que trabajan en cuestiones semejantes. Han existido, por supuesto, otras investigaciones adecuadas para los alumnos de B. Sc., pero no florecieron en la misma forma. Otro programa de desarrollo familiar para el autor, aunque no relacionado directamente con él, siguió la misma pauta general conduciendo a la elaboración de un cierto número de artículos, patentes y grados superiores y, finalmente, a un nuevo tipo de motores eléctricos que ahora se fabrican comercialmente.

Numerosos coloquios garantizan que los postgraduados y miembros del personal docente que no se ocupan de la materia estén al tanto de los trabajos en curso y sirven para lograr cierta cohesión dentro del grupo que en caso contrario resultaría bastante heterogéneo. Este sistema produce beneficios directos; y así fué, por ejemplo, como se descubrió que las técnicas de medida, antes citadas, podían aclarar el funcionamiento del diferencial eléctrico si se utilizaban de forma nueva y un tanto anormal. Si éste resulta ser tan útil como parece, se trata de una innovación reciente, podría ser importante para el funcionamiento y proyecto de ciertas clases de motores de polos salientes.

Todos los estudiantes ocupados en estas actividades consiguieron el grado «con Honores» de primera clase o de segunda con notas elevadas. Algunos disfrutaron becas del I.E.E., otros recibieron ayuda económica del D. S. I. R. y otros estuvieron patrocinados por firmas industriales que demostraron interés, bien por el trabajo, bien por los estudiantes en particular, según se ha indicado anteriormente. Todos ellos asistieron a los trabajos per-

sonales de laboratorio y a las clases de seminario y pronunciaron una conferencia en un coloquio en la propia Universidad; y muchos dieron una conferencia en la Sección de Estudiantes del I.E.E. Entre todos prepararon dos tesis completas, listas para publicar.

A la pregunta «¿resulta difícil este curso?», sólo hay una respuesta: «sí». Esto no quiere decir que haya muchos fallos, ya que los estudiantes estudiarán grados diferentes según su aptitud. Para responder a la pregunta «¿tiene éxito?» se ha de determinar, en primer lugar, una medida del éxito. Los estudiantes que se embarcan en una carrera de postgraduados aumentan su nivel y la confianza en sí mismos de una manera sumamente remuneradora. No existe duda alguna respecto al beneficio que proporciona a los estudiantes y no ha sido demostrado que este sistema no les proporcione los conocimientos, entrenamiento y práctica que pueden necesitar en el ejercicio de su carrera. Al determinar el rendimiento de un departamento en su conjunto no pueden ignorarse, como cuestión secundaria, las contribuciones que haya podido aportar a la literatura técnica y a los problemas prácticos de una materia determinada durante un cierto número de años.

##### 5. *Observaciones generales.*

Existen innumerables consideraciones de naturaleza diversa que resultan poco significativas en un departamento donde el énfasis se encuentra principalmente en la instrucción rutinaria de los estudiantes del grado inferior, pero que no pueden omitirse al estudiar las organizaciones de postgraduados, de las que nos estamos ocupando.

###### a) *Publicaciones y Patentes.*

La publicación de los resultados es más bien una condición para la concesión de becas que un privilegio que se alcanza después de vencer ciertas resistencias. Según la experiencia del autor, en todas las discusiones que preceden a la redacción de un contrato de investigación con las empresas industriales, se discuten y

acuerdan los derechos de publicación de una de las primeras fases de las negociaciones. En tiempos de emergencia nacional, la libertad de publicación quedó muy limitada, por razones evidentes, pero ahora solamente existen unos cuantos campos limitados en los que el permiso de publicación no se conceda inmediatamente, y estos campos no son, probablemente, adecuados para su estudio en la Universidad. Con las palabras de una sugerencia: «No deberá permitirse arreglo alguno que pueda limitar la libertad y eficacia de que la labor realizada en pro de la cultura sea libremente distribuída» (9) [véase también el párrafo de Cambridge 3 b)].

Como norma pura, la recomendación anterior recibirá probablemente un apoyo universal, pero su aplicación práctica debe sufrir una revisión.

Resultaría extraño que en una Facultad de Ciencias Aplicadas o de Ingeniería, parte de la investigación no tuviera un valor comercial. Ya han pasado los días en que el investigador aislado dispersaba todos los resultados de su trabajo ante un auditorio indiferente. En una sociedad donde existe una aguda competencia, existen muchas personas dispuestas y ansiosas de aprovecharse de los últimos adelantos de la ciencia y la tecnología. No parece deba haber ninguna norma moral o lógica que obligue a los Centros universitarios a organizar de tal forma sus asuntos que no obtengan beneficio alguno por su trabajo, mientras otros se aprovechan del mismo. El remedio legal, por supuesto, es conseguir una patente. Como objeción a este procedimiento se arguye a veces que como la Ley de Patentes presta una atención especial a la exposición de la información, ello supone un reto a la libertad de publicación y es criticable en este sentido. Según el punto de vista del autor, existe muy poca base para todo esto, ya que prácticamente apenas pasa de ser una restricción y sólo trae consigo el cuidado de gestionar una patente provisional antes de la publicación. El Gobierno se ha visto forzado, por la indiferencia general respecto a las ventajas de la protección con patentes, a establecer la «National Re-

---

(9) Sponsored Research Policy of Colleges and Universities, Washington, American Council of Education, 1954.

search Development Corporation» (10), con el fin expreso de proporcionar un servicio efectivo de patentes a los particulares, Departamentos del Gobierno o Instituciones universitarias. Algunas Universidades no quieren intervenir en estas cuestiones; otras se contentan con estar informadas y otras demuestran un interés financiero provisional. No existe una opinión universalmente aceptada. Las ventajas financieras son generalmente muy modestas. Posiblemente las otras oportunidades que existen para resolver esta cuestión sean análogas a las de nuestros colegas de Arte para encontrar una obra de mejor venta entre sus actividades literarias corrientes. Dentro del nivel departamental, debe alentarse este sistema, pues esta es precisamente la actividad que mejor comprende el industrial y contribuye a refutar la queja de que las Universidades, al enfrentarse con un problema, saben hacer de todo menos resolverlo. Es mucho más probable que una empresa emprenda una aventura si tiene alguna oportunidad de conseguir o participar en los derechos exclusivos de los resultados que se obtengan, que si tiene las mismas oportunidades que un competidor que no ha proporcionado ayuda alguna.

#### b) *Servicios.*

Hay ciertos servicios auxiliares que son muy convenientes y otros que son absolutamente indispensables en la investigación. es esencial disponer de un buen taller, bien equipado y dotado de personal técnico competente. Es muy difícil determinar con precisión las necesidades, que pueden ser por lo demás muy diferentes según la materia de que se trate, pero, en cifras redondas, en la Facultad de Ciencias Aplicadas de Newcastle el número de técnicos y jóvenes relacionados con los talleres es aproximadamente igual en número al personal docente. Se ocupan de la construc-

---

(10) Esta entidad, a cambio de aliviar al inventor de las responsabilidades financieras y de algunas de las formalidades legales, largas y pesadas que lleva consigo la obtención de una patente, asume parte de los derechos de la patente que negocia, y de esta forma puede prestar el apoyo preciso. Y aún hace más, ya que promueve activamente la aplicación y mercado de las ideas, y en casos concretos constituye compañías limitadas con este fin, cuando le parece que es el mejor modo de proceder.

ción de los equipos experimentales y de investigación, así como del entretenimiento de los aparatos y máquinas de los laboratorios. Para que sus trabajos se puedan utilizar convenientemente, tiene que haber una cierta organización; sin olvidar que el trabajo de investigación es por sí mismo impredecible y que un sistema de control adecuado para un taller de maquinaria normal podría resultar en este caso de una rigidez prohibitiva. Para hacer el trabajo ordenado y eficaz se deben establecer unas normas de modo que, por ejemplo, los estudiantes de los cursos de postgraduados preparen los planos completos e instrucciones de trabajo de todo el equipo que haya de construirse en el taller. independientemente del mérito implícito que supone este entrenamiento, este sistema resulta cada vez más necesario a medida que se va ampliando la extensión y variedad de las actividades.

De lo anterior se deduce que debe disponerse de los elementos propios de una sala de delineación con máquinas de copias, adscritas preferentemente a la oficina de proyectos. Aunque no sea esencial conviene disponer de los servicios de un delineante, para ejecutar los planos definitivos a partir de los dibujos preliminares. Un departamento constituido por unos seis miembros académicos y el mismo número de estudiantes postgraduados puede proporcionar trabajo suficiente para mantener a una persona totalmente ocupada, especialmente si sus cometidos se extienden a la preparación de figuras, fotocopias de documentos, etc. Son esenciales un buen servicio de fotografía, con su cámara oscura correspondiente, y, además del equipo y laboratorio, que precisa todo estudiante investigador, debe disponerse del espacio necesario de tipo oficina, en un lugar apartado del ruido y las molestias del laboratorio, donde el trabajo pueda realizarse con una relativa comodidad y silencio. Una característica de los nuevos edificios es el espacio dedicado especialmente al cuarto de escritura de los postgraduados. La opinión está dividida en lo que se refiere a la cuestión de proporcionar servicios de mecanografía. Algunos arguyen que es arcaico y antieconómico gastar el tiempo que podría utilizarse en el trabajo de investigación en realizar cometidos que podrían ser utilizados por otras personas. Otros dicen que el Prestar servicio de mecanografía a los estudiantes investigadores

es llevar las cosas demasiado lejos y que todo lo más que puede hacerse es disponer de máquinas para ser utilizadas por los mismos estudiantes. Una solución práctica puede consistir en suponer que el estudiante investigador ha de poner mucho de su parte en todas las cuestiones internas y dar mayores facilidades para que pueda utilizar los servicios de mecanografía del departamento, así como otras ayudas para la preparación de su trabajo cuando éste deba publicarse o distribuirse en el exterior.

Temo que esta exposición resulte algo fragmentaria. Se han mencionado sólo de paso innumerables cosas que podrían haberse discutido más ampliamente y se han omitido otras muchas que son muy importantes.

Si un autor puede acertar en cuáles son las impresiones que ha dejado en sus lectores, podrían señalarse probablemente dos. La primera se refiere a las muy buenas relaciones que existen entre los departamentos de la Universidad y las firmas industriales con intereses análogos. La segunda es que no puede encontrarse mejor ejemplo que este trabajo que he expuesto ante ustedes de la aplicación que del arte del compromiso se realiza en las instituciones británicas.

## DISCUSION

**Sr. González González.**—Solicito dos aclaraciones:

**Primera:** Si el dinero procedente de las matrículas solamente cubre el 10,8 por 100 del total de los gastos de las Universidades inglesas, del 89.1 por 100 restante, ¿qué parte procede de la industria? y ¿qué parte de los organismos oficiales?

**Segunda:** ¿Podría decirnos el profesor Russell cuál es la relación aproximada que existe entre el número del personal dedicado a la enseñanza y el de estudiantes graduados en los Departamentos de las Universidades?

**Prof. Russell.**—No es fácil precisar las cantidades que aporta la Industria y no creo posible que puedan darse cifras exactas. Es imposible valorar los donativos en forma de aparatos, material, auxilios en la construcción de diversos elementos, etc. La suma del total percibido por todas las Universidades, incluso de una sola en particular, no tendría un valor representativo, puesto que esta ayuda depende mucho de las actividades de la Facultad o Departamento de que se trata. Algunos Departamentos perciben de la industria unos ingresos que son comparables a su asignación anual, mientras que

otros, cuyos trabajos ofrecen menos interés a la misma, deberán limitarse a poco más de los recursos propios de la Universidad.

Existen variaciones semejantes en la relación entre el número de estudiantes postgraduados y el del personal docente. Algunos miembros de éste se dedican casi exclusivamente a la enseñanza mientras que otros se ocupan principalmente en la investigación. Sobre éstos recae la principal responsabilidad de aceptar y dirigir a los estudiantes que desean trabajar en la investigación. En la Facultad de Ciencia Aplicada, del «King's College», trabajamos en una proporción media de un estudiante de este tipo por cada miembro del personal docente. Pero este número sería muy bajo para un Departamento que no tuviera que enfrentarse también con un considerable trabajo dedicado a la enseñanza de no graduados.

**Sr. Villena.**—¿Qué tiempo, como promedio, emplean los estudiantes en la preparación bibliográfica previa, en el auténtico trabajo experimental y en la interpretación y redacción final?

¿Qué tanto por ciento de los ingenieros obtiene Ph.D y D.Sc.?

**Prof. Russell.**—Si se estudia detalladamente el esquema bosquejado en mi trabajo, se ve que la mayor parte de las clases preliminares para las tesis de los que estudian B. Sc., se dan durante el último curso del «Honours Degree». Por otra parte, los postgraduados asisten a clase durante tres a cuatro meses si el curso es de dos años, e incluso durante seis meses si la duración del mismo es de tres años. La redacción requiere alrededor de tres meses, pero cuando se llega a esa fase gran parte de los trabajos preparatorios —dibujos de gráficos y diagramas, tabulación de resultados y aun parte del anteproyecto preliminar— están ya hechos. El resto del tiempo se emplea en el trabajo experimental y, en la mayoría de los casos, se ha dado ya comienzo al trabajo de laboratorio cuando aún se está realizando la búsqueda de información y demás trabajo bibliográfico.

El porcentaje de los alumnos que continúan para conseguir los grados de Ph. D. es superior en Ingeniería y Ciencias que en Artes. En los últimos cuatro años, por término medio, aproximadamente el 8 por 100 de los estudiantes de Ciencias Aplicadas del King's College han obtenido el grado de Ph. D. En los últimos seis años no se ha otorgado ningún título de D. Sc. Si los valores medios significan algo, los grados de D. Sc. en Ciencias Aplicadas e Ingeniería se conceden aproximadamente una vez cada seis o siete años, pero ya se ha señalado que no todos los que pudieran optar al grado de D. Sc. se toman el trabajo de obtenerlo.

**Sr. Sánchez Monje.**—Los investigadores ingleses pueden considerarse felices al no tener ninguna intervención administrativa en las subvenciones que reciben.

En España tenemos la desdichada experiencia de que la Intervención

## SEGUNDO SEMINARIO DE ENSEÑANZAS CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS

debe aprobar distribuciones de fondos, que ya ha aprobado el donante. Y además de poner dificultades tarda varios meses en dar la aprobación final.

**Sr. González del Valle.**—Al aludirse a la necesidad de estimular la investigación, se menciona la posibilidad de lograrlo mediante la protección que una patente otorga.

No obstante se hace notar que por ser poco eficaz este estímulo, debe recurrirse a otros medios.

Entiende que lo más eficaz es «reformular la legislación sobre patentes hasta que éstas sean eficaces y contribuir a cuanto pueda tender a ello».



# EL DOCTORADO EN LAS ESCUELAS TÉCNICAS ESPAÑOLAS

Antonio Cámara  
Antonio Pérez Marín  
Vicente Roglá Altet  
Juan Santamaría

## I. INTRODUCCIÓN.

Las Escuelas Técnicas Superiores españolas constituyen una gran familia cuyos individuos poseen características comunes y también otras específicas que les son propias.

Todas las Escuelas requieren una fundamentación matemática y física en sus estudiantes y todas preparan a sus técnicos graduados para el desarrollo de una actividad técnica industrial.

Si, en cambio, se consideran aquellas otras características que les son peculiares, cabe establecer una primera clasificación de las Escuelas en tres grupos, según rasgos sobresalientes que las distinguen:

1. Escuelas que proporcionan una formación artística sobrepuesta y fundida con ciencia aplicada. Tal es el caso singular de la Arquitectura, madre de las Bellas Artes.

2. Escuelas orientadas fundamentalmente hacia el aprovechamiento técnico de seres vivos, como son las de Montes y Agrónomos.

3. El grupo formado por las restantes Escuelas, dedicadas más bien a la utilización práctica de la Naturaleza inerte, que no buscan el Arte como objetivo aunque a veces lo encuentren en las realizaciones de sus técnicos, ni cultivan estudios biológicos, aunque la vida, en todas sus formas, las envuelve y condiciona su actividad.

Esta ponencia, al considerar los estudios del Doctorado, se ha visto en la necesidad de establecer esta clasificación primaria para

concretar sus conclusiones sin descender al detalle de cada una de las Escuelas, si bien los caracteres comunes de la gran familia de Escuelas Técnicas permiten orientaciones generales que pasamos a glosar.

Nos aparece el Doctorado en ellas como un tercer ciclo de sus Enseñanzas, el primero de cuyos ciclos, común a las Facultades Universitarias de Ciencias, está constituido por los cursos Preuniversitario y Selectivo, ya estructurados hoy plenamente, y que en su conjunto proporcionan una propedéutica completa y general a los conocimientos científicos o técnicos que han de adquirir los alumnos en los Centros Superiores.

Pero ni el ciclo segundo, que está constituido por la carrera de arquitecto o ingeniero con el curso previo de Iniciación, ni el ciclo tercero o Doctorado, están definidos en el momento actual con exactitud. Estos dos últimos ciclos, íntimamente relacionados entre sí, habrán de ser función de las ideas básicas que orienten su contextura, del modo como se conciba la formación y la futura actividad de ingenieros y doctores.

Este criterio es previo a todo desarrollo de planes de estudio y de métodos didácticos, puesto que los condiciona, así que iniciaremos nuestra exposición, examinando, desde distintos puntos de vista, lo que, a nuestro juicio, constituye un ideal hacedero.

Al iniciar un nuevo camino es prudente comenzar por el examen de la experiencia ajena, por lo que pasaremos revista, en primer lugar, al concepto y evolución de las ideas sobre el ingeniero y doctor en el ámbito internacional y singularmente en aquellos países que por estar más avanzados industrialmente que el nuestro son, en cierto modo, espejo de nuestro futuro.

A continuación, y por tratarse, en definitiva, de cómo poner en práctica la Ley de 20 de julio de 1957 sobre Ordenación de las Enseñanzas Técnicas, debemos acudir a la propia Ley procurando interpretar el espíritu que la anima.

Dirigiremos luego nuestra atención a las necesidades técnicas españolas previsibles, a la materia prima —nuestra juventud escolar— que hemos de formar para satisfacerlas, a los medios de que disponemos para ello, a los problemas que se plantean y a su posible solución.

Por último, concretaremos nuestras conclusiones, esbozando el plan general y un detalle del mismo para cada uno de los tres grupos de Escuelas antes mencionados.

## II. FRANCIA.

Hay en Francia muy diversos modos de cursar los estudios de Ingeniería.

Por una parte están las prestigiosas Escuelas tradicionales llamadas «les grandes Ecoles», tales como «Ponts et Chaussées», Minas, Ingeniería Marítima, Telecomunicaciones y Electricidad.

Se ingresa en ellas tras severo examen basado fundamentalmente en problemas de matemáticas, como en nuestro sistema antiguo. También allí, como entre nosotros, se requiere una preparación de dos años como mínimo y más frecuentemente de tres o cuatro años en centros especiales y privados de enseñanza. Esta preparación se inicia tras el Bachillerato, que termina a los diecisiete o dieciocho años, ingresándose, por tanto, entre los diecinueve y los veintidós años. Los cursos en estas grandes Escuelas son de tres o cuatro años, según los casos.

También se accede a ellas a través de la muy famosa Escuela Politécnica que efectúa asimismo una fuerte selección, admitiendo menos del 20 por 100 de los presentados. Los cursos en la Politécnica son dos. Sus diplomados eligen, por orden de escalafón, la gran Escuela en que desean proseguir sus estudios, bastándoles uno o dos años más para completar su formación de ingenieros.

El número de plazas para ingreso en estas Escuelas se anuncia previamente y es muy reducido, aunque está aumentando en los últimos años. Así, por ejemplo, las cifras respectivas de 1955 y 1957 fueron: 25 y 35 en «Ponts et Chaussées», 45 y 55 en Aeronáutica, 15 y 25 en Telecomunicación, 265 y 300 en la Politécnica.

El extremo opuesto al camino tradicional de las grandes Escuelas para los estudios de Ingeniería, lo proporcionan los Institutos Nacionales de Ciencias Aplicadas (INSA), el primero de los

cuales fué creado en Lyon por Ley de 6 de febrero de 1957, a iniciativa de M. Longchambon, presidente del Consejo Nacional de la Investigación Científica. Para el ingreso en ellos no se requiere prueba alguna, bastando que los candidatos estén en posesión del Bachillerato matemático o técnico-matemático. En el primer año de estancia de los alumnos en estos Centros se les somete a una observación cuidadosa, en consecuencia de la cual se les orienta, bien hacia «ingenieros de estudios» (cuya formación requiere cinco años), bien hacia «ingenieros de ejecución» (cuatro años) o, finalmente, hacia peritaje. A los primeros se les da el rango pleno de ingenieros de estudios superiores.

Por otra parte, la Universidad ha creado y controla las llamadas Escuelas Nacionales Superiores de Ingenieros (ENSI) según decreto de 16 de enero de 1947. Se partió para ello de las Facultades o Institutos Universitarios que ya habían organizado este tipo de enseñanza y concedían diplomas de ingeniero. Alguna de estas facultades no han sido aún transformadas y continúan otorgando sus títulos, constituyendo una cuarta vía de acceso a la ingeniería en proporción aproximada al 30 % de los que cursan en las ENSI.

La Universidad exige, tras el Bachillerato, un primer ciclo de conocimientos o propedéutica de un año de duración y a continuación el 2.º ciclo, en el que se exigen 4 certificados para la licenciatura (del orden de 3 años). Tras este ciclo existe un tercero de dos años como mínimo, creado por Decreto de 20 de julio de 1954 y que tiene un doble objeto: dar a los estudiantes conocimientos profundos en una especialidad limitada e iniciarles en la investigación.

Este tercer ciclo también pueden cursarlo los ingenieros superiores.

El primer año del tercer ciclo se dedica al estudio de una disciplina muy concreta y especializada, profundizando hasta el límite actual. El segundo año a la preparación de una tesis sobre una investigación inédita cuya aprobación otorga al candidato el título de «Doctor de Especialidad».

Este doctorado tiene un nivel muy inferior al Doctorado en Ciencias o en Ingeniería que exige mucho más tiempo. El de Ciencias, por ejemplo, requiere unos 5 años de estudios e investigaciones tras la Licenciatura.

Paralelamente al tercer ciclo y con fines análogos existen las llamadas Escuelas oficiales de perfeccionamiento o de Aplicación que se nutren de ingenieros diplomados a los que otorgan un certificado tras un año de estudios. El más reciente de estos Centros es el Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Nucleares que funcionan en Saclay desde 1956 y concede el título de Ingeniero Atómico.

Hay también muchas Escuelas que no funcionan exclusivamente como Centros de perfeccionamiento pero que reciben a Ingenieros Diplomados de otras y les otorgan su propio título tras un año de estudios. Tales la Escuela Superior de Electricidad, las secciones especiales del ENSI de Grenoble. Construcciones Aeronáuticas de la Defensa Nacional, Aviación Civil de Obras Públicas, etc.

El Doctorado en Ingeniería, organizado por Decreto del 19 de marzo de 1948, requiere los títulos previos siguientes:

- a) Bachiller.
- b) Certificado de propedéutica.
- c) Dos certificados de estudios superiores universitarios (de los 4 que exige la Licenciatura en Ciencias).
- d) Diploma de Ingeniero Superior.

El título de Doctor Ingeniero requiere, tras esto, 2 años como mínimo de estudios e investigaciones y el mantenimiento de dos tesis. La primera sobre resultados originales de orden técnico o de orden científico susceptibles de aplicación práctica, y la segunda tesis: sobre un tema propuesto por el tribunal para apreciar la formación general del aspirante.

El CNRS (Centro Nacional de Investigaciones Científicas) concede una estancia de tres años en sus establecimientos docentes, a los ingenieros que desean doctorarse.

Hay actualmente en Francia unos 850 Doctores Ingeniero de los cuales: una cuarentena se dedican a la investigación, otra cuarentena a la enseñanza y el resto o sea más del 90 %, están actuando profesionalmente como ingenieros en las distintas ramas industriales. A propósito de ello decía el año pasado en este mismo Seminario M. Coulomb, Director del CNRS, en su magistral conferencia, que este título de Ingeniero Doctor es muy apreciado en la Indus-

tria y que muchos ingenieros no dudan en prolongar sus estudios para conseguirlo.

Sin embargo, hay aquí un grave problema económico. Estos jóvenes ingenieros deben consagrar todo su tiempo al Doctorado y su trabajo requiere un espíritu libre de toda preocupación material. Así pues, se impone retribuirlos. Esto se logra en Francia, bien por medio de empresas industriales que contratan el futuro esfuerzo al Doctor o que establecen becas desinteresadas, bien por el propio Estado a través del CNRS. Su Director General M. Cou lomb, nos decía el año pasado que 120 ingenieros estaban siendo retribuidos entonces por el CNRS mientras preparaban su Doctorado.

Lo que precede es un esquema incompleto de la enseñanza de la ingeniería en Francia. No hemos mencionado Escuelas oficiales menos famosas o las privadas reconocidas por el Estado (como las Católicas de Artes y Oficios de Lille y de Lyon).. En total hay 137 escuelas que otorgan títulos superiores. Tampoco se han especificado caminos de acceso a la Ingeniería que no requieren el bachillerato completo como es la vía laboral.

Pero interesa más a nuestro propósito la somera exposición que precede y especialmente cuáles son en estos momentos los problemas más agudos de la enseñanza de la ingeniería en Francia y cómo se pretende resolverlos.

En la Rue de Grenelle de París, en el Ministerio de Educación francés trabaja una comisión formada por 35 miembros representativos de muy diversos Cuerpos y actividades, para estudiar la solución de los problemas de enseñanza técnica y en particular los medios de acrecentar el número de Ingenieros que hoy son del orden de 130.000 y se desea elevar a 200.000 en 1970.

Preocupa el número insuficiente y preocupa la eficacia de la actual organización de la enseñanza. Se han emprendido, como se ha dicho, reformas parciales, y se han iniciado interesantes experiencias, pero se echa de menos una reorganización general.

Jean Ullmo, profesor de la Escuela Politécnica escribe: «Los franceses son notablemente inteligentes pero esta inteligencia está malgastada en su utilización». Y Louis Armand, primer presidente del Euratom, añade: Nuestra manera de tratar la materia gris,

tan abundante en Francia, consiste en actuar como quien quemara un bosque en su deseo de comprobar si los árboles resisten».

Henry Longchambon, presidente del «Conseil Supérieur de la Recherche Scientifique et du Progrès Technique» anteriormente mencionado, en el prólogo de la primera encuesta de una Comisión de dicho Consejo escribía «el número de estudiantes inscritos en las diversas Facultades de Estudios Superiores es alrededor de 150.000, pero de ellos menos de 30.000, el 20 %, estudian Ciencias o Ingeniería. Las causas de este retraimiento son numerosas y complejas: las tradiciones de nuestra cultura greco-latina, la dificultad de nuestros estudios científicos con un exceso de anticuada matemática, las barreras de los concursos de selección que son inhumanos en su esencia y en su forma, y la exigua retribución de profesores y de investigadores».

En el «rapport» de la citada Comisión, presidida por M. Landucci, se dice «que el contingente anual de nuevos licenciados en ciencias en las Universidades francesas es de 600 y de Ingenieros 3.050. Que solamente un 11 % del total de los mismos, o sea alrededor de 400, se dedican a investigación y que entre Doctores en Ciencias e Ingenieros Doctores totalizan al año unos 250. Concluyen que la proporción de investigadores respecto al conjunto de los que han recibido una formación científica es muy débil y que el efectivo global de científicos e ingenieros es insuficiente, debiendo incrementarse en un 60 % para cumplir los planes gubernamentales inmediatos».

Por otra parte, existen también partidarios de no reformar las grandes Escuelas. Alegan que la industria tiene sin duda necesidad de un gran número de los ingenieros especialistas que otros Centros forman, pero que resulta no menos necesario disponer de un corto número de hombres capaces de coordinar conjuntos de actividades científicas o técnicas, minoría que es formada excelentemente por las Escuelas tradicionales con su severísimo ingreso y su amplia información científica y tecnológica.

Esta posición de las grandes Escuelas ha impedido, hasta la fecha, la reorganización general de las Enseñanzas Técnicas en Francia.

## III. SUIZA.

En Suiza destaca, por su importancia y el enorme prestigio adquirido en todo el mundo, la Escuela Técnica Federal o Politécnico de Zurich.

Está integrado el Politécnico por Institutos, Laboratorios y Centros de carácter experimental y de investigación. Se divide en las 12 Secciones de: Arquitectura. Construcción, Mecánica y Electrotécnica, Química Industrial, Farmacia, Montes, Agricultura, Construcción Rural y Topografía, Matemáticas y Física, Ciencias Naturales, Ciencia Militar y Estudios Generales.

Los Centros de investigación realizan investigaciones de repercusión práctica casi inmediata, que les permite establecer relaciones con los medios industriales y agrícolas, así como investigación fundamental y otras que es difícil decir si son de carácter básico o aplicado.

Es de destacar la elevada proporción de profesores con respecto a alumnos: En el curso 1955-1956 existió un total de 516 profesores de diversas clases (108 catedráticos numerarios) por 2.776 alumnos. Se acusa también en Suiza el grave problema, común al mundo occidental, de la escasez de alumnos para las necesidades del país y la dificultad creciente de cubrir los cuadros de profesores e investigadores.

Desde el punto de vista de la enseñanza puede afirmarse que constituye una seria preocupación para los rectores del centro evitar una prematura especialización, evitándose durante los estudios de Licenciatura este riesgo, dando primordial importancia a las asignaturas fundamentales, que posteriormente constituirán las bases firmes y seguras de la posterior especialización.

También es de destacar que los planes de estudio están sujetos a constante evolución, con la creación, supresión, reducción, ampliación o reunión de disciplinas, según aconsejen las circunstancias. En los últimos cursos hay asignaturas de carácter obligatorio y electivo.

Los estudios del Doctorado tienen una duración de uno a dos años. Los alumnos colaboran a la labor desarrollada en los Centros



de Investigación, coordinados en el Politécnico, para la redacción de la correspondiente tesis. En general se procura que las diversas tesis preparadas en un Instituto tengan por objeto la resolución de problemas similares, considerados desde distintos puntos de vista o de una serie de problemas relacionados, cuyas soluciones reunidas pueden tener un valor considerable y desembocar en progresos señalados.

#### IV. ALEMANIA.

Los Centros de Estudios Superiores en Alemania: Universidades y Escuelas Técnicas (Hochschule) gozan de completa autonomía, tanto en su administración como en la organización de sus estudios. Resulta así que las enseñanzas de los distintos Centros son muy variadas y a menudo no comparables, si bien, oficialmente, todas poseen el mismo rango y están equiparadas entre sí las Universidades y las Escuelas Técnicas.

Como consecuencia de su libertad de acción, las enseñanzas de unas y otras se entremezclan, siendo corriente que existan Facultades de Ciencias en las Escuelas Técnicas Superiores.

Así, en la Escuela Técnica de Munich existen cinco Facultades: la de Ciencias Generales (Allgemeine Wissenschaften), que expide diplomas de: Matemáticas, Física, Química y Geología; la de Construcción, la de Mecánica y Electrotecnia, la de Agricultura y la de Cervecería. En cada una de estas Facultades pueden obtenerse diversos títulos técnicos.

El estudiante cursa, con entera libertad de asistencia a clase, un mínimo de seis a ocho semestres, terminados los cuales puede presentarse a «examen de Estado», equivalente a «licenciatura». Este examen de estado es preceptivo para ingresar al servicio del estado, pero no lo es, en general, para la obtención del grado de Doctor.

El Doctorado requiere un año de estudios seguido de examen y la presentación de una tesis. Paradójicamente suele ser más sencillo este examen y la aprobación de la tesis que el «examen de Estado». En Alemania abundan extraordinariamente los Doctores. El Doctorado es la culminación normal de los estudios de ingenieros.

Para desempeñar cátedras no se exige el «examen de Estado» pero sí el título de Doctor.

## V. INGLATERRA.

Dada la independencia absoluta de que gozan las Universidades inglesas, estas carreras, aunque se ajustan en lo principal, difieren en determinadas particularidades de unas facultades a otras.

Las facultades tecnológicas conceden cuatro títulos:

Licenciado en Ingeniería o Arquitectura.

(Bachelor of Engineering or Architecture).

Licenciado en Ingeniería o Arquitectura con honores.

(Bachelor of Engineering or Architecture with honours).

Master en .....

Y Doctor en .....

Aparte de estos títulos, los alumnos procedentes de Escuelas Técnicas cuyos estudios estén conceptuados como equivalentes a los de las facultades, pueden optar por dos títulos de categoría algo inferior: El certificado de ingeniero o arquitecto (certificate in Engineering or Architecture) y el diploma de ingeniero o arquitecto; para los que deben efectuar exámenes adecuados ante tribunales designados por las Facultades o Escuelas Técnicas pertenecientes o coordinadas con la Universidad de Londres.

Los poseedores de estos títulos están exentos de realizar las pruebas que requieren los Institutos profesionales para conceder los títulos de Associate Member o Corporate Member, equivalentes a la investidura de arquitecto o ingeniero.

Los títulos o diplomas de otra clase, expedidos por Escuelas cuyos estudios no reúnen la categoría científica y técnica para hacerlos acreedores a los títulos de una facultad universitaria, tienen un valor cuando más equivalente al de un perito o ayudante.

### *Estudios de licenciatura*

Para el ingreso en una facultad debe sufrir el alumno que pro venga de la Segunda Enseñanza un examen sobre su formación

humanística, acreditando, generalmente, conocimientos bastante elevados en matemáticas y ciencias.

Los estudios de licenciatura se desarrollan durante cuatro años, siendo el primero, con asignaturas básicas, común a todas las especialidades o ramas de la ingeniería.

Este curso suele durar cuarenta o cuarenta y dos semanas, con un trabajo de seis horas diarias durante cinco días a la semana.

En el segundo año se inicia la especialización hacia las distintas ramas de la ingeniería, con materias tecnológicas.

El segundo y tercer año deben aprobarse en examen conjunto. Concluido el tercer año, de acuerdo con el expediente académico, puede optar el alumno por terminar su licenciatura ordinaria asistiendo al cuarto curso o hacerla con Honores, para lo que debe sufrir un examen. La licenciatura con Honores implica que el alumno debe cursar además de las asignaturas obligatorias para la «ordinaria» una o dos asignaturas más, orientadas a completar su formación en la teoría fundamental, o asistir a un quinto curso.

#### *Estudios para el grado de «Master» y «Doctor»*

Terminada la licenciatura, los licenciados con Honores reciben el título de «Master», acreditando haber ejercido su profesión durante un período mínimo de dos años. Los licenciados ordinarios pueden obtener el título de «Master» presentando una tesis aprobada por la facultad donde se graduó o seguir estudios superiores en la Facultad de Ingeniería o Arquitectura de la Universidad o en Escuelas Técnicas reconocidas, durante un año.

El grado de Doctor se concede a los «Master» que se hayan destacado en su especialidad durante un período mínimo de cinco años o hayan seguido cursos superiores en facultades Universitarias o Escuelas Técnicas reconocidas durante un período mínimo de tres a cuatro años:

## VI. ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA.

Los alumnos procedentes de la Segunda Enseñanza ingresan en las «Undergraduate Schools» para realizar los estudios de *licencia-*

*tura*, que suelen durar cuatro años para la carrera de ingeniero y cinco para la de arquitecto, distribuidos en semestres. En estas escuelas se siguen métodos de enseñanza tradicionales con libros de texto, programas fijos y asistencia obligatoria a clase.

El 90 por 100 de los licenciados norteamericanos terminan con el título de licenciado «Bachelor in. (especialidad) Engineering or Architecture».

En casi todas las Escuelas se concede otro título (*Professional Degree*) de *grado profesional*, que puede lograrse de dos modos: O habiendo desempeñado un cargo de responsabilidad en una empresa ejerciendo la profesión, durante un período de tres a cinco años, cuyos informes se presentan al claustro de la Escuela y completando con una tesis sobre la especialidad ejercida durante ese período, elaborada bajo el asesoramiento del claustro de profesores, o cursando un quinto año de estudios en la Escuela, con elección de las asignaturas previo asesoramiento del claustro. Con ello se concede el título profesional de (especialidad) Engineer or Architect. (ejemplo: «Chemical Engineer»).

Algunas Escuelas conceden especialización en dos disciplinas distintas, cursándose entonces otro año más.

En las Escuelas de graduados (*Graduate Schools*) se conceden los títulos de «Master» y de «Doctor». La diferencia entre éstas y las de licenciados es que en las primeras gozan los candidatos de una extraordinaria independencia en lo referente a selección de las disciplinas científicas y tecnológicas y que se concede extraordinaria importancia a la investigación fundamental y aplicada.

El ingreso en estas escuelas se limita a los licenciados que hayan obtenido mayor puntuación que la media entre los aprobados y en muchos casos deben someterse a exámenes previos en determinadas asignaturas de acuerdo con la especialidad elegida.

Para el título de Master se requiere un período mínimo de dos semestres dedicados a estudio e investigación, seguido de un examen de conjunto y una tesis o bien la resolución de un problema o proyecto científico o tecnológico.

Sólo el 10 por 100 de los licenciados siguen en los Estados Unidos los estudios para aspirar al título de Master.

El título de Doctor exige que el candidato haya dedicado un mí-

nimo de seis semestres a un programa combinado de estudios superiores e investigación, terminado el cual debe someterse a dos pruebas: Un examen de conjunto en la especialidad y en una o dos asignaturas tecnológicas afines con la misma y un examen escrito y oral sobre el tema de su especialización. Una vez aprobado debe someter al claustro una tesis doctoral sobre un tema de investigación fundamental.

Para los títulos de Master y de Doctor se requiere el conocimiento de un idioma (generalmente alemán o francés).

Sólo el 2 por 100 de los licenciados llegan en Estados Unidos a obtener el título de Doctor. Los candidatos a los títulos de Master o de Doctor se orientan en su mayoría hacia la investigación fundamental y aplicada o hacia la enseñanza.

Como ejemplo concreto se detallan los *Estudios de Arquitectura e Ingeniería en el Instituto Tecnológico de Massachusetts* (MIT) (Cambridge, USA).

Existen en dicho Instituto cinco escuelas de: Arquitectura y Urbanismo, Ingeniería, Ciencias, Humanidades y Estudios Sociales y Administración Industrial.

El personal académico de investigadores y administrativos es de 1.800 personas. El número de estudiantes matriculados en el curso 1957-58 fué de 6.000 aproximadamente, de los que 3.700 eran estudiantes de licenciatura y 2.300 licenciados que completaban su formación para obtener los grados de «Master» o Doctor. Sólo un tercio de los licenciados provenían del MIT; de los aspirantes a los grados superiores un 10 por 100 aproximadamente son extranjeros.

*Estudios.*—Corresponden a los títulos de «Licenciado», «Master» y «Doctor».

*Ingreso.*—Los alumnos que ingresen en el MIT para hacer la licenciatura proceden de la Segunda Enseñanza. En los cuatro años que dura la Segunda Enseñanza han de haber acreditado notas medias de 6 ó 7 sobre 10 y tienen que haber aprobado quince unidades (cada unidad equivale a una asignatura estudiada durante ocho meses con cinco horas semanales).

Existe examen de admisión consistente en pruebas de matemá-

ticas, física o química, idiomas y sociología adecuada a las carreras técnicas.

*Licenciatura.*—La de cualquier especialidad de ingeniería dura cuatro años y la de arquitectura cinco años.

En el primer año se estudian asignaturas básicas (especialmente ciencias y matemáticas y es común para todas las ingenierías; la de arquitectura difiere algo). En los demás años se estudian las tecnologías con posibilidad de convalidaciones entre asignaturas similares. A lo largo de la carrera deben cursar los alumnos un cierto número de asignaturas electivas. Los porcentajes medios de asignaturas de ciencia básica, aplicada, tecnología y humanidades es el siguiente para los tres primeros años de las carreras de ingeniero y arquitecto:

	Primer año	Segundo año	Tercer año
Ciencia básica ...	84 %	40 %	—
Ciencia aplicada...	—	24 %	49 %
Tecnología .....	—	20 %	35 %
Humanidades .....	16 %	16 %	16 %

Todo aspirante a licenciado arquitecto o ingeniero debe cursar durante la carrera ocho asignaturas cuatrimestrales sobre humanidades y ciencias sociales. Para obtener el título de licenciado hay que haber cursado los estudios con nota media de 6 ó 7 sobre 10.

*Graduados. Título de «Master» ingeniero o arquitecto y de Doctor.*

Las características de la Escuela de Graduados son la libertad académica del alumno para elegir las disciplinas científicas y la extraordinaria importancia que se da a la investigación. Los alumnos se matriculan en una especialidad pero su programa no está limitado a las asignaturas que se dan en un departamento académico.

Para obtener el título de «Master» en ingeniería o arquitectura hay que tener el título de licenciado del MIT o de otros centros de reconocida competencia y cursar satisfactoriamente un programa

académico mínimo de noventa y seis unidades didácticas, que incluyen de veinte a cuarenta unidades de tesis (la unidad didáctica corresponde a una hora semanal durante quince semanas de un cuatrimestre). A este título sólo tienen acceso los que formaron parte de la primera mitad de la promoción.

Para aspirar al doctorado hay que haber formado parte del primer tercio de una promoción o poseer el título de «Master» otorgado por un Centro de reconocida competencia. Se exige que el candidato haya dedicado un mínimo de tres años académicos a un programa combinado de estudios e investigación. Además, el candidato ha de someterse a un examen de conjunto en la especialidad elegida y demostrar suficiencia en dos asignaturas tecnológicas afines con la misma, así como facilidad en la lectura de literatura técnica en idiomas modernos. Finalmente, ha de someterse a la aprobación del claustro del MIT una tesis doctoral sobre un tema de investigación original. El tiempo normalmente requerido para la tesis es de uno a dos años.

Los candidatos a los títulos de «Master» y «Doctor» se orientan en su mayoría hacia la investigación fundamental y aplicada o hacia la enseñanza.

## VII. RUSIA.

En la Enciclopedia Soviética la enseñanza técnica superior se define así: «Preparar ingenieros altamente cualificados y políticamente conscientes, dotados de una cuidada formación técnica y cultural, así como de una profunda devoción por la Patria y por las directrices de Lenin, capaces de dominar y utilizar los nuevos adelantos de la ciencia y la tecnología y de combinar la teoría científica con el trabajo práctico de forjar una sociedad comunista».

El físico nuclear soviético Kapizta, en su discurso al «Presidium» de la Academia Rusa de Ciencias, decía: «En nuestra patria socialista se asigna un lugar preminente a la ciencia y al desarrollo de la técnica, que deben ser más sistemáticos y más identificados con sus objetivos que en los países capitalistas, donde se dejan un poco al azar y se distinguen por su carácter espontáneo».

Por último, la consigna de estas últimas décadas ha sido: «Los.

cuadros de especialistas deciden el resultado de toda actividad humana».

Estos párrafos muestran elocuentemente:

a) La preocupación rusa por fomentar el progreso científico y técnico.

b) El espíritu de servicio al Estado y a la ideología marxista y la rigidez y centralización de la enseñanza.

c) La tendencia a una gran especialización de los técnicos.

Los estudios científicos superiores se cursan en la Universidad y los técnicos en los llamados Institutos Superiores o Escuelas Superiores Técnicas, todos dependientes del Ministerio de Educación. La duración de estos estudios, científicos o técnicos, es de cinco años.

Universidades e Institutos son completamente independientes, pero esta enseñanza compartimentada desaparece en los estudios de los graduados que continúan su formación para alcanzar los títulos de «Kandidat» y de Doctor. En ellos se dedica el ingeniero a un profundo estudio de ciencias fundamentales y el universitario se orienta a aplicaciones utilitarias, trabajando ambos en las mismas aulas y laboratorios.

Hay un gran número de Institutos Superiores, unos ochocientos, mientras que las Universidades son treinta y tres.

La Enseñanza Técnica Superior se divide en cinco grupos, las especialidades de grupo son veintisiete, y en la última subdivisión se contaban hasta quinientas diez subespecializaciones.

Por ejemplo, un Instituto Superior puede conceder el Certificado de Estudios Superiores en la subespecialización de tecnología de fusión y refinado, especialización de la metalurgia del cobre y sus aleaciones, grupo de metalurgia.

Esta especialización excesiva ha sido objeto de duras críticas internas y por Decreto de 1954 se han reducido las subespecialidades a doscientas ochenta.

Los estudios de «Kandidat» y de Doctor se pueden cursar en doscientos setenta y ocho Institutos especiales de investigación, dependientes de la Academia de Ciencias o de diversos Ministerios Civiles y Militares, o bien en algunas Universidades e Institutos Superiores autorizados para ello.



Para el ingreso a los estudios de «Kandidat» se exige: el diploma de estudios superiores, poseer un expediente académico brillante a juicio del Centro donde ha de cursar dichas enseñanzas y aprobar tres exámenes orales. Una vez admitido el aspirante, cursa tres años. En los dos primeros se dedica a la especialidad elegida, a Ciencias económico-sociales y a dos idiomas extranjeros. En el tercer año prepara las tesis.

Para cursar el Doctorado se requiere el título de «Kandidat». No hay exámenes de ingreso, pero sí la presentación de un «curriculum vitae» que ha de merecer la aprobación de un tribunal. Los estudios del Doctorado tienen dos años de duración, en los que se realiza un trabajo de investigación supervisado por el Decano del Departamento o Facultad del Centro donde se curse, con el asentimiento de tres profesores especialistas.

También se otorgan títulos de «Kandidat» y de Doctor, sin estudios especiales, por méritos científicos, técnicos o políticos.

#### VIII. CONFERENCIA INTERNACIONAL DE INSTRUCCIÓN PÚBLICA DE GINEBRA.

La última reunión internacional sobre temas de enseñanza técnica y científica tuvo lugar en Ginebra en julio de 1959. Fué convocada por la Organización de las Naciones Unidas y por la Oficina Internacional de Educación para estudiar las medidas destinadas a facilitar el reclutamiento y formación de los cuadros técnicos y científicos.

Es curioso constatar la gran semejanza entre las recomendaciones de esta Conferencia y la Ley española de Ordenación de las Enseñanzas Técnicas, que ha precedido a aquélla en justamente dos años.

Transcribimos algunos de los considerandos y conclusiones:

Considerando que en cada etapa de su progreso los pueblos tienen necesidad de un número cada vez mayor de cuadros científicos y técnicos para lograr sus objetivos.

Considerando que el desarrollo cada vez más rápido de las ciencias y de la técnica exige una adaptación constante de las modalidades de formación de los cuadros.

Considerando que en todas partes existen jóvenes capaces de formar buenos cuadros técnicos y científicos siempre que reciban la formación necesaria.

Considerando que cada año que pasa la penuria de recursos, de profesores y de locales impide que las autoridades escolares puedan brindar esta formación a todo un sector de la juventud de sus países.

Considerando que la formación práctica reviste en todo momento una importancia capital en los estudios técnicos y científicos.

Considerando que en la enseñanza técnica y científica, así como en los demás tipos de enseñanza, el profesor continúa siendo el elemento esencial.

Considerando que todo aumento del potencial técnico y científico de las naciones que no fuera acompañado de una elevación correspondiente de su nivel cultural y moral podría amenazar la paz.

Considerando que toda discriminación que impida a los jóvenes de ciertos medios sociales acceder a los establecimientos de formación de los cuadros científicos y técnicos, ya sea un resultado de la desigualdad de medios económicos, de la disparidad en el desarrollo del sistema escolar en las distintas regiones, de prejuicios o de reglamentos, debe condenarse como contrario a la Declaración Universal de Derechos del Hombre.

1. La amplitud de la penuria de los cuadros técnicos y científicos exige de modo general la adopción de medidas especiales de urgencia destinadas a activar el reclutamiento y la formación de estos cuadros. Los planes y los programas correspondientes han de basarse sobre un estudio periódico lo más completo y profundo posible de las necesidades actuales y futuras de cuadros de los diversos niveles (investigadores, ingenieros, técnicos y obreros calificados), sin prejuicios de ninguna clase.

5. El número de años que deben abarcar los planes de formación de los cuadros técnicos y científicos variará según las condiciones especiales del país; estos planes deberán ser lo suficientemente flexibles para que puedan introducirse en ellos las modificaciones que aconseje la experiencia.

8. Es preciso que las estructuras de enseñanza concebidas para

hacer frente a las nuevas exigencias de la formación técnica y científica sean lo bastante flexibles para adaptarse a la rápida evolución de la ciencia y de la técnica.

9. La misión de fomentar y coordinar las medidas destinadas a activar la formación de los cuadros científicos y técnicos (planes de acción, programas de estudio, documentación, etc.) debería confiarse a organismos especializados (Dirección General de Ministerio, Comisión Ministerial e Interministerial, Comisariado de Planes, Fundaciones, etc.) que gocen de la autoridad y competencia necesarias.

11. Convendría que los Organismos responsables de la formación de los cuadros científicos y técnicos pudiesen participar en la elaboración de la política escolar, científica y económica del país.

13. Sea cual fuere el grado de desarrollo económico y cultural de un país, es preciso que prevea un esfuerzo económico cada vez más intenso para hacer frente a estas necesidades crecientes en materia de formación de cuadros científicos y técnicos. Aún cuando, en general, este esfuerzo económico no debe hacerse a expensas de los otros tipos de enseñanza, puede llegar a ser necesario proceder a una revisión de las otras estructuras escolares y del reparto entre las diferentes ramas de la enseñanza para evitar un predominio excesivo de estudios de cultura puramente general o humanística.

15. Al fijar los créditos que deben destinarse a la formación de los cuadros técnicos y científicos conviene tomar en consideración, de modo especial, las mayores exigencias en los dominios siguientes: a) creación de nuevos establecimientos en proporción con los efectivos escolares y en relación con las nuevas especializaciones técnicas y científicas; b) reclutamiento, formación, empleo y remuneración del personal docente y del de laboratorios y talleres; c) edificios en número suficiente, comprendiendo los laboratorios y talleres y aulas necesarias; d) equipos de material científico y técnico indispensable para la investigación y la enseñanza; e) entretenimiento y funcionamiento de las diversas instalaciones; f) ayuda a los estudiantes.

21. Entre las formas que puede adoptar el esfuerzo económico del sector privado conviene citar las siguientes: la creación, por cuenta de las grandes empresas, de establecimientos de formación

de cuadros técnicos e institutos de investigación; la constitución de fondos especiales privativos de un grupo de empresas o la participación en fondos de carácter más general constituídos por los poderes públicos en cooperación con la iniciativa privada; la concesión directa de subvenciones a ciertas instituciones; el pago de un impuesto especial destinado a fomentar el desarrollo de los cuadros científicos y técnicos; la institución de bolsas especiales destinadas a estimular ciertos estudios o trabajos de investigación, etc.

22. Conviene hacer todo lo posible para multiplicar las instituciones capaces de asegurar la formación de los cuadros técnicos y científicos, bien se trate de establecimientos de enseñanza secundaria o de aquellos destinados a la enseñanza superior. Es también necesario hacer un esfuerzo para aumentar el número de plazas disponibles en los establecimientos ya existentes, siempre que se vele por que este aumento no lleve consigo una disminución en el nivel de los estudios.

24. En cuanto sea posible, los establecimientos de formación de los cuadros científicos y técnicos deberán estar distribuidos de modo racional a través del territorio nacional. En el caso de las enseñanzas especializadas conviene tener en cuenta las características de la producción de las regiones donde estarán localizados estos establecimientos.

26. El progreso científico, por una parte, y los perfeccionamientos e innovaciones en materia de técnica de producción, por otra, exigen una creciente especialización en las enseñanzas técnicas y en los diplomas; de todos modos conviene evitar todo exceso de especialización, sobre todo en el escalón medio de la formación, tanto para hacer frente a ciertas exigencias de orden pedagógico, como para facilitar el paso ulterior de una actividad profesional a otra.

28. Además de la formación especializada que se dispensa en los ciclos regulares de estudios, conviene fomentar la creación, a la terminación de estos ciclos, de estudios de especialización más avanzada en los niveles postsecundario y postuniversitario, así como la introducción de un doctorado técnico.

29. Con objeto de mejorar la formación de los cuadros técnicos y científicos y hacerla más eficaz, convendría asociar en mayor

grado la práctica y la teoría, concediendo más atención a los trabajos prácticos en las empresas industriales, los laboratorios y los institutos de investigación, a la vez que se multiplicasen los cursos superiores de física y matemáticas.

30. La penuria de los cuadros técnicos y científicos ejerce una influencia desfavorable sobre el reclutamiento de los profesores encargados de la formación de los mismos. Se imponen medidas serias para atraer o retener en la enseñanza a los técnicos, ingenieros e investigadores, tentados por las condiciones más ventajosas que se les brindan en el campo de la producción y para orientar hacia la enseñanza e investigación una proporción suficiente de los mejores alumnos de uno y otro sexo procedentes de las enseñanzas secundaria y superior.

31. Entre las medidas que pueden contribuir a aumentar el número de los profesores calificados, especialmente de aquellos que se consagran exclusivamente a la enseñanza, se pueden señalar las facilidades orientadas a ampliar el reclutamiento y asegurar la formación del personal docente de las enseñanzas secundaria y superior, la adopción de escalas de sueldos suficientes, un mayor reconocimiento del valor e importancia del trabajo del profesor y la mejora de las condiciones de seguridad social del cuerpo docente. Aparte del personal dedicado con carácter permanente a la enseñanza, puede ser útil confiar una enseñanza en horarios particulares a miembros de los cuadros técnicos y científicos que trabajan en los campos de la producción e investigación.

32. Por regla general es preciso contar con cursos de perfeccionamiento para tener al personal docente al corriente de los progresos realizados en el dominio de las ciencias y de la técnica y en los métodos de demostración y enseñanza más apropiados en cada caso.

33. Con objeto de asegurar la formación de los cuadros técnicos y científicos que exige la vida moderna, es de desear que los establecimientos de enseñanza técnica superior y las universidades puedan disponer de medios de trabajo científico avanzados y de medios de investigación que atraigan al personal docente, a los estudiantes y a los investigadores titulados, gracias a la instalación

de laboratorios dotados de medios materiales científicos y técnicos perfeccionados y de bibliotecas científicas y técnicas.

39. La estructura del sistema escolar debe evitar que la selección de la sección de estudios que prepare para esta o aquella profesión tenga lugar demasiado temprano; se llegaría a ello, en particular, mediante la creación de un ciclo de orientación en el umbral de la enseñanza secundaria.

40. En el momento en que hay un esfuerzo para intensificar la formación especializada de los futuros técnicos y científicos, conviene conceder la importancia necesaria, en la preparación de los mismos, a las disciplinas de cultura general y a todo lo que puede contribuir al cultivo del espíritu.

44. Conviene llamar la atención igualmente sobre el sistema que consiste en concentrar la instrucción teórica en los establecimientos de enseñanza técnica y la formación práctica en las empresas. Este sistema comprende normalmente períodos de igual duración consagrados alternativamente a la formación práctica y a la instrucción teórica, estando, tanto el uno como el otro, cuidadosamente coordinados y controlados. Es corriente que los interesados reciban una remuneración, durante todo el período de su preparación, de las empresas responsables de su formación práctica.

46. El acceso a la enseñanza superior y a la universidad debería concederse no sólo a los titulados de la segunda enseñanza, sino también, mediante un período de preparación o un examen de admisión, a los titulados de la enseñanza técnica media y a los trabajadores empleados.

49. La concesión de bolsas o subsidios para sufragar los gastos de estudios y de manutención constituye uno de los medios más eficaces de aumentar el número de candidatos a los estudios científicos y técnicos.

53. Las ofertas de trabajos remunerados compatibles con el estudio, y que se efectúan preferiblemente bajo la forma de períodos que complementan los cursos de estudio, pueden considerarse como un tipo de ayuda social a la que sería deseable recurrir. Conviendría también adoptar todas aquellas medidas necesarias para evitar, por parte de los patrones, toda posibilidad de abuso tanto

en materia laboral como en lo referente a la remuneración de los estudiantes.

59. Aún en el caso de los países menos favorecidos, el envío de especialistas y estudiantes al extranjero continúa siendo un requisito indispensable, pues aun si el esfuerzo económico que ello requiere puede parecer poco compatible con los recursos del país en cuestión, por otra parte es indispensable para su desarrollo. En esto, como en la aplicación de cualquier otro medio al que pueda recurrirse para formar rápidamente cuadros técnicos y científicos, las dificultades de financiación pueden resolverse parcialmente en el cuadro de la asistencia técnica.

60. Es preciso adoptar medidas especiales para procurar material científico moderno a los laboratorios de los países en que aquél escasea.

#### IX. LA LEY DE 20 DE JULIO DE 1957 SOBRE ORDENACIÓN DE LAS ENSEÑANZAS TÉCNICAS.

El espíritu de la Ley, en cuanto concierne al aspecto que nos ocupa, puede conjeturarse del preámbulo de la misma y de su parte dispositiva y ha sido además perfilado recientemente por el Director General de Enseñanzas Técnicas en el discurso que pronunció en Bilbao el 14 de marzo de este año ante la Junta de Enseñanza Técnica.

En dicho preámbulo se manifiesta que es propósito de la Ley lograr que un mayor número de técnicos pueda incorporarse en plazo breve a sus puestos de trabajo. Que la nueva estructura docente será un sistema coordinado y dinámico enlazado con el saber universitario por una parte y con la Enseñanza Laboral por la otra. Que esta estructura docente debe estar concebida para el mejor aprovechamiento del valioso potencial humano y con la suficiente flexibilidad para que pueda adaptarse a la rápida e incesante evolución de la técnica. Que el acervo de conocimientos técnicos ha llegado a constituir una gran unidad autónoma, dentro de la cual las diversas tecnologías requieren colaboraciones mutuas, circunstancia que exige romper el tradicional aislamiento de las Escuelas. Que en otro tiempo estaba justificado que se tendiese a formar en

ellas funcionarios públicos y aún con cierto carácter administrativo, pero hoy la iniciativa parte fundamentalmente de la industria privada y que el Estado debe exigir a sus funcionarios técnicos una mayor dedicación a sus fines propios y no a tareas meramente burocráticas.

Que es necesario sustituir el concepto tradicional de técnico enciclopédico por otro de campo más específico mediante una mayor especialización. Que esto no significa que hay que disminuir la base científica de los futuros técnicos, sino que por el contrario hay que hacerla extensa y sólida, siguiendo a estas enseñanzas básicas la especialización tecnológica que precise el pleno ejercicio profesional del arquitecto o del ingeniero.

Que quienes hayan obtenido uno de estos títulos podrán además recibir una formación complementaria en las Escuelas Técnicas Superiores, que añadida, a la profesional adquirida, una especial dedicación para el ejercicio de las tareas investigadoras o docentes, otorgándoseles el título de Doctor tras pertinentes pruebas.

Que en cuanto a las normas generales que han de orientar los futuros planes de estudio, hay que insistir en la importancia de la realización de prácticas en talleres y laboratorios y en la necesidad de intensificar la formación cultural y humana de quienes, por imperativo de su profesión, habrán de ejercer, a menudo, funciones rectoras en amplios sectores sociales.

Hasta aquí el preámbulo de la Ley. En su articulado se precisan algunas de las ideas expuestas.

Así, en el artículo cuarto se dice que «el título de Arquitecto o Ingeniero representa la plenitud de la titulación en el orden profesional para el ejercicio de la técnica correspondiente, tanto en la esfera privada como en el servicio del Estado, de acuerdo con los derechos, atribuciones y prerrogativas que las disposiciones legales establezcan en cada caso, sin que la especialidad prejuzgue respecto de la capacidad legal para el ejercicio profesional en las restantes especialidades de la Escuela correspondiente», y faculta asimismo para el acceso a los estudios del Doctorado.

«El título de Doctor Arquitecto o Doctor Ingeniero representa la máxima titulación académica y añade al de Arquitecto o Ingeniero una especial dedicación a la enseñanza, capacitando para el



desempeño de cátedras tanto en las Escuelas Técnicas Superiores como en las Universidades y constituirá mérito preferente para la docencia e investigación.»

En el artículo quinto se establece que las Enseñanzas Técnicas formarán un sistema coordinado de estudios y disciplinas. Que estas enseñanzas tendrán una orientación eminentemente formativa y comprenderán, junto a las disciplinas propias de cada técnica, materias científicas básicas y otras de intensificación cultural, otorgando la atención debida a los problemas económicos y de organización. Incluirán además asignaturas que puedan cursarse con carácter voluntario para el mejor desarrollo de la vocación de los escolares.

También se dice, en este artículo quinto, que las Escuelas organizarán, directamente o en cooperación con otras entidades y tanto para titulados como para quienes no reúnan este requisito, cursos monográficos de especialización y perfeccionamiento, Seminarios y Cátedras especiales; y que se procurará la creación de Institutos y laboratorios de investigación técnica y cooperación industrial y de servicios de información bibliográfica, supervisados por la Dirección de la Escuela Técnica Superior correspondiente, la que cuidará que constituyan un todo orgánico.

Por último, el artículo doce se refiere específicamente a los estudios de Doctorado y se transcribe íntegramente a continuación.

«1. Los arquitectos o ingenieros que aspiren al Grado de Doctor lo solicitarán en la Escuela oficial correspondiente a la técnica de su titulación, cuya Junta de Profesores, de acuerdo con el aspirante, designará el profesor o especialista que habrá de dirigir sus estudios y su tesis.

Para la obtención del grado se requerirá:

a) Cursar los estudios que reglamentariamente se determinen y aquellos otros propuestos por el profesor o especialista director de la tesis.

b) Obtener la aprobación de una tesis original.

2. Los estudios del Doctorado tendrán, como mínimo, la escolaridad de un año. La junta de Profesores, cuando la índole del programa de estudios lo aconseje, podrá autorizar al aspirante a

que curse alguna de las materias en otros Centros de Enseñanza e investigación nacionales o extranjeros.

3. La tesis doctoral será juzgada por un Tribunal que estará constituido por el director de la tesis y cuatro catedráticos numerarios nombrados por la Junta de Profesores. Cuando en la propia Escuela no existan especialistas suficientes podrán ser llamados catedráticos de otras Escuelas Técnicas de Grado Superior.

4. En reconocimiento de los valores tradicionales que encierran las denominaciones de los actuales titulados, las que usarán los futuros doctores serán las siguientes:

Doctor Arquitecto.

Doctor Ingeniero Aeronáutico.

Doctor Ingeniero Agrónomo.

Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Doctor Ingeniero Industrial.

Doctor Ingeniero de Minas.

Doctor Ingeniero de Montes.

Doctor Ingeniero Naval.

Doctor Ingeniero de Telecomunicación.

indicándose, tras este título, la especialidad cursada.»

El discurso antes aludido, que el Director General de Enseñanzas Técnicas dirigió a la Junta del mismo nombre reunida en Bilbao, es una valiosa ayuda para interpretar el espíritu de la Ley y vamos a transcribir algunos párrafos.

Dice el señor Millán:

«La necesidad de aumentar el número de Técnicos de Grado Superior y Medio constituye tan sólo uno de los aspectos del problema. Otros dos, por lo menos de igual importancia y no enteramente independientes del anterior, son la necesidad de aumentar nuestro potencial docente (centros, instalaciones y profesorado) y de revisar nuestros planes y métodos de enseñanza, para hacerlos más actuales, auténticos y eficaces.

La Ley sirve a estos fines aportando los recursos económicos necesarios, en primer lugar, y estableciendo una estructura básica muy flexible y orgánica, capaz de un desarrollo evolutivo atemporado a las exigencias de cada momento.

El desarrollo de las múltiples posibilidades que en ella se ofre-

cen ha obligado a simultanear, desde el primer momento, la resolución de aquellas cuestiones que se presentaban con carácter de urgencia al poner en marcha los nuevos planes, con otros problemas derivados de un plan sistemático de mayor alcance que ya empieza a perfilarse y exigir una acción cada vez más coordinada en muchos aspectos de la reforma.

Otra preocupación de la Ley ha sido la de vincular el profesorado a la enseñanza de modo cada vez más completo, idea que se desarrolla en los nuevos Reglamentos, recientemente implantados, mediante una adecuada especificación del conjunto de obligaciones del profesorado.

A ello habrá de contribuir también el régimen de dedicación exclusiva, así como los nuevos sistemas de selección del profesorado, recogidos en los Reglamentos de 10 de julio de 1958, y finalmente la apertura de las cátedras y otras plazas de profesores, tanto en las Escuelas Técnicas como en la Universidad, a los titulados de unas y otras, todo lo cual habrá de contribuir a aumentar grandemente, como ya se está comprobando, la base de reclutamiento de los nuevos profesores, al mismo tiempo que los nuevos Reglamentos de selección garantizan suficientemente la elección del más calificado en cada caso.

Respecto a los planes de estudio ha sido necesario proceder sobre la marcha, implantando provisionalmente los planes del primer año de la carrera, como ahora va a hacerse con el segundo, mientras las Escuelas iban formando criterio respecto de la forma en que habrán de quedar configurados los nuevos planes de estudio, de acuerdo con las orientaciones de la reforma.

En esta fase provisional, la Junta de Enseñanza Técnica se ha limitado a recomendar a las Escuelas que procurasen adaptar sus propuestas a unas orientaciones muy generales y flexibles, inspiradas en los siguientes propósitos: 1.º Evitar el trabajo excesivo o muy diversificado del alumno mediante una limitación del horario semanal de clases teóricas y prácticas y del número de materias fundamentales; 2.º Mantener una cierta ponderación entre los números de clases teóricas y prácticas, procurando fomentar estas últimas; 3.º Mantener un adecuado equilibrio entre las materias

básicas y aplicadas, con objeto de estimular el interés del alumno por las aplicaciones prácticas de los fundamentos científicos.

Sin embargo, parece llegado el momento de abordar ya en toda su generalidad y alcance el estudio completo de los nuevos planes, tarea que debe emprenderse desde ahora con la necesaria continuidad e intensidad, para que la Junta pueda disponer de los mismos y de su justificación antes de terminar el presente curso.

Se trata sin duda de uno de los puntos fundamentales y de más largo alcance de la reforma, y por ello hay que tratarlo con la amplitud de miras y con la proyección hacia el futuro que corresponde a una medida de la que habrá de depender en proporción considerable el estado de nuestra técnica en los próximos veinte años. Por consiguiente, el elemento de referencia no puede ser la situación actual, sino la que habrá de situarse, por lo menos, en la época en que los nuevos titulados se incorporen a la vida profesional.

Pudieran aplicarse a este trabajo las mismas recomendaciones de la Junta que han servido de orientación para los dos primeros años de la carrera, pero creo que ante la trascendencia del propósito puede ser útil completarlas con algunas consideraciones fundamentales sobre los objetivos de la reforma y sobre el modo de hacerlos efectivos en las nuevas orientaciones de la enseñanza.

Debe advertirse previamente que si bien la solución corresponde generalmente en estos casos a un equilibrio ponderado entre dos posibilidades extremas, lo que nos interesa ahora, como criterio, es la dirección en que debemos movernos para corregir los defectos actuales. Por consiguiente creo que el mejor modo de plantear la cuestión consistirá en destacar el contraste entre esas dos soluciones límites, seguramente exageradas, identificando la primera con el pasado y la segunda con el punto que debemos alcanzar, de modo que lo que se dice a continuación tiene el valor de una orientación sobre la tendencia que debemos imprimir a los nuevos planes de estudios.

Como se ha dicho al comienzo, la necesidad de aumentar el número de nuestros técnicos, en todos los escalones de la producción, constituye tan sólo uno de los varios motivos de la reforma y

el problema que ello plantea no es seguramente el más difícil de resolver.

Otras dos causas fundamentales son la evolución de la actividad profesional de esos técnicos y el rápido desarrollo y transformación de la moderna tecnología en un mundo de competencia, circunstancias ambas que obligan a revisar su formación haciéndola al mismo tiempo más sólida en sus raíces y más flexible en sus aplicaciones, para que pueda adaptarse a las exigencias del equilibrio dinámico que la nueva situación plantea.

Por ello, al referirse a esta cuestión, en su artículo quinto la Ley dice que los nuevos planes de estudios tendrán una orientación *eminentemente formativa*, frase que, aplicada a la situación de nuestras escuelas, tiene una clara interpretación, susceptible de hallar expresión precisa en los nuevos planes de enseñanza.

En efecto, creo que un defecto muy acusado de la actual orientación, constituye tan solo uno de los varios motivos de la reforma y la enorme densidad de muchos de ellos, es el de hallarse excesivamente *profesionalizados*, concepción que pudo estar justificada antes, en un sistema de actividades bien definido y estacionario, pero a la que debe oponerse ahora, por las razones señaladas, otra distinta, de índole *esencialmente formativa*. Tan sólo si sabemos proporcionar a nuestros futuros técnicos el dominio seguro de una rama homogénea y limitada de la tecnología, así como el de los fundamentos científicos que condicionan su transformación y desarrollo, en lugar de prepararles para el ejercicio de una determinada profesión, les situaremos en condiciones de hacer frente, con garantías de éxito y continuidad, a las exigencias de esa situación doblemente nueva a que antes me refería.

Este planteamiento de la cuestión ha encontrado reflejo preciso, por lo que se refiere al profesorado, en sus nuevas formas de selección, realizada ante Tribunales de especialistas en la materia y en la enseñanza, y no en la profesión, entre titulados de procedencia seguramente diversa, pero que acrediten un profundo conocimiento de las cuestiones de su cátedra. Con ello, el profesorado de cada escuela ya no se concibe como un conjunto de titulares de la misma profesión y al servicio de la misma actividad, sino como un grupo de especialistas que conocen a fondo determinados sec-

tores distintos de la ciencia o de la técnica, cuyo conjunto es necesario para alcanzar una formación adecuada.

Ahora se trata precisamente de que este nuevo concepto se proyecte también a fondo en la orientación de los nuevos planes de enseñanza.

Una primera consecuencia de todo esto debe ser el propósito de *autenticidad* con que deben abordarse los nuevos planes de estudios, en el sentido de que cada uno de ellos cultive, de modo muy diferenciado, las materias características de la técnica que le es propia, sacrificando a este principio lo accesorio, cuando sea necesario. A esta idea corresponde también el establecimiento de las nuevas especialidades que crea el Decreto de 6 de junio de 1958, siempre y cuando esta tendencia no quede desvirtuada por el deseo, tan irrealizable como infecundo, de que todos lo sepan todo, lo que dejaría reducido a una innecesaria ficción, sin la menor eficacia, este nuevo instrumento que la Ley pone a disposición de las escuelas para ayudarles al mejor cumplimiento de sus fines propios.

También responde a esta idea la Ley cuando establece, en el mismo artículo, que los planes de estudios tendrán la suficiente flexibilidad para adaptarse a las características regionales de los Centros o a la vocación particular de los escolares, mediante la inclusión de asignaturas que puedan cursarse con carácter voluntario o que permitan diferenciar las enseñanzas de escuelas iguales, según las zonas en que están enclavadas: todo lo cual apunta a ese propósito de eficacia que antepone la Ley a las exigencias de una formación rígida y uniforme que correspondía al concepto estrictamente profesional de los propósitos de la enseñanza. Con ello se ofrecen a las escuelas dos nuevos instrumentos que deben tenerse muy en cuenta al programar los nuevos planes de estudios, además de las especialidades ya citadas, para profundizar en el estudio de los problemas de su propia técnica.

En el mismo artículo la Ley habla también de la necesidad de que los nuevos planes incluyan, con suficiente intensidad, materias científicas básicas, pero creo que este aspecto no precisa de comentario especial, pues tales disciplinas están mereciendo mayor consideración que nunca, tanto en los cursos de ingreso como en los de la carrera, así como en la dotación de nuevas cátedras de

asignaturas fundamentales, tales como la Física o las Matemáticas; en el material científico de laboratorios, etc., aparte del Doctorado, que habrá de contribuir a este aspecto científico de las carreras técnicas de modo decisivo.

Por lo que respecta a la duración de los nuevos estudios, la Ley establece que el número de años de la carrera será de cuatro, o cinco como máximo, que sumados a los dos de ingreso dan un total de seis o siete.

Se trata, pues, de una de las carreras más largas de todos los países, y parece indudable que una adecuada organización de las enseñanzas ha de permitir desarrollar el plan completo de estudios en ese tiempo, particularmente si se considera que se dispone además de un doctorado, al que se puede dar, y conviene darle, toda la solidez necesaria.

En principio, al menos en esta fase de la reforma, no existe inconveniente en que la duración de la carrera sea de cinco años en aquellas escuelas que lo necesiten, pero entonces creo que debe incluirse en el último curso la realización del proyecto de fin de carrera.

Esta cuestión del proyecto necesita también ser revisada, tanto por lo que respecta a su organización como en cuanto a su contenido, en busca también aquí de una mayor autenticidad, que puede lograrse proponiendo temas lo suficientemente especializados y limitados para que el alumno pueda estudiarlos a fondo, con el estímulo de una dimensión real a la escala de los escasos medios de que puede disponer todavía y del punto alcanzado en su formación, aún no contrastada por la práctica profesional, sin eliminar la posibilidad de que tales temas impliquen, al menos en algunos casos, la necesidad de efectuar ensayos o mediciones en laboratorios y talleres, e incluso el proyecto y montaje de pequeñas instalaciones.

Las prácticas de laboratorios y talleres han de constituir una parte importante de los nuevos planes de enseñanza, exigencia que plantea, indudablemente, una de las mayores dificultades de la reforma. Sin embargo, como se trata de una cuestión clave, que es además una de las más atrasadas en nuestro plan de desarrollo, es preciso concentrar en ella todo el esfuerzo de las escuelas y todo el empeño de su profesorado

Los Seminarios permanentes sobre las materias que se cursan en la escuela y los cursos especiales sobre temas monográficos, tanto para alumnos como para postgraduados, constituyen un complemento indispensable del plan regular de enseñanza, que hasta el momento sólo ha ocupado un lugar incidental, en el mejor de los casos, entre las actividades de las escuelas. Sin embargo, si queremos mantener viva y actual su influencia y seguir de cerca la evolución y el desarrollo de la tecnología, es necesario que tales actividades alcancen un nivel suficiente, del que todavía estamos muy lejos.

Por ello se cree llegado el momento de impulsar sistemáticamente este aspecto de la reforma, para lo cual van a constituirse inmediatamente dos Comisiones especiales que estudien las posibilidades de las escuelas en ambos sectores; el mejor modo de llevarlas a la práctica y los recursos de toda índole que puedan necesitarse, con el propósito de que en el nuevo curso se pongan en marcha un plan de Seminarios y un plan de Cursos especiales de un cierto alcance.»

#### X. RECAPITULACIÓN.

Como consecuencia de todo lo transcrito podemos observar que la Ley y su autorizado intérprete marcan orientaciones definidas y en algún punto detalladas, pero la propia flexibilidad y el desarrollo evolutivo que propugnan dejan libre campo a criterios opuestos respecto al tema del Doctorado que nos ocupa aún dentro de las citadas orientaciones.

En síntesis, como resumen y recapitulación, cabría decir lo siguiente:

1. El primer ciclo de las Enseñanzas Técnicas constituido por el nuevo Preuniversitario, con Matemáticas, Física y Biología, y el nuevo Selectivo, adaptado al dicho Preuniversitario y con un criterio menos ambicioso en su contenido que el vigente hasta la fecha, se complementan formando una unidad propedéutica ya estructurada.

2. El curso de Iniciación, que abre el ciclo segundo, debe ser modificado en su detalle para adaptarlo a la nueva configuración



del primer ciclo, lo que a su vez podría repercutir en los programas de los cursos dentro de la Escuela. Pero, en conjunto, el mencionado de Iniciación y los dos primeros años que se cursan en las Escuelas se les puede suponer configurados provisionalmente.

3. Al comparar lo ya estructurado con la parte correspondiente a los planes tradicionales resaltan las siguientes diferencias:

a) La preparación era exclusivamente matemática en algunas Escuelas. Hoy es más amplia en materias fundamentales (especialmente Física) y tiene carácter uniforme. Las Matemáticas han cambiado en su contenido (recortado y modernizado) y en su método didáctico (antes basado en la resolución de problemas y ahora acentuando la base conceptual).

b) En los dos primeros años de la carrera se completan los conocimientos matemáticos y se incrementa la formación básica y científica como punto de partida y fundamento de los estudios tecnológicos.

4. La elevación de este punto de partida de las tecnologías obliga a una revisión del contenido y método de las mismas. Si los profesores correspondientes reciben alumnos con mejor base y formación científica pueden enfocar su asignatura desde un punto de vista más elevado y ahorrar tiempo que deben dedicar a ampliación o remate de sus programas. Aunque la estructura de la carrera completa no esté oficialmente definida, las Escuelas han realizado ya su estudio y parece criterio general:

a) Que conste de cinco años, incluyendo en el último el proyecto de fin de carrera.

b) Que tras las asignaturas básicas exista un tronco tecnológico, común para todas las especialidades de un mismo Centro, del que parten las ramas de especialidad, iniciándose la especialización en años distintos, según las peculiares de cada Escuela.

5. De acuerdo con las directrices de nuestro Director General de Enseñanzas Técnicas, el nuevo ingeniero o arquitecto debe ser capaz de resolver los problemas técnicos de su especialidad hasta en su menor detalle.

6. La expuesta orientación de las carreras concuerda plenamente con el estado de opinión internacional, según la cual el ingeniero típico, que en gran número se requiere, debe tener una

base científica amplia y firme y una especialización concreta, profunda y práctica.

7. Ni la Ley de Ordenación de las Enseñanzas Técnicas ni el Director General, en sus manifestaciones oficiales, han configurado plenamente el futuro Doctor Ingeniero o Arquitecto. Tampoco en el ámbito internacional hay un criterio unánime. Se está de acuerdo en la necesidad de formar una minoría de técnicos selectos que desempeñen distintas funciones cuya unidad no es clara:

a) *Investigación*.—Dentro de la investigación habría que distinguir entre la innovadora y la rutinaria.

b) *Docencia*.—La docencia tecnológica y la básica tienen características muy distintas en cuanto a las actividades del profesor.

c) *Síntesis*.—Coordinación de técnicas de distintas especialidades en los trabajos en equipo. Dirección y organización.

## XI. DISCUSIÓN DEL DOCTORADO.

Para abordar el tema con toda su complejidad y tratar de fijar las ideas vamos a examinar diversos aspectos del Doctorado y dentro de cada uno de ellos se expondrán las opiniones extremas, las razones que aducen quienes las mantienen y finalmente el criterio de la Ponencia.

### 1. *Posiciones afectivas.*

Hay la posición de quienes hubieran querido suprimir el Doctorado y hoy intentan minimizarlo, existen, por el contrario, partidarios entusiastas que desean darle el mayor contenido y prestigio posibles. No todos los que deseaban la supresión del Doctorado, cuando la Ley se discutía en las Cortes, intentan minimizarlo en la actualidad.

Entonces existía el temor de que al establecer ingenieros especialistas y doctores fuera disminuído el nivel técnico de los primeros en contraste con los segundos. Se temía que el título de Ingeniero a secas, asociado hasta entonces a lo más selecto de la intelectualidad española, sufriera en su prestigio tradicional a conse-

cuencia del nuevo escalón técnico. Por estos motivos se riñó en las Cortes una primera batalla para suprimir el Doctorado y cuando ésta se vió perdida, se entabló una segunda lucha por quitarle extensión y contenido tecnológico. En esta segunda fase hubo una victoria nominal. En el texto aprobado por el Consejo Nacional de Educación y enviado a las Cortes Españolas, se decía en el artículo 4.º, apartado 2: «El título de Doctor Arquitecto o Doctor Ingeniero representa la máxima titulación académica y añade al de Arquitecto o Ingeniero una especial dedicación a la investigación, a actividades técnicas de excepcional nivel, o a la enseñanza».

La frase «a actividades técnicas de excepcional nivel», que también figuraba en el preámbulo, fué suprimida en ambos lugares. Pero esta victoria no fué positiva, ya que si la Ley no especifica la actividad técnica de excepcional nivel como una característica del Doctor, tampoco en su texto definitivo se opone a que pudiera serlo.

Lo mismo ocurrió con la extensión del Doctorado. El artículo 12, apartado 2, del texto enviado a las Cortes decía: «Los estudios del Doctorado tendrán una duración mínima de dos años», frase que se modificó en la forma siguiente: «Los estudios del Doctorado tendrán como mínimo la escolaridad de un año». Victoria también negativa, puesto que el texto no se opone a una duración mayor.

Estas anécdotas muestran cuán difícil resulta a veces la correcta interpretación del espíritu de una Ley cuando su redacción es resultante y compromiso de fuerzas opuestas.

Serenado el ambiente pasional que enturbió juicios, son muchos los antiguos enemigos del Doctorado que hoy lo defienden. Unos al persuadirse de que no se intenta rebajar la categoría del nuevo ingeniero o arquitecto aunque resulte más especializado que el antiguo. Otros precisamente porque persisten en su temor, porque piensan que, independientemente de todo plan de estudios, el aumento que se pretende en el número de técnicos será en perjuicio de su calidad media, y que el Doctorado abre la posibilidad de formar una selecta minoría que mantenga y aun eleve el prestigio de los títulos tradicionales y de las Escuelas que los otorguen. Se apoya esta opinión en la propia Ley, cuyo apartado 4 del artículo 12 (no modificado en las Cortes) consagra y perpetúa los antiguos títulos unidos al de Doctor «en reconocimiento de los valores tra-

dicionales que encierran las denominaciones de los actuales titulados» y también cuando establece que los estudios del Doctorado se solicitarán y dirigirán a la Escuela Oficial correspondiente (apartado 1 del mismo artículo), mientras que la carrera de ingeniero ó arquitecto especialista puede cursarse incluso en Centros privados de enseñanza reconocidos por el Estado (artículo 16).

Estos mismos razonamientos pueden conducir a la posición afectiva recíproca, convirtiendo de partidarios en minimizantes a quienes consideran inconveniente fomentar prestigios excesivos.

Aquella otra actitud afectiva en pro del Doctorado que podríamos denominar «tradicionalista» es compartida, desde un punto de vista opuesto, por la opinión «revolucionaria», por aquellos que ansían una renovación del espíritu profesional, por los que se dueñen de la escasa aportación de España a la investigación científica y técnica, por los que se apenan al ver desfilar por las Escuelas alumnos superdotados que son promesas que se malogran y que ven en el futuro Doctor la esperanza de un mejor encauzamiento de cerebros privilegiados y un impulso y revaloración social de las actividades investigadoras.

La Ponencia se declara partidaria del Doctorado y participe de los puntos de vista tradicionalista y revolucionario.

Tradicionalista porque estima que en las Escuelas existe un tesoro espiritual que hay que conservar a toda costa en cuanto es fuerza moral de honestidad docente y noble estímulo de emulación. Y revolucionaria porque comparte las ansias de renovación antes expuestas.

## 2. *La función del Doctor.*

Respecto a la función del Doctor hay dos opiniones contrarias. La de quienes ven en él exclusivamente al científico, dedicado a la investigación o a la docencia, y la de quienes pretenden que el Doctor sea ingeniero o arquitecto de excepcional calidad y no un científico.

Los primeros utilizan como argumento: a) la letra de la Ley, antes comentada, que sólo especifica «especial dedicación a la investigación o a la enseñanza» con relación a los Doctores; b) la

necesidad de fomentar la investigación española; c) la falta de tiempo y hasta incompatibilidad de informar y formar simultáneamente para actividades científicas y técnicas.

Los segundos alegan: a) que la dedicación científica exclusiva ahuyentará del Doctorado a los alumnos más distinguidos, a los cuales la actuación técnica les brinda un mejor porvenir; b) que la ciencia pura es patrimonio de la Universidad; c) que las necesidades de la economía española son más acuciantes en cuanto a buenos técnicos que desarrollen principios científicos, aunque sean principios importados del extranjero, que en investigación pura.

También aquí la Ponencia, siguiendo el criterio, expuesto anteriormente, del Director General de Enseñanzas Técnicas de que las soluciones extremas no suelen ser aconsejables, se inclina al eclecticismo. No ve inconveniente en que haya Doctores dedicados a la investigación o a la docencia y existan también Doctores trabajando como técnicos profesionales, como ocurre en Francia con el 90 por 100 de los Doctores Ingenieros.

### 3. *La formación del Doctor.*

La formación del Doctor la conciben unos como «superespecialización» y otros como «síntesis».

Dicen los primeros: a) El espíritu de la Ley es claro a este respecto, puesto que define al ingeniero o arquitecto como especialista y la lógica continuación de la orientación emprendida por el estudiante es la especialización en el Doctorado; b) por otra parte en el artículo 12 apartado 4 de la Ley, después de especificar la denominación de los Doctores, se dice: «Indicándose tras este título la especialidad cursada», lo que manifiesta que en el Doctorado hay especialidades; c) el contenido tradicional del Doctorado, del que es ejemplo la Universidad, es de especialización; d) la investigación requiere profundizar a expensas de la extensión de conocimientos; e) por último, no podrá negarse que la tesis, pieza fundamental del Doctorado para la cual prepara, es siempre especialización.

Los segundos alegan: a) No está claro el espíritu de la Ley, ciertamente habla de la necesidad de gran número de técnicos

especialistas y orienta a este propósito los nuevos ingenieros y arquitectos, pero el trabajo en equipo de especialistas diversos, trabajo cada día más indispensable, requiere una minoría de cerebros sintéticos que lo coordine; b) cuando el apartado 4 del artículo 12 dice: «Indicándose tras este título la especialidad cursada» se está refiriendo a la cursada en la carrera de procedencia, pues todo el artículo, que comienza «los arquitectos o ingenieros que aspiren al grado de Doctor», tiene como sujeto explícito o implícito a estos arquitectos o ingenieros especialistas. Si en la Ley hubiese querido expresarse otra cosa, constaría lógicamente en la descripción de los estudios del Doctorado, que tiene lugar en los apartados anteriores del mismo artículo; c) los países anglosajones que superespecializaban a sus técnicos ya se han percatado de su error; d) el progreso de la técnica acentúa su variedad cuando se le mira muy de cerca, pero en perspectiva muestra, cada vez con evidencia mayor, su unidad fundamental y la íntima conexión de sus ramas; e) los grandes descubrimientos surgen precisamente cuando un cerebro humano relaciona técnicas distintas, y si se nos objeta que esto es propio de la mente de un genio y por tanto excepcional diremos que no es menos cierto que el genio puede malograrse si no fomentamos su aparición.

La Ponencia participa de ambos puntos de vista. Parte de la base de que el arquitecto o ingeniero está plenamente formado para ejercer su función técnica al terminar los estudios de la carrera. No obstante, concibe el Doctorado como un tercer ciclo de estudios que posee análoga estructura a la del segundo, es decir, tronco y ramas, y que tiene de síntesis en cuanto a tronco común para los titulados de una Escuela, y de especialización en cuanto a múltiples orientaciones electivas. La tesis, colofón y cima del Doctorado, será muy especializada en general, pero pudiera ser sintética si de síntesis fuera el trabajo original que se aprobara.

Las funciones a realizar por minorías de técnicos selectos a que se aludió en el apartado 7 de «Recapitulación», es decir: investigación, docencia y síntesis, pueden ser realizados por Doctores, según las dotes y vocación de cada uno.

Cree esta Ponencia que hay que dejar en libertad al futuro Doctor para que, con la anuencia del director de sus estudios y su tesis,

elija las ramas de especialidad a su albedrío, hasta el extremo de que la especialidad cursada en la carrera no debería condicionar obligatoriamente su orientación en el Doctorado.

Este criterio de tronco obligatorio y materias electivas parece sancionado por la propia Ley en su artículo 12, apartado 1, cuando establece para el aspirante a Doctor la obligación de «cursar los estudios que reglamentariamente se determinen y aquellos otros propuestos por el profesor o especialista director de la tesis».

#### 4. *La localización de los estudios.*

Hay dos opiniones opuestas sobre el lugar donde deben cursarse los estudios del Doctorado: la «dispersa» y la «unitaria».

La «dispersa» mantiene que los estudios completos del Doctorado deberán cursarse donde quiera que existan mayores garantías de proporcionar la óptima formación del alumno, según la especialidad elegida, ya sea en Centros españoles o extranjeros.

La «unitaria» sostiene que debe darse unidad a la formación del Doctor, quien como representante máximo del título que otorga una Escuela, debe llevar su espíritu y su sello, y esto sólo se logra cursando los estudios en la propia Escuela.

El criterio de la Ponencia es mixto. Constando el Doctorado de cada Escuela de un tronco común y de ramas electivas, aplica a éstas la opinión dispersa y a aquél la unitaria. Es decir: que propugna se curse obligatoriamente en cada Escuela el tronco común y se permita realizar los estudios especiales en cualquier Centro solvente español o extranjero.

... Criterio que corrobora el apartado 2 del artículo 12 de la Ley al establecer que: «la Junta de Profesores, cuando la índole del programa de estudios lo aconseje, podrá autorizar al aspirante a que curse *alguna* de las materias en otros Centros de enseñanza o investigación nacionales o extranjeros».

#### 5. *La psiquis del Doctor.*

Hay un distingo sutil que se refiere más bien a las cualidades psíquicas del Doctor y que da origen a opuestos criterios.

Unos creen que el rasgo distintivo que da carácter al futuro Doctor es su amor al estudio, su afán de conocimiento. Para ellos el Doctor es un sabio erudito. Dicho de otro modo: un almacén de información.

Otros dicen que el conocimiento es accesorio y que el Doctor se caracteriza verdaderamente por su aptitud creadora, por su capacidad de innovar. Que no es «almacén», sino «fábrica».

Objetan los primeros que todo buen ingeniero o arquitecto «crea», que esta es precisamente su característica más destacada y que el genio creador no va siempre acompañado de amor a la ciencia.

Estima la Ponencia que el Doctor debe poseer las dos características: afán de conocimiento y genio creador. Ha de ser fundamentalmente «fábrica», pero no puede funcionar si no es también «almacén».

El Doctor cursa unos estudios que le informan («almacén») y ha de desarrollar una tesis «original» («fábrica»). Debe poseer cualidades que le permitan superar con éxito estudios difíciles y aportar algo suyo y nuevo, aunque sea una gota, al acervo científico o técnico.

Para la Ponencia, el adjetivo y el sustantivo que mejor cuadra al Doctor, y define su actitud ante la técnica, es la palabra «investigador», pero tomada en su sentido más amplio y general. La investigación no ha de ser necesariamente «científica», a menos que extendamos el concepto de ciencia a todo conocimiento, en cuyo caso el Doctor sería el «científico que *hace* ciencia».

La investigación puede también referirse a aspectos prácticos de la técnica o a problemas relacionados con la economía, la organización, la sociología, el arte, la historia, la enseñanza, etc.

#### 6. *Doctorado informativo o formativo.*

Entre los dos extremos, Doctorado informativo o Doctorado formativo, la Ponencia opta por una media ponderada.

Cree que el Doctorado debe ser más bien formativo que informativo, pero no se puede alcanzar el adecuado nivel científico y técnico sin la necesaria información.



La formación del Doctorado debe imprimir en el estudiante un modo de ser, de razonar, de enfocar los problemas.

El tronco común obligatorio, aunque diferente y característico en cada Escuela, debe comprender para todas ellas las siguientes materias:

- a) Científicas básicas.
- b) Tecnológicas.
- c) Económicas y sociales.

Al impartir estas enseñanzas es necesario comunicar una información, pero acentuando la visión de conjunto, de relación y de metodología (especialmente en las tecnológicas).

A propósito de este problema de formación e información, el eminente doctor López Ibor decía en una conferencia el pasado mes de mayo:

«La ciencia y la técnica crecen de un modo casi descomunal. ¿Quién señala el nivel y caudal de conocimientos que deben formar un profesional adecuado? Lo esencial es que lo enseñado hoy resulte válido dentro de diez o veinte años. No creo que los Centros de Enseñanza Superior deban ser museos de conocimientos, sino escuelas de disciplina en el pensar y también en el estilo de obrar. Formación de profesionales exige apertura de conocimientos que rebase el lado utilitario y técnico del aprendizaje. Los Centros Superiores deben ser fuentes creadoras del saber; transmitir una cultura es insuficiente.»

La Ponencia hace suyas estas autorizadas palabras.

## 7. *La duración de los estudios.*

Hay partidarios de un año de escolaridad (mínimo que señala la Ley) y partidarios de tres años.

Dicen los primeros que la carrera de ingeniero es larga y que si no se disminuye hasta el mínimo la duración del Doctorado consumirá el aspirante su juventud en estudios, disminuirá el rendimiento que pudiera dar al país y se ahuyentará a alumnos excelentes, pero que no quieren prolongar de tal modo su formación.

Alegan los segundos: Es cierto que la carrera es larga. Se acaba el bachiller a los dieciséis años, mas dos de propedéutica, uno de

iniciación y cinco de carrera, termina sus estudios el ingeniero o arquitecto a los veinticuatro años en el mejor de los casos. Pero no es justo que por haber quizás desorbitado la carrera (una de las más largas del mundo) se recorte el Doctorado hasta quitarle su indispensable contenido. Si le damos tres años, que es la extensión que merece (Francia, por ejemplo, en el CNRS), habrá consumido el aspirante gran parte de su juventud en estudios, pero es como consunción de carbón para convertirlo en energía y no significa pérdida de rendimiento a la patria, sino, por el contrario, la forma de lograr la mejor eficiencia tras su adecuada preparación.

La Ponencia adopta como criterio la media aritmética de las dos tendencias y propugna un Doctorado de dos años de duración.

### 8. *El comienzo del Doctorado.*

Existen dos opiniones opuestas respecto al comienzo de los estudios del Doctorado: la de quienes sostienen que deben realizarse estos estudios sin solución de continuidad con los de la carrera y quienes creen en la conveniencia de unos años de vida práctica profesional intercalados entre la terminación de aquélla y la iniciación del Doctorado.

Dicen los primeros que una vez perdido el hábito del estudio sistemático y olvidados conocimientos importantes, sería muy difícil la readaptación y se perderían seguramente alumnos muy selectos que habrían logrado un encaje en la vida profesional que difícilmente tendrían la voluntad de romper.

Piensen los segundos que el alumno que no ha practicado la profesión sabe muy poco de ella e incluso de sus propios gustos y capacidad técnica. Que la madurez conseguida tras una experiencia profesional permitiría el óptimo rendimiento del Doctorado y dar a estos estudios un carácter realista.

La Ponencia estima que ambos criterios son defensibles y que la solución está en no imponer restricción alguna en cuanto a la iniciación de los estudios del Doctorado. Cree que la mayoría les realizarán sin solución de continuidad, pero que conviene recibir con los brazos abiertos a los ingenieros o arquitectos que habiendo adquirido experiencia técnica desean elevar su nivel.

### 9. *La conexión entre los estudios de carrera y Doctorado.*

Los estudios de la carrera y del Doctorado pueden suponerse totalmente inconexos o constituyendo entre ambos una unidad.

Al definir el Doctorado como un tercer ciclo parece que la unidad se rompe, que se trata de un volver a empezar.

En cierto modo es así, pero la Ponencia cree que debe realizarse un esfuerzo por parte de las Escuelas para aproximarse a una unidad muy deseable.

Entiende que la carrera debe ser prevista para sus dos vertientes, que conducen: a la práctica inmediata de la profesión o al Doctorado.

Considerando dos extremos: el muchacho de limitada capacidad y ambiciones y el superdotado que aspira a Doctor, resulta difícil compaginar, en una formación única, dos capacidades y aspiraciones heterogéneas.

Pero estima la Ponencia que existen medios de paliar esta dificultad.

Si la docencia en las Escuelas, especialmente en materias básicas, se amoldara al primer muchacho se estropearía, y tal vez definitivamente, la formación del segundo. Para evitarlo se propone:

a) Que los profesores, singularmente en asignaturas fundamentales, expliquen con el alto nivel que el futuro Doctor requeriría y exijan menor cota para el aprobado. De forma que la buena nota sea ya un marchamo y una orientación selectiva del aspirante a Doctor.

b) Que se organicen asignaturas electivas, sobre todo en los últimos años, tales que correspondan a la formación lógica del futuro Doctor y que le conduzcan sin solución de continuidad en sus estudios básicos desde la carrera al doctorado.

La elección o no de estas asignaturas voluntarias también será un índice de la vocación y aptitud del estudiante.

### 10. *Criterios selectivos.*

Hay dos criterios opuestos para realizar la selección de los alumnos que han de cursar el Doctorado: selección impuesta o selección libre. Los partidarios del primer sistema aducen que así se realiza con éxito en otros países (v. gr. Estados Unidos); que los aspirantes no aptos evitan de este modo la pérdida de su tiempo, y que aumenta la eficacia de las clases al disminuir el número de alumnos y conseguirse una mayor homogeneidad en ellas. Dicen que esa selección es muy simple y se presta a pocos errores, ya que no se trata de realizar un examen aleatorio, sino de tener en cuenta el gran número de elementos de juicio sobre los alumnos que tras seis años de estancia en la Escuela se posee.

Los segundos alegan que es cruel privar de la oportunidad de proseguir sus estudios a quien lo desee; que existen vocaciones tardías; que es una ilusión imaginar que se ha pesado y medido a todos los alumnos y que lo prueba la discordancia que existe a veces entre la opinión que merece un estudiante a sus profesores y a sus compañeros o a los profesores entre sí, y también que la catalogación profesional activa no siempre coincide con la apreciada anteriormente por la Escuela.

Por último, alegan que la selección es automática si los estudios del Doctorado poseen el adecuado nivel, porque su dificultad hará desistir de su propósito al que no se sienta con la preparación y arrestos suficientes.

La Ponencia comparte los dos puntos de vista y estima conveniente:

a) Que la matrícula en el primer curso del Doctorado debe concederse a todo ingeniero o arquitecto titulado de la Escuela que la solicite sin restricción.

b) Que debe confeccionarse una lista cuidadosa por una Comisión de Profesores que valore ponderadamente todos los elementos de juicio, incluso el criterio de los propios estudiantes, en cuya lista figuren los alumnos de último curso que se estime sean especialmente aptos para los estudios del Doctorado y que interesaría lo cursasen.

Estos alumnos no sólo tendrían matrícula gratuita, sino un sueldo adecuado y becas para los posibles estudios a realizar en otros centros, nacionales o extranjeros.

Sobre este último punto se insiste y se comenta en el apartado siguiente.

### 11. *La materia prima humana.*

El éxito o fracaso del Doctorado dependerá mucho más de los hombres que lo realicen, profesores y alumnos, que de los planes de estudios. Ni todos los profesores, ni todos los alumnos de una Escuela serán aptos para ello.

Dos problemas surgen inmediatamente:

¿Dispone cada Escuela del número suficiente de profesores selectos que el Doctorado necesita?

¿Se sentirán atraídos por su estudio los alumnos que mejor aptitud tendrían?

El primer problema puede no tener solución si cada Escuela pretende montar en su ámbito la totalidad de los estudios del Doctorado. Por ello se propugnaba la división de estos estudios en un tronco o núcleo característico y obligatorio, que la Escuela ha de montar, y en materias electivas que pueden cursarse en otros Centros.

Para la adecuada solución del segundo problema habría que conocer la psicología de nuestra juventud escolar. El insigne doctor López Ibor, en la conferencia antes aludida, decía:

«¿Qué buscan los estudiantes en la Universidad o en las Escuelas Técnicas? En realidad lo primero que buscan es el aprendizaje de una profesión.

El primer objetivo para ellos no es la transmisión de cultura ni la investigación, sino su formación como profesionales.»

Aunque este diagnóstico del eminente psiquiatra admita numerosas excepciones, será prudente partir de estos supuestos móviles utilitarios al enjuiciar el atractivo del Doctorado para la juventud de nuestras Escuelas.

El Doctor Arquitecto o Doctor Ingeniero no tienen ninguna pre-

rrogativa oficial respecto al arquitecto o ingeniero, aparte las que se refiere a investigación y docencia.

Desde el punto de vista utilitario, estas actividades no son codiciadas. Si a esto se agrega que el Doctorado exige un sacrificio positivo de esfuerzo y negativo en cuanto se prescinde de obtener la remuneración de una colocación profesional inmediata, se llega a la conclusión de que sólo vocaciones decididas o circunstancias económicas particulares podrán decidir a nuestros alumnos a iniciar el Doctorado, si no existen otros alicientes.

El aliciente inmediato puede ser el indicado anteriormente: asegurar ingresos sustanciales a los seleccionados. El aliciente mediano, que sólo el tiempo consolidará, es el prestigio que consiga el título, es la demanda privada de Doctores. Prestigio y demanda conseguidos en Francia y que, como nos decía M. Coulomb el año pasado, mueven a gran número de ingenieros de nuestro país vecino a proseguir sus estudios.

Como reacción en cadena sólo se prestigiará el título si los alumnos mejor dotados son los que lo ostentan, y sólo lo solicitarán éstos si el título les va a prestigiar.

Rompamos este anillo ofreciéndoles una compensación inmediata.

## XII. CONCLUSIONES.

El criterio de la Ponencia ha sido expuesto con relación a cada uno de los once puntos de la discusión precedente. Las conclusiones de este trabajo son el conjunto de opiniones expuestas, cuya reproducción pecaría de reiterativa y se omite por brevedad.

El propósito inicial de esta Ponencia fué redactar un esquema concreto del contenido del Doctorado para cada uno de los tres grupos de Escuelas que se mencionan en la introducción.

Nuestro propósito actual es más modesto. Aspiramos tan sólo, y colmaría nuestras ambiciones, que este Seminario llegara a un acuerdo firme sobre los puntos que se han discutido, marcando así unas directrices generales.

Creemos que, dentro de las normas que se acuerden, sería aconsejable conceder a las Escuelas gran libertad en la organización de su doctorado.

La coordinación es compatible con la diversidad que en ocasiones resulta estimuladora y deseable.

Resuelto el problema acuciante de dotar a España de un contingente numeroso de arquitectos e ingenieros capacitados y eficientes respetemos y fomentemos la ilusión tradicional de formar, en noble competencia, selectas minorías que, prestigiando los Centros que las titulan, eleven también el prestigio patrio.

## DISCUSION

Sr. Villena.—Un trabajo de este tipo puede ser sólido y lleno de antecedentes o ágil y apuntando selectivamente consecuencias. La ponencia como de costumbre ha tomado una posición mixta redactando un trabajo que goza de ambas características. Hablando de tesis doctorales pudiera decirse que ha hecho una auténtica tesis. Por tanto, no será fácil añadir ideas concretas y efectivas.

Para mí lo importante en el doctorado no son los estudios formales de extensión y conocimiento previsibles, sino la tesis cuyo resultado y cuya duración son imprevisibles. El problema fundamental reside en cómo y dónde debe hacerse la tesis, teniendo en cuenta que la investigación precisa una acumulación previa de conocimientos, bibliografía y métodos experimentales. El doctor no se puede autoformar y no sólo necesita maestros sino también escuelas.

Para mí una tesis tiene cuatro partes bien diferenciadas: 1.º Documentación, que constituye evidentemente una especialización teórica; 2.º proyecto y realización de la instalación, que significa una especialización práctica; 3.º, parte experimental, que implica un dominio en la técnica de las medidas y de los errores, y 4.º, interpretación y redacción, que obliga a una metódica labor de síntesis. Se ve, pues, que el doctorado precisa, tal como indica la ponencia, una especialización y síntesis.

Cada uno se refiere siempre a su propia experiencia. Por ello, he de indicar que mi tesis presentada ante la Universidad de Madrid fué elaborada en muy distintos sitios. La documentación la realicé en el Laboratorio Central de Ensayos de Materiales de Madrid. El proyecto y realización de instalación en el Laboratorio de Mecánica Técnica de la Escuela Superior de Munich. La parte experimental en el Laboratorio de Fotoelasticidad de dicha Escuela y la redacción e interpretación fué iniciada en Munich bajo la dirección del profesor Föppl y realizada en Madrid bajo la dirección del malogrado profesor Terradas. Quiero con ello significar que, aunque los estudios o la preparación de una tesis se haga en la Escuela respectiva, la realización debe hacerse allí donde existan los medios necesarios, sea un Laboratorio de ensayos, un Instituto de investigación, un Laboratorio anexo a una Cátedra de Universidad o de Escuela Técnica Superior.

Salvo en el tema, que será distinto, yo no encuentro diferencia alguna entre las tesis que hagan un ingeniero o un licenciado. Lo que caracteriza y distingue a una tesis doctoral no es el tema sino la forma de abordarlo. El entrenamiento en usar el método científico que después servirá para abordar con éxito toda clase de problemas sean utilitarios o altruistas, científicos o técnicos.

Durante el período que pasé en el Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Columbia (cuya primera tesis doctoral fué, por cierto, hecha hace muchos años por un ingeniero civil) me encontré con una colaboración íntima entre licenciados e ingenieros que estaban allí preparando sus tesis independientemente de donde fuesen a presentarlas y sencillamente porque allí existían buenos maestros y medios suficientes.

Creo, por tanto, que esta misma unidad que entre licenciados e ingenieros se busca en el primer ciclo de sus carreras a través del preuniversitario y selectivo puede y debe encontrarse en el tercer ciclo, es decir, en el doctorado.

Finalmente, felicito al profesor Roglá por haber hecho una ponencia tan exhaustiva y provocativa.

Sr. Novoa.—Después de considerar muy meritoria la aportación de datos que la ponencia contiene para un trámite de «*lege ferenda*», entiendo que con los apremios de tiempo bajo los que se realiza el examen de este tema, no es posible dar un pronunciado de conjunto a las importantes cuestiones que plantea.

Me permito, sin embargo, observar que debe eliminarse del texto todo lo referente a un ambiente pasional de elaboración de la Ley de Enseñanzas Técnicas en las Cortes y que la ponencia llega a afirmar «*oscureció los juicios*», lo cual, además de ser inexacto, pudiera inducir a la creencia de que la Ley de Enseñanzas Técnicas tuvo una elaboración poco sensata y normal.

Creo que se particulariza demasiado el problema del doctorado para interpretar preceptos de la legislación española y que sería más propio para este Seminario dar una conclusión general de la utilidad del doctorado en las enseñanzas de todos los países.

Encuentro que la ponencia nada resuelve por el sistema de crear previamente dos posiciones antagónicas en los 11 puntos de discusión y resolver por un criterio ecléctico preconcebido y para las once cuestiones que aborda, dejando, por tanto, sin resolver satisfactoriamente los puntos controvertidos, lo que conduciría a que el Seminario tuvo una preocupación de armonizar opiniones discrepantes más que a dar sus propios criterios.

En consecuencia no estaría de más una elaboración más decisiva en cuanto a la opinión a sustentar y por ello sugiero que si el tiempo lo permite, quede aceptada la propuesta, pero sin resolución y sobre la mesa para que constituya el trabajo preferente para el III Seminario de estas enseñanzas que se organice en el futuro.



**Sr. Mazaredo.**—Estoy de acuerdo con la opinión de que en principio no debieran ponerse limitaciones de tiempo o de lugar para la realización del doctorado. Esta idea está en contraposición con la Ley que establece un mínimo de un año de escolaridad para los estudios de esta fase; pero no está en contra de ningún criterio, el que se dejen las cosas tal y como están, es decir, no creo conveniente la recomendación, con carácter general, de un doctorado de dos años de duración.

En esta opinión se trasluce que soy de los que creen que el doctorado es, ante todo, la tesis y que los estudios que se realicen en esta fase deben estar orientados a este fin. Y esto porque el saber sí ocupa lugar y después de cerca de veinte años de estudios que llevarán los que lleguen al doctorado, va siendo hora de que aparten su atención principal de los libros; que llega un momento en el que no se puede esperar de ellos más que erudición, pero no ciertamente la sabiduría.

Por ello, soy contrario a que estos estudios consten de un tronco común, y creo que deben poder ser distintos según el tema por el que se interese el doctorado, pudiendo ser muy distintos si la tesis está relacionada, por ejemplo, con la metalotecnia que si lo está con la hidrodinámica; casos que se pueden presentar, por ejemplo, en mi especialidad.

Por lo demás esta tendencia hacia una mayor especialización es ya norma en los distintos planes de estudios, por razones que no creo sea necesario exponer. Sin necesidad de buscar ejemplos en el extranjero, puede decirse que desde el final del Bachillerato, en los cursos preuniversitario, selectivo y de iniciación y luego en los estudios de carrera y especialidades correspondientes, se ha ido progresando por ese camino. Resulta extraño que en la fase final, dedicada a estudios más profundos y por tanto más limitados, se vuelva a un tronco común. Y creo sería mejor proponer que hubiera un grupo de asignaturas propias de esta fase, entre las cuales se pudiera escoger; y aparte, se realizaran, naturalmente, los estudios que requiera el tema de la tesis, que serían sintéticos —de acuerdo en esto con la ponencia— si el tema de la tesis tuviera este carácter.

También estoy de acuerdo con la ponencia en que no hay inconveniente en que los doctores trabajen como técnicos profesionales. Lo que no veo claro en este punto —2) la función del doctor— es la distinción entre el ingeniero científico y el ingeniero o arquitecto de excepcional calidad. En mi opinión no hay distinción entre ambas ideas, salvo en su caso, en el campo en que trabajan. Ambos convergen en un mismo objetivo: el desarrollo de la Ciencia de la Ingeniería y sus aplicaciones, ya que en este doctorado técnico, hay que descartar la investigación puramente científica, como norma general.

**Sr. González del Valle.**—Antes de expresar mi opinión actual acerca del doctorado en Ingeniería hago una breve referencia a las opiniones que acerca de éste he tenido anteriormente.

La primera opinión fué favorable porque según la ley, con el doctor inge-

niero se crea un nuevo concepto para atender el aspecto sensiblemente abandonado en nuestro país: la investigación científica y técnica en Ingeniería.

Posteriormente, ante una posible reforma de la ley en la que se extendiese este concepto, he considerado que el doctorado perdía su principal virtud.

Al leer ahora la ponencia con posterioridad a la sesión por no haberla tenido con la necesaria anticipación vuelvo a considerar de interés el doctorado dentro de lo establecido en la ley de ordenación de las enseñanzas técnicas y del espíritu de la ponencia.

La diferencia es simplemente de denominaciones, pero esto creo que es esencial porque con carácter general estimo un mal criterio alterar el significado de las palabras, porque atenta contra el idioma e introduce confusión que puede originar en los aspectos perturbaciones sensibles.

Con esta salvedad entiendo que con la ley en el fondo se pretende:

1.º Crear un nuevo tipo de técnico más numeroso que el antiguo ingeniero aunque resulte de peor calidad.

2.º Mantener una minoría de técnicos con la misma calidad relativa de los ingenieros antiguos.

3.º Crear un nuevo tipo de técnico especialmente apto para la investigación.

Con la ponencia, en cambio, se atiende sólo los puntos primero y segundo, si bien con un cambio de denominaciones perturbador en mi concepto porque asigna la denominación de doctor ingeniero, al ingeniero antiguo y la de ingeniero a un tipo de técnico de peor calidad relativa que el antiguo.

Consecuentemente, y para armonizar los propósitos de crear nuevos tipos de técnicos sin introducir perturbaciones de lenguaje, propongo:

1.º Tras ampliarse, como es el actual criterio, el número de alumnos en los cursos de las Escuelas, selecciónense mediante la reválida en forma tan rigurosa como sea necesario para que el número de seleccionados sean en sí la minoría que quiere formarse con los doctores-ingenieros.

2.º A los alumnos seleccionados otórgueseles el título de ingeniero y a aquellos que demostrando una preparación de cierto nivel no alcancen el exigido por la selección, concédaseles el título de «graduado en ingeniería» u otro similar.

3.º A los alumnos que muestren aptitud y vocación por la investigación científica y técnica en ingeniería, otórgueseles el grado de doctor ingeniero.

## ENSEÑANZAS ESPECIALIZADAS EN CENTROS DE INVESTIGACION

Mariano Aguilar

Faustino García Lozano

Enrique Gutiérrez Ríos

No es necesario insistir en que la ciencia y la técnica modernas están exigiendo una especialización cada vez más rigurosa. Prueba de que esta preocupación por las enseñanzas especializadas está siendo en España cada vez más amplia es la flexibilidad que se ha dado a los últimos cursos de alguna licenciatura y estudios de ingenieros (flexibilidad que permite al alumno, dentro de ciertos límites, elegir las asignaturas más adecuadas para su futura dedicación) el aumento, relativamente amplio, de asignaturas del Doctorado y la gran cantidad de cursos monográficos que se han dado en los últimos diez años en las Escuelas Superiores Técnicas, Facultades y Centros de investigación.

Es evidente que en los Centros de investigación existe el contacto vivo con los problemas concretos de la especialidad, personal científico especializado, así como las instalaciones experimentales que requieren esos problemas científicos concretos. Y estos son justamente los recursos que necesita una enseñanza especializada eficaz. Por eso la investigación científica, sin proponérselo, por su propia naturaleza, está cargada de posibilidades docentes.

El objeto de esta Ponencia es estudiar los medios de aprovechar esas posibilidades docentes de nuestros Centros de investigación estableciendo en ellos cursos de especialización, a fin de que, sin menoscabo de su misión específica investigadora, puedan dichos Centros contribuir a resolver este problema de nuestra enseñanza superior actual: la formación de especialistas.

Esta clase de enseñanzas podrían dirigirse hacia dos objetivos fundamentales:

1.º Establecimientos de cursos de especialización para postgraduados procedentes de Facultades universitarias o Escuelas Superiores Técnicas.

2.º Cursos monográficos del Doctorado.

3.º Existiría, además, la posibilidad de incluir algunos de estos cursos en el cuadro de las asignaturas electivas de los últimos cursos de las licenciaturas o de las carreras de ingenieros, con lo que sería más amplio y más completo el cuadro de disciplinas electivas.

a) Las ventajas que podrían derivarse de esta participación de los Centros de investigación en la docencia superior serían, entre otras, las siguientes :

1.º Los titulados tendrían ocasión de vivir un ambiente de investigación durante algún tiempo, lo que sería un medio eficaz de descubrir vocaciones investigadoras.

El contacto con la investigación durante el tiempo que dura el curso puede de hecho ser muy intenso, hasta el extremo de que, por ejemplo, en el curso de «Tecnología de los alimentos», organizado por el Departamento de Agrios del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en Valencia, cada alumno compagina los estudios y clases prácticas con un trabajo de investigación aplicada, dirigido por uno de sus profesores. Puede citarse también, aunque en otro nivel, la experiencia de la Escuela de Optica del Instituto «Daza de Valdés», en la que algunos de los mejores alumnos han ayudado, por iniciativa propia, en los trabajos de investigación que se estaban realizando en la Sección de Optica Fisiológica.

2.º Aunque no nazcan estas vocaciones investigadoras, el contacto directo de estos futuros especialistas con investigadores hace que ellos conozcan el valor de la investigación, con lo que el día de mañana al ocupar puestos en la industria privada harán posible un diálogo amplio y sincero industria-investigación. Diálogo que tanto bien ha de hacer al progreso de nuestra industria y que hoy desgraciadamente casi no existe. Sin contar que las necesidades de la industria moderna exige de sus especialistas esta formación técnico-investigadora.

En Norteamérica se concede tanta importancia a que los técni-

cos tengan experiencia personal de la investigación que el Gobierno concede gran cantidad de becas entre los postgraduados, con objeto de que éstos tengan la posibilidad de permanecer de seis a doce meses en un Centro de investigación antes de trasladarse a su puesto definitivo en las industrias o en las empresas técnicas.

3.º Económicamente, el esfuerzo a realizar por el Ministerio de Educación Nacional sería mucho menor que el necesario para establecer estos cursos en otros Centros que no sean de investigación, ya que los primeros cuentan ya con laboratorios, personal especializado, bibliografía y sobre todo contactos personales con Centros similares extranjeros, casi todo lo cual habría que crearlo en Centros que no fuesen de investigación.

#### b) *Gobierno:*

Los cursos de especialización con carácter oficial podrán darse en los Centros de investigación solamente a propuesta de los mismos dirigida al Director General de Enseñanzas Técnicas. Por lo tanto, cuando la industria privada crea conveniente la creación de unos cursos se dirigirán al Centro correspondiente para que éste, a su vez, lo solicite de la Dirección General de Enseñanzas Técnicas.

Para poder dar cursos oficiales de especialización en los Centros de investigación se han de cumplir las siguientes condiciones:

1.ª Justificar la importancia que para la vida nacional tiene la existencia de especialistas que se quiere crear, citando en el caso de que existan especialidades análogas en países extranjeros.

2.ª Que se lleve investigando en la dirección de trabajo que constituye la base de la especialización un número de años que garantice que las enseñanzas serán en su mayor parte frutos de experiencias personales.

3.ª Que con carácter no oficial se hayan dado ya estos cursos por lo menos dos años. Presentando una memoria de la experiencia conseguida en este tiempo.

4.ª El nombre del director del curso, miembro del Centro que, juntamente con el director de dicho Centro, son directamente responsables de la marcha de este curso de especialización.

5.ª Que por lo menos la mayoría del personal que interviene en

la función docente del curso pertenezca al Centro de investigación.

6.ª Garantía de que dicho curso no perjudicará la labor investigadora del mismo, procurando que no haya interferencia ni de horario ni de espacio.

7.ª Una Memoria detallada en que consten los siguientes datos:

- 1.º Cuestionario y programas.
- 2.º Cuadro de profesores.
- 3.º Calendario y horario.
- 4.º Presupuesto.
- 5.º Local y material de que dispone y que necesita.
- 6.º Número máximo de alumnos.

Estudiada esta solicitud por el Director General de Enseñanza Profesional y Técnica, si juzgara oportuno autorizar dicho curso, nombraría su correspondiente Junta Rectora.

La Junta Rectora estará formada por:

*Presidente:*

Un representante de la Dirección General de Enseñanzas Técnicas.

*Vocales:*

Director del Instituto.

Director del curso de especialización.

Decano o directores de las Facultades o Escuelas Técnicas Superiores de donde procedan los alumnos.

Dos representantes de la industria privada relacionadas con la especialidad.

Secretario del Consejo Rector de Cursos de Especialización.

Esta Junta Rectora se reunirá obligatoriamente por lo menos dos veces al año y siempre que lo convoque el presidente.

Su misión será:

a) Velar por el sostenimiento económico del curso, realizando para ello cerca de los Organismos Oficiales, del Consejo Rector y de las empresas privadas, todas las gestiones que estime convenientes.

b) Sancionar con su aprobación o en caso contrario introducir las modificaciones necesarias al plan de estudios, alteraciones del

mismo, número de alumnos, presupuesto, régimen interno, horario, medidas disciplinarias, etc., propuestas por el director del curso.

Repetimos que todo lo anterior se refiere a cursos de especialización con carácter oficial y expedición del correspondiente diploma por el Ministerio de Educación Nacional, no necesitándose ninguno de los requisitos citados para cursos dados en plan provisional, a tipo de ensayo, esporádicos, dependiendo del interés del momento o sencillamente que por su poca trascendencia nacional no se crea necesario incluirlos en el grupo de cursos oficiales.

La idea que ha presidido esta Ponencia ha sido no sólo fomentar los cursos de especialización, dándoles a los mismos, dentro de lo posible, cierta unidad en cuanto a realización, sino también procurar que los graduados tengan en todo momento una información completa sobre sus posibilidades de especialización, por lo que creemos conveniente coordinar todos estos cursos dentro de una estructura única.

Las Juntas Rectoras dependerán de un Consejo Rector de «Especialidades» al que presentarán una Memoria anual de la labor realizada en su correspondiente curso de especialización.

El Consejo Rector nombrado por el Director General de Enseñanza Profesional y Técnica estará formado por:

*Presidente:*

Director General de Enseñanza Profesional y Técnica.

Un Secretario que formará parte de las Juntas Rectoras.

*Vocales:*

Representantes a) de los Patronatos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y de los demás Centros de investigación que establezcan estos cursos; b) de las Facultades Universitarias y Escuelas Técnicas Superiores; c) de la Delegación Nacional de Sindicatos; d) de la industria privada.

El Consejo Rector se reunirá obligatoriamente por lo menos una vez al año y siempre que lo considere oportuno el Director General de Enseñanza Profesional y Técnica.

El Consejo Rector, en coordinación con la Dirección General de Empleo, informará anualmente a las distintas Facultades y Escuelas Técnicas Superiores no sólo con una relación detallada de

los diversos cursos de especialización, sino con una idea aproximada de la cantidad de especialistas que puede necesitar la industria nacional.

El Consejo Rector enviará también a las distintas Facultades y Escuelas Técnicas Superiores un informe *semestral* de los cursos monográficos o de especialización que se den con carácter temporal.

c) *Financiación.*

Insistiendo en nuestra idea de que en estos cursos se han de hermanar los intereses del Ministerio de Educación Nacional con los de la industria privada, creemos que el sostenimiento económico debería repartirse entre:

- 1.º Matrícula.
- 2.º Ministerio de Educación Nacional.
- 3.º Industria privada.

Para dar una idea de la magnitud que esta financiación representa en cifras, podemos tomar como puntos de partida el presupuesto de los cursos de especialización que ya existen actualmente y el de los proyectados para empezar en el próximo mes de octubre.

Según estos datos podemos tomar como media de gastos de sostenimiento el de 250.000 pesetas anuales, lo que representa unas 80.000 pesetas por cada uno de los apartados considerados anteriormente. Teniendo en cuenta que el número de alumnos a los que queremos limitar la matrícula de estas especialidades será de unos veinticinco, para reunir 80.000 pesetas será preciso abonar una matrícula del orden de 3.500 pesetas anuales, que en ningún modo nos parece abusivo, pues es precisamente lo que abonan los alumnos de los cursos selectivos y de iniciación.

Para este cálculo se da por hecho que la especialización conste de un solo curso que es a lo que nosotros creemos se debe tender.

Todo lo expuesto se refiere a gastos de sostenimiento. En cuanto a los de instalación no se puede dar ni siquiera una idea aproximada, pues pueden variar mucho de unas especialidades a otras, no sólo en función de la naturaleza intrínseca de los mismos, sino



también de la riqueza de material de que ya disponga el Centro en el que se van a dar estos cursos.

Estos gastos de instalación creemos deben proceder de un crédito extraordinario del Ministerio de Educación Nacional y de la industria privada en una proporción a fijar en cada caso.

## 2. CURSOS MONOGRÁFICOS.

a) La vida nacional puede exigir en momentos dados gente especializada en determinada rama del saber para resolver un problema temporal, y puede recurrir a los Centros de investigación para que éstos sin complicación burocrática puedan organizar en el momento oportuno cursillos de especialización que aún sin carácter oficial resuelvan las necesidades presentadas.

b) Muchas veces es conveniente la organización de enseñanzas que, sin constituir por sí solas una especialización propiamente dicha, son magnífico complemento de asignaturas cursadas en Escuelas Especiales y Facultades. Estos cursillos monográficos encajan de lleno dentro de los Centros de investigación, porque nadie mejor que un investigador para poder enseñar esta pequeña parte de la asignatura general, parte a la que él dedica su trabajo.

c) Algunas veces, invitados por nuestros Centros de investigación, conviven con nosotros temporadas más o menos largas personalidades científicas extranjeras de primera fila, o bien vuelven pensionados de nuestro Gobierno que en el extranjero han conseguido una posición brillante trabajando en laboratorios de fama internacional bajo la dirección de primeras figuras.

En ambos casos es muy conveniente aprovechar su saber y su experiencia organizando cursillos monográficos.

De la altura y seriedad científica de estos cursos se hará responsable el director del Centro correspondiente.

La financiación, en principio, se cubrirá con el presupuesto del Instituto organizador y el ingreso obtenido con las matrículas, aunque en lo que respecta al material necesario puede solicitarse una ayuda discreta a las industrias privadas.

Con anterioridad a la celebración de estos cursos que comentamos en los apartados a), b) y c), el director del Centro de investi-

gación tiene la obligación de comunicarlo al Consejo Rector de especialidades para que éste a su vez lo incluya en su informe semestral a las Facultades y Escuelas Especiales.

#### CURSOS DE DOCTORADO.

En nuestra opinión es muy conveniente que las Facultades y Escuelas Especiales aprovechen los laboratorios y personal de los Centros de investigación para aumentar en número las asignaturas bases del Doctorado, solicitando del director del Centro la colaboración de éste en algunas asignaturas, bien se curse en la Facultad o Escuela Especial o en el Centro.

La financiación y control de esta asignatura es un problema a resolver entre el Decano de la facultad (o director de Escuela Especial) y el director del Centro de investigación correspondiente.

No queremos terminar esta Ponencia sin insistir una vez más en que esta labor pedagógica de los Centros de investigación es sólo aconsejable en tanto en cuanto no suponga la menor merma en el espíritu y trabajo investigador del Centro, ya que la personalidad del mismo ha de ser sobre todo fruto de su labor investigadora y ésta su función primordial. Además de la categoría y el nivel de estos cursos lo marcarán precisamente la actividad investigadora de sus profesores, actividad que les permitirá en la mayoría de las lecciones hablar en primera persona citando experiencias propias y dando resultados obtenidos por su equipo en el laboratorio.

#### ANEJO A LA PONENCIA

##### *Introducción:*

Es indudable que los avances experimentados estos años en casi todas las ramas de la producción está pidiendo una técnica que no sirva sólo para amoldar o adaptar a nuestro país las instalaciones o procedimientos técnicos que existen en otros, sino que por una labor constante de estudio y perfeccionamiento sobre el proceso productivo se pueda conseguir una superación de su concep-

ción o diseño primitivo en beneficio de nuestro desarrollo económico y técnico.

Basándonos en esta necesidad, que no sólo reportaría beneficios al incremento de la riqueza del país, sino que abriría nuevos caminos y perspectivas a las futuras promociones de ingenieros y científicos, como aquellos que estando en la actualidad en diversas ocupaciones tienen deseos e inquietudes de superación no sólo en sus conocimientos, sino en su efectividad, redactamos este programa de normas y recomendaciones para una especialización, o Doctorado postcarrera en conexión con los Centros de experimentación e investigación creados y en servicio.

Las premisas en que se apoya el programa son las siguientes:

a) Utilización de los Centros de investigación actualmente existentes con fines docentes, sin perjuicio de su específica función investigadora.

b) Empleo en estas enseñanzas del personal que actualmente trabaja en las diversas especialidades técnicas en relación con la Ingeniería y Ciencias, pero no aisladamente, sino desarrollando las funciones para el fin que se pretende en este programa, en aquel Centro de experimentación e investigación que cuente con el mayor número de personal dedicado a la especialidad.

c) Como estas especialidades o doctorados post-carrera no sólo alcanzan a las nuevas promociones de titulados superiores, sino también en forma principal a aquellos que actualmente prestan sus servicios en empresas privadas de índole diversa, así como estatales y de enseñanza, debe procurarse en lo posible que el horario de clases y prácticas entorpezcan en la menor cuantía posible el desempeño de su profesión.

d) Que la financiación de estos cursos no sea exclusiva del Estado, sino con cooperación de empresas privadas, Centros de enseñanza, etc., que consideren necesarias las mismas para la preparación de sus ingenieros y personal científico y facultativo.

e) Que los cursos de especialización y Doctorado post-carrera tengan dos grados de enseñanza para que puedan beneficiarse de ellos el personal auxiliar facultativo y todos los que desempeñan funciones de enseñanza o dirección en trabajos con ellas relacionadas que puedan considerarlas necesarias para su efectividad.

*Potencialidades que encierran los estudios graduados para ingenieros.*

No podemos silenciar lo expuesto en la reunión para el desarrollo profesional de ingenieros, celebrada en Detroit el 29 de octubre de 1948, por el último Decano del Colegio del Estado de Pensilvania. En esta exposición, dirigida a los jóvenes ingenieros, se hace una llamada especial a éstos durante su primer año de ejercicio profesional, caracterizándolo «como el período más crítico en la carrera del ingeniero adulto».

El Decano del Colegio del Estado de Pensilvania, doctor Hammond, apunta que es la ingeniería la única profesión de estudios superiores donde el período de estudios para la obtención del título en la Escuela respectiva continúa siendo la base de su educación profesional.

Que se está exigiendo incrementar este período de formación principalmente en dos direcciones: profundizar sus conocimientos en el campo de las ciencias sociales y cimentar sus dotes creadoras firmemente en las ciencias físicas y en las fases más avanzadas de la Ingeniería.

Ejemplos de los beneficios que esta formación ha producido en la industria privada, se tienen con el impulso dado a ella por empresas privadas americanas, como la «Sperry Gyroscope Company Inc», «Westinghouse», «General Electric Company», «Allis Chalmers», «Ferguson», etc.

Son estas empresas las que han incrementado en Estados Unidos los estudios de especialización para ingenieros, no sólo enviando su personal, sino contribuyendo económicamente a su creación y funcionamiento en las Universidades, Escuelas y Centros de experimentación e investigación próximos a las localidades de su emplazamiento.

La influencia de estas enseñanzas ha sido tan acusada en los Estados Unidos, que el Gobierno Federal, que en general posee los empleados de estas profesiones, con mayor nivel de conocimientos, ha incrementado de forma insospechada en estos últimos años el envío de empleados civiles, así como militares, a estos Centros de especialización.

Ejemplos de estas cooperaciones son: «Wright Patterson Graduate Center», en Doyten, Ohio, cuya administración es conjunta de la Universidad de este Estado y el Instituto de las Fuerzas del Aire. Los programas de la Universidad de Tennessee a la Oak Ridge Atomic Energy Laboratory de la Universidad de Colorado a los ingenieros del Bureau of Reclamation de Denver, etc.

Los beneficios que estos estudios graduados encierran y que podríamos citar de Alemania, Italia y Rusia, piden con urgencia despertar el entusiasmo entre los ingenieros de nuestra Patria y nuevas promociones de ellos a estos estudios como medio de aumentar sus conocimientos profesionales.

La educación adulta, en normas generales, es una necesidad si se quiere guardar y mantener el interés de nuestros graduados en materias públicas y que sean capaces de comprender las derivaciones sociales y económicas de sus trabajos.

Los cursos de especialización y Doctorado post-carrera que se propugnan no sólo deben circunscribirse a materias relacionadas directamente con su actuación profesional, sino también a aquellas que no presentando su conocimiento de forma inmediata un beneficio pueden en cambio tenerlo indirectamente.

Son estas últimas materias en el campo político, histórico, sociológico, humano, leyes, relaciones de trabajo, etc. y todas aquellas relacionadas con los problemas humanos.

Podemos decir firmemente que hoy día es de necesidad para los ingenieros que desenvuelven su profesión en trabajos de producción, construcción, manejo y cuidado de la técnica, incrementar su preparación en economía, sociología, relaciones industriales, automatización, material manual, simplificación de trabajos, control de costes, estadísticas, control de producciones. Aspectos similares en el campo de la ingeniería económica y técnica.

El programa debe ir unido a que las industrias, Departamentos de la Administración y Centros de Enseñanza reconozcan el beneficio de estas enseñanzas, enviando el personal técnico que desenvuelve su actividad en normas relacionadas con las diversas especializaciones que se creen, a estos cursos, dando el máximo de facilidades posibles para este fin.

*Objetivo de los cursos de especialización y Doctorado desde el punto de vista académico.*

Es un deber llamar la atención sobre las oportunidades y exigencias que una profesión efectiva precisa en el dinamismo actual de la sociedad. En ella un profesional puede ser definido como aquel elemento de la sociedad, el cual, por dedicación total a ella de sus esfuerzos y fines para reconocer la magnitud de un problema, ofrece soluciones razonables de los mismos, todo ello en interés del avance de la civilización. Esta definición contiene la necesidad de disciplina e implica que las prerrogativas profesionales son ordenadas por la sociedad.

Conductores o guías profesionales requiere sean hombres de amplias miras, sano juicio y claras perspectivas para incesantemente apreciar métodos, desarrollos, esfuerzos y fines, así como la responsabilidad de contribuir a ideas dignas de la empresa total humana. Esta combinación de responsabilidades precisas con el tipo más alto de preparación necesaria es la razón por la cual la fase académica del ingeniero o del científico debe dar programas graduales, básicos para desarrollar en la mente de los jóvenes ingenieros preparación y crítica independiente del pensamiento.

El conocimiento de las disciplinas anteriores diferencia los aficionados de los verdaderos profesionales y que la teoría científica está lejos de alejar el sentido común.

Son cada vez más numerosos los problemas que presentan las diversas profesiones al amparo de las nuevas ideas y perfeccionamientos, así como de los métodos y soluciones para resolverlos. Es corriente ver en estos últimos hoy día intervenir ciencias o estudios que en etapas anteriores pasaron inadvertidas para estos fines. Por ello uno de los objetivos que se persigue con este programa de especialización y Doctorado en Centros es adelantar esta ayuda de formación al avance y dignidad que en estos momentos tiene la carrera de Ingeniero.

Todo profesional necesita no sólo conocer aquellos principios de aplicación concreta en la resolución de los problemas que se presentan en el desarrollo de su actividad, sino la relación de estos

principios con todas las ciencias y conocimientos que influyen en ellos, para lograr una mayor efectividad con su aplicación o una mayor comprensión para interpretarlos.

Son muchas ciencias de la ingeniería que en estos momentos requieren preparación en la aplicación de los nuevos principios teóricos que en ellas han surgido, así como de aparatos. Por ello desear lograr una superación en ellas tiene que ir unida a deseos de trabajar y aprender a lo largo de toda la vida de su actividad.

Como alguien al leer lo expuesto puede pensar que todavía la técnica necesita especializaciones, que la acción en los Centros de investigación y experimentación es demasiado teórica o elevada, siendo precisa una aplicación más práctica, así como que en esta especialización no se encuentra efectividad y campo de acción para su actividad profesional, damos a continuación ejemplos de enseñanzas creadas para este fin y en funciones, así como sus resultados. En el epígrafe siguiente damos especializaciones, cuyos programas se cursan actualmente en Estados Unidos, para una de las ramas de nuestra ingeniería agrícola.

### *Especializaciones en Estados Unidos sobre Ingeniería Agrícola.*

Los avances que en estos últimos años ha experimentado la agricultura en todos sus aspectos ha obligado a que la especialización en ella por los ingenieros que desenvuelven su actividad en esta rama productiva sea una necesidad.

Ejemplo de ello lo tenemos en los procesos de conservación y manipulación de cosechas. Se ha comprobado en este país que los avances y perfeccionamientos en las técnicas de desecación y manipulación de los productos agrícolas obliga a una preparación y conocimiento de las mismas que impidan diseños desacertados y no moldados al fin que se persigue con su aplicación y por tanto que viten no sólo una aplicación inadecuada, sino antieconómica.

Si pasamos a las actividades que se relacionan con los problemas de suelo y agua, sólo diremos que los estudios con ellas relacionados son considerados hoy día en el mundo como los básicos para alcanzar un alto nivel en la agricultura y en su producción.

Son estos estudios el apoyo firme de lograr efectividad en el

aprovechamiento de tierras, cultivos, así como en la rentabilidad de esta rama importante en la economía de todos los países.

La solución de la mayoría de los problemas que un suelo presenta, por su complejidad y diversidad, requiere el concurso de técnicas químicas, físicas, ingenieriles, económicas, agronómicas, forestales, biológicas, hidrológicas y geológicas, que hacen que las prácticas de conservación de agua y suelo, aplicadas separadamente como ciencias individuales, no tengan efectividad.

Tanta importancia tiene lo expuesto que hoy día no existe en ningún país que trabaja en programas de mejora de la Agricultura y transformaciones en regadío una acción solamente ejecutiva.

Los departamentos dedicados a estos fines están divididos administrativamente en las dos actuaciones siguientes:

a) Una, de aspecto ejecutivo o de realización, que aplica los planes y medios, así como medidas para la conservación del agua y suelo en las explotaciones.

b) Otra, de aspecto investigador, que desarrolla y mejora nuevas técnicas y prácticas para los fines anteriores.

No vamos a extendernos en esta exposición sobre el papel e importancia del ingeniero en los problemas del agua y suelo, así como la unión en este aspecto con otras técnicas y el beneficio de esta acción en el incremento productivo de la Agricultura, pero sí dar una exposición de las especializaciones que para esta actuación hoy se consideran necesarias en muchos países, destacando entre ellos Israel y Estados Unidos.

Las ramas que forman parte de los cursos de cursos de especialización y preparación al Doctorado en esta actividad son las siguientes:

*Hidráulica y mecánica de fluidos.—Física del suelo.—Mecánica de suelos y Sedimentación.*

Podríamos citar numerosos programas de estudios que a este fin se llevan a cabo en todos los países, pero que no hacemos por no alargar este tema sin necesidad.

Hecho bien claro es que la necesidad de cursos de especialización y preparación al Doctorado, en relación con los Centros de experimentación e investigación, no es una idea, sino una realidad ya en marcha en todos los países y de necesidad en el nuestro para



abrir nuevas perspectivas y horizontes a la profesión de ingenieros y elevar su nivel de conocimientos y efectividad.

## DISCUSION

**Sr. Infesta.**—Considero que el párrafo «Gobierno» debe quedar así:

Cada una de las Escuelas estará dirigida por el propio director del Centro y el profesorado estaría propuesto por él, siendo por tanto de responsabilidad del director el desarrollo de todos los estudios. Existiría también un patronato o junta de cada escuela, que sería nombrada por el Ministerio de acuerdo con las autoridades del Consejo. En este patronato habrá una representación de aquellas facultades o Escuelas Técnicas Superiores que los acepten en sus cursos de doctorados.

**Sr. González del Valle.**—Los cursos no deben perturbar la función investigadora y para ello deben exigir la autorización de la institución de investigación a que pertenecen los centros. Por otra parte, para esto debería establecerse una distinción para aquellos centros de «dedicación completa a la investigación científica». Estos serían los que tendrían preferencia en el uso de medios de toda clase destinados por el Estado para la investigación.

**Sr. Sols.**—Los cursos monográficos de especialización que los investigadores pueden dar son un bien en sí y un mal por lo que interfieren con la investigación. Ambas cosas las crean «a priori». Ambas cosas las he confirmado con la experiencia de un curso de enzimología que di hace tres años. Como consecuencia he decidido organizar otro curso concentrándolo en el tiempo, para que ya que la interferencia con la investigación es inevitable, que dure el menos tiempo posible. En el fondo lo que hay que decidir es un balance entre lo que se pierde y el bien que se hace: si vale la pena lo que hay que perder por el bien que puede salir de ello.

**Sr. García Vicente.**—La incompatibilidad que se pretende establecer entre investigación y docencia no está fundamentada en el caso de los cursos que se pretende establecer, ya que la labor docente que ha de realizar el investigador debe estar limitada a su propia especialidad.

**Sr. Aranda.**—Considero incompatible con la función investigadora la organización regular y permanente de cursos de especialización. Las tres razones en que basa la ponencia esta función docente no bastan para desviar ni distraer a los investigadores cuya labor fertiliza siempre el campo de la docencia a través de sus publicaciones y asesoramientos. La nueva ley de Enseñanzas Técnicas se esfuerza en fomentar la especialización y ha de dotar debidamente a las Facultades y Escuelas Técnicas con recursos que,

lógicamente, no deben ir al ensanchamiento de la función investigadora desvirtuándola.

Son muchos, por otra parte, los investigadores que tienen función docente y a través suyo, sin duda alguna, serán difundidas en los cursos normales de los centros de enseñanza donde desempeñan cátedra, cuantas investigaciones les sean familiares.

Sr. Velasco.—Creo que lo que propone la ponencia va contra los intereses del Consejo Superior de Investigaciones Científicas porque es imposible organizar estos cursos sin perturbar la labor de investigación de los Institutos.

Sr. M. de Lamadrid.—Considero que la labor docente de los Centros de Investigación ha de ser consecuencia de su propia tarea investigadora y, por tanto, es incompatible por su variabilidad y progresión con una sistemática de cursos de especialistas, cuya organización y montaje se sale fuera del marco del Centro.

Sr. Gallego Díaz.—Felicito a la Comisión encargada de redactar la Ponencia por el espíritu de la misma, y sólo deseo subrayar un pecado de modestia que se advierte en la misma cuando habla el profesor que citará «experiencias propias y dará resultados obtenidos por su equipo en el laboratorio». Y mi pregunta es ¿por qué no podía hablar también de teorías propias? ¿O es que se excluye la capacidad teórica del profesor?

## EL PERSONAL CIENTIFICO Y TECNICO ANTE UNA ECONOMIA EN EVOLUCION

Robert L. Clark

En el tema que se me ha asignado para desarrollar esta mañana está implicado el hecho de que vivimos con toda comodidad dentro de una economía en evolución y que nuestro único problema consiste en preparar los científicos y técnicos precisos para que esta economía se mantenga dinámica.

Este es un supuesto demasiado sencillo, ya que, en la clase de mundo en que vivimos, no basta con considerar solamente el crecimiento, y el grado en que éste se produce es lo que, en suma, puede resultar decisivo. Con la industrialización extraordinariamente rápida de amplias zonas del mundo —zonas que durante siglos habían tenido economías agrarias— las naciones occidentales se enfrentan en la actualidad con algo más que una amenaza de tipo militar para su seguridad nacional; se han de enfrentar también con la más severa de las competencias económicas.

Aunque sea un poco irónico, en el caso en que disminuyesen las tensiones militares la presión económica aumentaría a un ritmo todavía más rápido.

Las generaciones anteriores se han enfrentado con problemas que les parecían tan formidables como a nosotros nos parece el nuestro. Pero me atrevo a decir que se ha agregado una nueva dimensión a los problemas nacionales. A saber, que ninguna nación pueda ya vivir aislada. Las economías nacionales del mundo actual son extraordinariamente complejas: dependen de materias primas obtenidas en todo el orbe y los mercados, donde se distribuyen sus productos acabados, están extendidos de forma igualmente amplia.

Ninguna nación está en condiciones de cerrar los ojos y negarse a considerar las realidades que esta interdependencia lleva consigo. Tampoco puede ignorar ni la potencia económica de su vecino, ni las crecientes realizaciones y necesidades de los países que en el mundo se encuentran en período de desarrollo.

Enfrentadas con esta situación, las naciones occidentales se han convencido plenamente de que hay dos cosas que deben emprenderse con la mayor urgencia:

Han de tomar medidas oportunas para reforzar sus economías interiores y fijar las bases para un crecimiento económico firme y continuo, y

Han de unirse con otras naciones para aumentar sus recursos, abrir vías libres al comercio y entrar en otras formas de cooperación que reforzarán el conjunto de la economía occidental.

Nos reunimos aquí esta mañana para discutir algunos de los caminos principales que hay que emprender para alcanzar los objetivos de las naciones occidentales.

No es necesario decir a este auditorio que el crecimiento industrial moderno tiene su origen en la investigación científica y en la evolución técnica. No nos encontramos en un período de revolución industrial, sino más bien de revolución científica. El período de revolución industrial fué una época de adaptación y ahora estamos en una era creadora de innovación constante.

El hombre ya no se limita a *dominar* la naturaleza, sino que trata de modificarla para que se adapte a sus necesidades.

En estas circunstancias sería ilusorio creer que el tiempo está de nuestra parte y que sólo necesitamos dejar que sigan su curso los progresos evolutivos normales de la sociedad para que se produzca un mundo ordenado, productivo y pacífico.

Si la potencia y vigor económico de una nación descansan en su capacidad para saber aprovechar las herramientas que la ciencia ha puesto en sus manos, cada nación —y cada grupo de naciones asociadas para un fin común— deberá desarrollar hasta el máximo esta capacidad científica y técnica.

No es mi intención tratar esta mañana de todas las fases necesarias para edificar un programa nacional sólido de investigación

y desarrollo científicos, ni tampoco indicar las acciones precisas para traducir los descubrimientos científicos en productos industriales. Otras personas más competentes que yo pueden hacerlo.

De lo que quiero hablar es del ingrediente básico: el científico y el técnico.

Hemos de sentirnos alentados por el hecho de que el mundo se sienta plenamente convencido de que el progreso de la humanidad depende del hombre. Y esto resulta doblemente alentador para los educadores, ya que con ello se ha vuelto de nuevo a fijar la atención en la enseñanza. Las últimas generaciones se han ido convenciendo, cada vez más, de la importancia que ésta tiene para la sociedad y el individuo.

Esta certeza se ha acentuado notablemente en los últimos diez a quince años debido a la constante e insistente demanda de científicos e ingenieros. Demanda que ha creado en la mente pública lo que un economista denomina «sentido de la escasez»; el cual ha centrado la atención, tanto de las autoridades como del hombre de la calle, sobre ciertos desequilibrios y defectos de los sistemas de enseñanza. El público se ha dado también cuenta del hecho de que pueden surgir consecuencias desgraciadas tanto para la economía como para la seguridad nacional si no se presta la debida atención a las inversiones que precisa la educación.

Quizás haya quien diga que es bueno que el público tenga la sensación de que es necesario impulsar a la enseñanza, pero que esta sensación proviene de motivos erróneos. Puede argüirse que la educación del individuo redunde en su propio beneficio. De momento no quiero discutir esto, aunque he de hacer observar que existen razones tanto *individuales* como *sociales* en pro de un potente sistema de educación. Y estoy dispuesto a aceptar argumentos en apoyo de *cualquiera* de estas dos razones—por estar plenamente convencido de que tanto el individuo como la sociedad se beneficiarán de un sistema debidamente equilibrado.

Supongo que estamos de acuerdo en que el clima general está en favor del florecimiento de la educación. Pasemos, pues, a considerar detenidamente lo que esperamos de la educación y las posibilidades que ofrece para conseguir dichos objetivos.

Aquí es donde entra en juego la segunda de mis suposiciones

básicas, que consiste en admitir que las naciones tienen que coordinar sus conocimientos y recursos en un esfuerzo cooperativo para elevar el nivel económico y social de toda la Comunidad Occidental. Una de las formas en que esto viene haciéndose es la que ofrece la comunidad de naciones a la que tengo el privilegio de representar aquí, la Organización Europea de Cooperación Económica.

Es interesante, en relación con este tema, decir que se ha propuesto que el nombre de O. E. C. E. (Organización Europea de Cooperación Económica) se cambie por el de O. E. C. D. «Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos».

Esta organización, de la que España es miembro activo, se ha ocupado sucesivamente de la rehabilitación de las economías europeas después de la guerra, de la estabilización monetaria, de la liberación de las corrientes comerciales, del fomento de la productividad. El objetivo principal ha ido pasando gradualmente desde los problemas de la recuperación económica a la necesidad de un crecimiento y expansión permanentes.

Por ello es lógico que la Organización haya dirigido su atención a ciertas cuestiones fundamentales de las que dependerán el que la economía occidental sea permanentemente saludable. Se ha comenzado a prestar mayor importancia a la investigación y desarrollo científicos y a la formación de un plantel suficiente de científicos e ingenieros, sin los cuales resulta imposible que la investigación y el desarrollo sean efectivos.

Conviene exponer brevemente lo que la O. E. C. E. ha hecho hasta ahora y lo que pretende hacer en este campo y no porque ello represente el conjunto de las acciones posibles, sino porque representa la opinión colectiva actual de un número considerable de países influyentes.

Lo primero que hizo el consejo de la O. E. C. E. al establecer el programa de personal científico y técnico fue crear un Comité de Gobierno con representación de todos los países miembros y asociados. Resulta bastante significativo que sea éste el primero de los programas de la O. E. C. E. en el que participan los Estados Unidos como socio activo.

Los miembros de este Comité están escogidos por sus Gobiernos respectivos y representan a una parte muy amplia de la estructura

científica, educativa e industrial de la Europa Occidental. El próximo mes cumplirá dos años este Comité y aún cuando en él están representados intereses muy diferentes nadie ha tratado de imponer su voluntad. Generalmente ha existido unanimidad entre los miembros del Comité, y entre los países que representan, respecto a los métodos a seguir para aumentar el plantel y mejorar la calidad del personal científico y técnico de la Comunidad Occidental.

Al emprender esta tarea el Comité de Gobierno tuvo presente una serie de objetivos principales, entre los que se incluyen: la mejora de la información relacionada con las necesidades a largo plazo de científicos e ingenieros, de acuerdo con las posibilidades actuales y las potenciales; la mejora de la educación fundamental en ciencias y matemáticas como base para las enseñanzas científicas y técnicas subsiguientes; el aumento de las oportunidades para que reciban enseñanza media y superior aquellas personas de talento con aptitudes para la formación técnica y científica; la expansión, mediante una cooperación internacional de los medios necesarios de la enseñanza superior científica y técnica, cubriendo así las necesidades que excedan a las posibilidades individuales de un país; una mayor libertad en el intercambio del personal encargado de la enseñanza de científicos e ingenieros, y la provisión de medios que hagan más eficaz la utilización del núcleo actual de personal científico y técnico de los países miembros.

Para lograr estos objetivos el Comité de Gobierno ha elaborado programas con el fin de mejorar la preparación y reeducar a los profesores de ciencias y matemáticas de las escuelas de Segunda Enseñanza y se están estudiando los programas existentes, así como los métodos didácticos en estos campos de las matemáticas y de las ciencias. Para lograr estos objetivos el Comité de Gobierno se ha puesto en contacto con distinguidos expertos, lo que permitirá examinar los nuevos métodos y técnicas en la enseñanza de las materias científicas y sacar el mayor provecho posible de los modernos instrumentos de enseñanza, como son la televisión y el cine.

En las primeras etapas de esta fase del programa se hizo evidente que uno de los problemas más importantes con que ha de

enfrentarse la enseñanza en la Europa Occidental es la escasez de profesorado bien preparado. Por ello se ha preparado ya un programa relativo a las formas de mejorar los sistemas de reclutamiento y preparación del profesorado.

Se ha constituido la «O. E. C. E. Senior Visiting Fellowships» con el fin de permitir a las distintas instituciones el intercambio de su personal más experimentado para que estudie los nuevos métodos y técnicas y pueda elevarse de este modo el nivel de las enseñanzas en dichas instituciones.

La O. E. C. E. reconoce que la escasez de personal científico y técnico hará necesario que los países miembros elaboren planes importantes para conseguir la expansión y desarrollo de las instituciones dedicadas a la enseñanza superior técnica. Programas que precisarán inversiones elevadas.

No siempre es prudente o posible para una sola nación tratar de disponer, en todos los campos, de los elementos de investigación y formación que requiere el vigoroso crecimiento de la ciencia y de las técnicas modernas. En muchos campos de la ciencia se ha producido una gran especialización. La compleja formación de los científicos necesarios para cubrir estas especializaciones se ha convertido en una pesada carga para los sistemas de Enseñanza Superior. Por ello, varios de los países de la O. E. C. E. han determinado, de común acuerdo, apoyar a ciertas instituciones nacionales ya existentes y prepararlas para que puedan dedicarse a ciertas enseñanzas en su plano de cooperación internacional. Mediante su programa de Personal Científico y Técnico, la O. E. C. E. se ha unido a estos países, en su importante esfuerzo de cooperación, para proporcionarles el apoyo económico que permiten sus recursos.

De acuerdo con las directrices del Consejo, el Comité de Gobierno del programa de Personal Científico y Técnico ha instituido una revista anual de los programas nacionales de formación de científicos e ingenieros. Este programa comprende visitas a los distintos países realizadas por expertos de la O. E. C. E. con el fin de examinar sus actividades en el campo del personal científico. Esta revisión sobre el terreno va seguida de un estudio de conjunto de los programas de los diferentes países, en una reunión del Comité



de Gobierno, a la que asisten los peritos que han realizado las visitas y representantes sobresalientes de los países en cuestión. Esta revisión supone una oportunidad poco corriente para realizar un amplio intercambio de experiencias y facilita el planteamiento de los problemas primordiales comunes a los diferentes países de la O. E. C. E. Una vez identificados, muchos de estos problemas resultan ser de tal naturaleza que pueden abordarse conjuntamente, por medio de una cooperación internacional.

Con el fin de proporcionar una base firme para los programas que habrán de elaborarse en el futuro, se han tomado medidas oportunas para mejorar la información referente a la oferta y demanda de personal científico y técnico. En la actualidad se ha realizado ya un estudio sobre los métodos utilizados en Europa Occidental para estimar la demanda probable en el futuro.

Se ha concedido una subvención a la Conferencia de Asociaciones de Ingenieros de Europa Occidental y de los Estados Unidos (E. U. S. E. C.) con el fin de que dicha organización realice un estudio comparativo de los ingenieros en distintos países. Este estudio será una ampliación de otro anterior realizado por E. U. S. E. C. y comprenderá a todos los países de la O. E. C. E. Se tiene la idea de realizar también estudios comparativos de los grados de los científicos.

Se están llevando también a cabo preparativos para determinar cuál ha de ser la naturaleza y alcance del Tercer Examen Internacional de la Situación de la Oferta y Demanda de científicos y técnicos en los países de la O. E. C. E.

Esto me lleva a la cuestión de los métodos que podemos seguir para prever esta demanda y de las formas de aplicar estos pronósticos en los planes de enseñanza. Al abordar esta cuestión no voy a tratar de explicar con todo detalle las técnicas de previsión. A este respecto ya han oído ustedes excelentes trabajos de dos personas de gran experiencia en la materia, Mr. Moberg y M. Vermot-Gauchy, ambos han contribuído enormemente al trabajo de la O. E. C. E. Además, la O. E. C. E. acaba de celebrar una Conferencia Internacional en La Haya, en la que se trató de esta cuestión

con bastante detalle, y muy pronto podrá disponerse de las Actas de dicha conferencia.

Me inclino, más bien, a hacer algunas observaciones generales desde el punto de vista de la persona que tiene que actuar de acuerdo con los pronósticos, más que desde el punto de vista de la que los hace.

Trataré primeramente de la poca seguridad que ofrecen los pronósticos a largo plazo en el campo de la oferta y demanda de personal científico y técnico.

Ha de reconocerse que no pueden hacerse pronósticos referentes al potencial humano sin hacer ciertas suposiciones respecto al futuro de la economía en su conjunto. Lo que ya resulta bastante arriesgado. La mayoría de ustedes recordará algunos de los pronósticos referentes a las necesidades de energía de los probables suministros que se hicieron hace algunos años en Europa Occidental y lo lejos que quedaron de la realidad.

Los pronósticos de potencial humano, con todas sus limitaciones, basados en pronósticos económicos de una exactitud dudosa parece que han de multiplicar el error probable.

Pero no es así totalmente y los resultados dependen de la información empleada en la obtención de los pronósticos.

Los pronósticos de potencial humano descansan sobre dos bases internas.

Primero, estos pronósticos se basan en documentadas encuestas cerca de organizaciones y patronos que emplean científicos o ingenieros, a los que se pregunta en cuánto estiman las necesidades futuras en comparación con los actuales estados de contratación. De esta forma, si las preguntas que se hacen son las adecuadas, puede conseguirse una opinión bien informada de gente muy conocedora no solamente del crecimiento probable, sino también del grado en que se produce dicho crecimiento.

En segundo lugar —y con importancia igual o mayor— los pronósticos se basan en métodos analíticos en los que las previsiones se desarrollan mediante el estudio de todos los factores que afectan a la demanda y luego, extrapolando ésta, basándose en una hipótesis respecto a la forma en que estos factores se desenvolverán en el futuro.

Entre los muchos factores que se pueden señalar y que influyen sobre la demanda, los de mayor importancia parecen ser los siguientes:

1. *Crecimiento de la población.*—Suponiendo invariables los restantes factores, una población creciente precisará más mercancías y servicios y la mayor producción que esto lleva consigo exige un mayor número de ingenieros, científicos y técnicos.
2. *Crecimiento y variaciones económicas.*—Ambos conceptos independientes van generalmente acompañados por una actividad correspondiente en el campo de la ingeniería y de la técnica, aún cuando la expansión económica sea probablemente un factor de mayor importancia en la economía. El crecimiento se refleja en series estadísticas de la renta nacional, la producción nacional y otros índices económicos. La variación económica sin crecimiento, como en el caso de ciertos cambios estructurales de la economía, es sólo concebible en una economía estática y estabilizada. Sin embargo, la variación económica no puede aislarse fácilmente del crecimiento, y para el análisis puede considerarse a ambos como un fenómeno único representado por los mismos índices estadísticos.
3. *Crecimiento de los grandes núcleos de población.*—Una amplia variedad de cambios culturales y sociales que aumentan o afectan la demanda de personal científico y técnico están asociadas a la especialización funcional que acompaña a la vida en las ciudades. Las necesidades de los servicios de transporte, la provisión de viviendas en gran escala, las escuelas, comunicaciones y las formas especiales de esparcimiento son menos pronunciadas en una población rural.
4. *Niveles, alcance y calidad de la educación.*—El nivel general de educación conseguido por la población está positivamente relacionado con la renta o ingresos personales. Estos últimos, a su vez, están relacionados con las necesidades de mercancías y servicios y, por ello, influyen en la demanda del personal científico y técnico que ha de emplearse para satisfacer esas necesidades. Los cambios producidos en el contenido y calidad de la educación general pueden influir también en la demanda de otra forma muy sutil: un mejor conocimiento de los fundamentos y métodos de la ciencia y la técnica modernas pueden inducir a los jefes de in-

dustria a apreciar mejor las ventajas que se pueden conseguir mediante un mayor empleo del personal científico y técnico en sus empresas.

5. *Investigación y desarrollo.*—Los nuevos descubrimientos científicos y los inventos técnicos son resultado directo del trabajo del personal científico y técnico. Pero, al mismo tiempo, crean la demanda de un mayor número de personas de esta clase para que puedan proseguir la investigación y desarrollo por los caminos que se han abierto entre ellos. Las inversiones en investigación y desarrollo realizadas por parte de los organismos del gobierno, las empresas particulares y las instituciones económicas están relacionadas directamente con la demanda de personal científico y técnico.

6. *Necesidades de defensa nacional.*—El desarrollo de las armas y la investigación fundamental que traen consigo están también directamente relacionados con la demanda de personal científico y técnico.

Además de los anteriores, pueden señalarse conceptualmente otros muchos factores determinantes de la demanda de personal científico y técnico; aun cuando en algunos casos no pueden estimarse por separado y haya que agregarlas como una miscelánea de factores diferentes. Entre ellos se encuentran los siguientes:

7. *El papel que desempeñan las distintas naciones en los asuntos mundiales.*—Una de las consecuencias de los amplios cambios introducidos en los últimos años en las relaciones entre naciones ha sido el gran crecimiento de la demanda de científicos, ingenieros y técnicos para prestar servicios en países extranjeros. Los progresos de ayuda técnica en zonas poco desarrolladas constituyen un ejemplo evidente; pero existen también otras muchas formas en las que especialistas, empleados en negocios particulares, organizaciones de las Naciones Unidas, instituciones científicas y técnicas privadas, gobiernos extranjeros u otros organismos, se encuentran trabajando en países distintos del suyo propio.

8. *Normas gubernamentales.*—Además de los factores determinantes ya citados y que están relacionados con la política seguida por los gobiernos en estos problemas, existen otros —ciertos acuerdos legislativos o decisiones ejecutivas— que pueden influir en la demanda de personal científico y técnico. Como, por ejemplo, cuan-

do estas decisiones consisten en nuevos programas de edificaciones o carreteras, nuevos programas de saneamiento, desarrollo de la energía nuclear para fines pacíficos y otros semejantes.

9. *Estructura de la actividad científica.*—La cambiante organización de la actividad científica y técnica puede traer consigo nuevas dimensiones a las demandas de la sociedad en lo que se refiere a científicos e ingenieros. Pueden encontrarse ejemplos de ello en el nacimiento de nuevas organizaciones, sean o no rentables, creadas para facilitar a sus asociados, en especial a las firmas pequeñas y medianas, la realización de ensayos u otros servicios técnicos que no podrían conseguir aquellos fácilmente mediante contratación directa de personal u otros medios a su alcance.

10. *Variación de las funciones que ha de desempeñar el personal científico y técnico.*—Parece aumentar considerablemente la demanda de personas que han recibido la preparación de científicos, ingenieros o técnicos para ocupar funciones de dirección, administración y otras, como las oficinas comerciales de productos técnicos en las que resultan ser útiles sus conocimientos de la especialidad. Esta cuestión requiere un estudio especial de la variedad de funciones que ha de desempeñar el personal científico y técnico en los establecimientos industriales y de la posición de los dirigentes respecto al valor que para ellos tiene la ciencia y la tecnología.

Es evidente que aun disponiendo de las mejores estadísticas en demografía y otras cuestiones relacionadas con las materias siempre habrá que aplicar en gran proporción criterios puramente cualitativos. Cuanto mejores sean las estadísticas menor será el margen que se deje al criterio y, por consiguiente, mayor será la confianza que merezcan las previsiones hechas tanto a los que han de aplicarlas como al público en general.

Esta situación impone dos tareas a las autoridades competentes. La primera es la de mejorar las técnicas de las previsiones y los medios de información sobre las realidades. La segunda es la de conseguir la aceptación pública y oficial de las conclusiones. Esto requiere, ante todo, que los encargados de los pronósticos merezcan la confianza general por lo que a su integridad y competencia se refiere. Pero también se precisa que las conclusiones estén pre-

sentadas de tal forma que los encargados de confeccionar las normas de política tengan la sensación de que pueden confiar en los pronósticos y no de que éstos se basan en una información incompleta y que los juicios no han sido sistemáticamente ordenados y cuidadosamente sopesados. El conseguir la aceptación de las conclusiones es una parte esencial de este arte como lo pueda ser el llegar a aquellas conclusiones.

La cuestión de confianza se agudiza más cuando en el período de sugerencia de un pronóstico a largo plazo de la demanda de personal técnico se produce una reacción económica durante la cual los científicos y técnicos quedan sin empleo. No es fácil convencer a la gente, cuando todo a su alrededor se viene abajo, de que a largo plazo continuará la marcha ascendente y, sin embargo, si el pronóstico es acertado sería una terrible equivocación abandonar el programa a largo plazo para atender a una situación momentánea. Para dar a las personas encargadas de las normas de política y al público la perspectiva a largo plazo, necesario para que en lo esencial se cumplan sistemáticamente los programas establecidos, se requiere de las autoridades encargadas de estas previsiones una habilidad excepcional.

De este análisis se deduce claramente que la programación del potencial humano y, especialmente, las previsiones referentes a la demanda son cuestiones complicadas que no admiten ciertamente soluciones propias de una ciencia exacta. He dicho antes que se trataba de un arte y es cierto que así debe considerarse.

Es esperanzador que el esquema analítico que he sugerido y que, en la actualidad, se está empleando mucho divida el problema en secciones manejables. El simple hecho de poder pensar en las transformaciones de cada una de estas secciones parciales evita que la mente quede estancada en las situaciones que anteriormente se hayan producido: y los errores más graves de las predicciones se derivan de creer que el futuro será como el pasado. Es realmente muy difícil para la mente imaginar un mundo radicalmente distinto del que se está acostumbrado y las predicciones del hombre tienden a ser una simple extrapolación del pasado. Pero podrá evitarse esta forma de pensar al hacer las predicciones si los que las hacen empiezan por pensar en términos de factores determinantes de

tendencias demográficas; mecanización; cambios de carácter interno en la mano de obra o sindicatos, etc. De esta forma puede verse cómo se producen cambios y movimiento, de una manera análoga al científico que observa a través del microscopio movimientos que a simple vista no habrá podido distinguir.

Una vez obtenido un método de predicción razonable, el problema siguiente es averiguar cómo utilizarlo de manera efectiva para la planificación de la enseñanza.

El primer problema de esta planificación es el mantenimiento del equilibrio del sistema de enseñanza. Se observará que el tipo de predicción que he descrito nos dará cifras generales de la población escolar probable considerada en su conjunto. Un estudio más detallado nos daría cifras más exactas de las necesidades de aquellos tipos de científicos y técnicos que necesita la sociedad para su expansión y desarrollo económicos.

Pero no sólo de pan vive el hombre y toda sociedad necesita desarrollar sus mejores aptitudes naturales para las artes y las humanidades. Existe también la responsabilidad política y moral de colocar la educación al alcance de toda persona capaz de beneficiarse de ella, independientemente de sus circunstancias pecunarias o de que su lugar de residencia esté más o menos apartado.

Queda dentro de la responsabilidad de los Ministerios de Educación, de Economía y de Hacienda sopesar estas necesidades individuales con las de la sociedad en su conjunto y buscar el sistema para obtener los mejores resultados posibles.

Llegado a este punto he de volver a algo que ya he dicho: que vivimos en tiempos realmente extraordinarios. Todos los indicios señalan el hecho de que los científicos, ingenieros y sus ayudantes técnicos se encuentran y se encontrarán por algún tiempo en situación de escasez extremada. Si existe, en general, un desequilibrio en nuestro sistema tradicional de educación todos los hechos señalan que la balanza se inclina aún fuertemente al lado de las humanidades, en contra de las ciencias. Además, ni los planes de estudio ni los elementos materiales —laboratorios, equipos, edificios de Escuelas Técnicas y de ingeniería— son adecuados para el

fin que se persigue. Y mucho más grave que todo esto es la escasez de profesores de ciencias y de matemáticas.

En la Revisión Anual, anteriormente citada, la O. E. C. E. ha estudiado los sistemas de enseñanza de las ciencias utilizados en dieciocho de los veinte países miembros asociados de esta organización. En ninguno de estos países se enseñan las ciencias y las matemáticas de forma satisfactoria por defectos del profesorado, en número o en preparación adecuada.

He dicho esto con el fin de resaltar la importancia del problema. Es tan grande que ninguna de las naciones más avanzadas del mundo occidental ha sido capaz de cubrir sus propias necesidades.

Es evidente que a pesar de que se lleven las mejores intenciones los recursos disponibles nunca igualarán a la demanda. Lo que es razón suficiente para que se distribuyan las disponibilidades existentes en el país de acuerdo con las prioridades establecidas por las autoridades competentes, después de haber hecho un detenido estudio de necesidades, pero no de esta generación, sino de la futura. Debemos recordar que estamos formando a la próxima generación y no a la nuestra propia.



## RESUMEN DEL SEMINARIO

Luis de Mazarredo

Por ser este II Seminario de Enseñanza Superior Científica y Técnica continuación y complemento del celebrado en el pasado año, puede iniciarse este resumen con una idea, que, tomada de la conferencia del profesor Capocaccia, ponía punto final al redactado con motivo del primero, y que concuerda con la encerrada en las últimas palabras que el señor R. L. Clark pronunció en la sesión de clausura: «En efecto, debemos recordar que estamos formando la próxima generación y no la nuestra y que esto es aplicable tanto a la cantidad, como a la calidad de nuestros futuros graduados».

En lo que atañe a la *cantidad*, parece ser que, en el conjunto del mundo occidental, la demanda de personal científico y técnico es superior a la oferta y que en un próximo futuro se precisará un número aún mayor de estos graduados para llevar a cabo los programas de desarrollo económico y científico que exige una competencia cada vez más agudizada. No obstante, no pueden establecerse reglas generales y especialidades en estrecha estudio detenido de las distintas relaciones con el desarrollo económico de cada país; estudio erizado de dificultades y que tiene más de Arte que de Ciencia Exacta.

Con objeto de conocer las características de los métodos de utilizar sus resultados, todos empleados y la forma dedicó a la exposición de una Sesión del Seminario se

17

17

3, 4

359

los estudios llevados a cabo en Suecia y Francia sobre la predicción de la necesidad y disponibilidades de personal Científico y Técnico.

1 En cuanto a la *calidad* de los futuros graduados, se observa que el intervalo que media entre la aparición de un nuevo progreso técnico y su adaptación a las necesidades de la vida humana se ha hecho tan breve que el ingeniero ha de poseer una extraordinaria capacidad para dominar los temas nuevos de toda índole que surgen  
1, 2, 8 continuamente. Lo que exige que su educación sea cada vez más científica; especialmente en lo que a la Física y a las Matemáticas se refiere. Este es uno de los grandes problemas de la Enseñanza Técnica actual, ya que  
17 puede decirse que en dieciocho de los veinte países de la O. E. C. E. las ciencias no se enseñan de forma satisfactoria, particularmente debido a la escasez del profesorado o a la preparación insuficiente del mismo.

5, 8 Es necesario que la mente del estudiante se desarrolle de tal modo que éste busque por sí, y casi inconscientemente, las aplicaciones de las enseñanzas científicas recibidas. A este respecto se ha comentado que los conocimientos teóricos de nuestros alumnos suelen ser superiores a los de sus colegas europeos; pero que, por otra parte, se encuentran en franca desventaja cuando de su aplicación a la realidad se trata: insuficiencia de iniciativa, de capacidad experimental y de pensamiento original son quizá los defectos más graves de nuestros sistemas tradicionales. Y, aunque esto se haya dicho de los alumnos de Ciencias, puede aplicarse también parcialmente a los de Ingeniería.

5 No parece que se pueda insistir demasiado en la idea de que la perfección se adquiere con la práctica y que  
1 no basta con haber adquirido ciertos conocimientos, sino que es también necesario saber plantear las cuestiones correctamente y resolverlas en la práctica. Para ello, es  
1, 6 preciso haber estado en contacto con la realidad por medio de la investigación —si se trata de disciplinas científicas— y además establecer contactos con el tra-  
5

bajo que realizan los obreros en la industria, si se trata de estudiantes de Ingeniería. A estos efectos, se recomienda que estos estudiantes reciban un adiestramiento industrial que les proporcione no sólo los conocimientos técnicos complementarios que deben esperarse de tales prácticas —que con ser importantes no se consideran tan fundamentales—, sino una formación humana más completa. 5,13 13

Se hace observar que la aplicación de estos métodos ofrece muchas dificultades, tales como su elevado coste y el hecho de que no pueden realizarse con eficacia cuando el número de alumnos es muy grande, pero no por ello debe prescindirse de este contacto con las aplicaciones prácticas y basar la enseñanza en concepciones sintéticas y artificiales. 1,13 13

Quizá una de las principales cuestiones a resolver para lograr estos fines sea la del *personal docente*, que, además de una preparación científica o técnica adecuada, debe tener una visión práctica y amplia de las cosas y estar al tanto de los últimos adelantos de su especialidad. Con esta finalidad a la vista, en algunos países se fomenta el contacto de la industria con el profesorado de las Escuelas de Ingeniería. Pero este personal escasea y hay que prever los medios necesarios para hacer más eficaz la utilización del disponible; resolviendo con amplitud sus problemas económicos si se ha de lograr que se interese de manera permanente por estas actividades. 17 13, 6, 15

A estos efectos se ha reiterado la necesidad —ya expuesta en el Seminario anterior— de emprender una reorganización del profesorado, particularmente del auxiliar, y se ha solicitado la creación de dotaciones de cátedras para el Curso Selectivo. 9

Se ha considerado detenidamente la enseñanza de las *Matemáticas*, de la *Física* y de la *Química*, en los distintos Centros y fases. Entre las conclusiones alcanzadas puede señalarse la importancia que se atribuye a las modernas técnicas de cálculo, proponiéndose que, en atención al elevado coste de los equipos necesarios para el 2

adiestramiento en estas técnicas, se proyecte una instalación para su utilización en común por las distintas Escuelas Técnicas Superiores.

8 Merece señalarse también la importancia que se le ha dado a la idea de que, para que no pierda su valor formativo, la Física debe considerarse como una unidad. Advirtiéndose, sin embargo, que esto no supone que se deba abusar del sistema cíclico. Idea, esta última, que también ha sido expuesta en relación con la enseñanza de las Matemáticas.

9 Respecto a la Química, se ha expuesto la conveniencia de estudiar su inclusión en el Curso Preuniversitario, dividiendo entre éste y el Selectivo el contenido actual de este último curso. Luego, su enseñanza se orientaría —lo mismo que sucede en otras materias (como la Física)— de forma diferente, según la importancia que, en su conjunto o en sus partes, tenga en las distintas Facultades y Escuelas Técnicas.

8, 9 Por lo demás, se ha considerado la necesidad —que afecta a la formación en estas ciencias básicas— de que los actuales cursos preuniversitario y Selectivo se desarrollen bajo el signo de una unidad de dirección y de criterio.

9 En la Sesión dedicada a la Enseñanza de Arquitectura y Urbanismo se subrayó el hecho de que la *Arquitectura* requiere una formación especial por constituir una síntesis de Arte, Técnica y factores humanístico-sociales. Ello no implica que el arquitecto no deba conocer las técnicas relacionadas con su trabajo; que, por otra parte, adquieren en estos estudios características especiales, por deber considerarse en torno al hombre y requerir por ello unidades de medida mucho más sensibles que las usuales y de imposible expresión matemática.

10 Respecto al *Urbanismo*, como su clave reside en las funciones que desarrolla el hombre —habitar, trabajar, recrearse, circular...—, presenta no sólo facetas propias del arquitecto y del ingeniero, sino incluso otras, que guardan estrecha relación con la Economía, la Sociología, etc.

En consecuencia, determinadas cuestiones de esta especialidad deben estudiarse en las distintas especialidades de ingeniería, con las que se encuentran en estrecha relación, sin perjuicio de que en las Escuelas de Arquitectura se desarrolle esta enseñanza de una manera más amplia; e incluso, a lo largo de toda la carrera.

Por lo que a las enseñanzas de *Energía nuclear* se refiere, se estima deseable que en los planes de estudios de las Facultades de Ciencias y de las Escuelas Técnicas Superiores figuren estas materias, a fin de que todos sus graduados posean nociones generales sobre los fundamentos, aplicaciones y riesgos de la energía nuclear y, además, conocimientos específicos de aquellos aspectos que estén más ligados a la especialidad de sus estudios. En las presentes circunstancias se considera conveniente crear un Centro de estudios nucleares de perfeccionamiento para postgraduados en el Centro «Juan Vigón», de la Moncloa, aprovechando las instalaciones y el personal docente especializado de la Junta de Energía Nuclear. La aprobación de los dos años que durarán estos estudios daría derecho a un certificado del Centro, que tendría validez oficial, aunque no a efectos de titulación específica. No se considera pertinente crear el título de Ingeniero Nuclear.

Otra cuestión específica tratada en este Seminario ha sido la de la formación complementaria en *Temas Económicos y de Organización*. Inclusión ciertamente justificada, ya que teniendo en cuenta que el ingeniero no ha de trabajar normalmente en un nivel puramente operacional, hay que prepararle para que pueda mandar hombres, dándole ciertos conocimientos sobre organización y sobre los factores sociales y económicos que puedan intervenir en los problemas que se le planteen. El modo de proporcionarle esta formación fué objeto de una amplia discusión y predominó la opinión de que estas materias deben incluirse en los planes de estudios, pero sin darles una extensión excesiva y dejando que cada Escue-

la, sobre unas bases comunes, desarrolle sus enseñanzas de acuerdo con sus necesidades.

- 6, 11 Dada la distancia que existe entre las enseñanzas de una Escuela y la práctica profesional debe procurarse un enlace o puente de unión entre ambas fases de la vida del ingeniero, lo que, al menos parcialmente, puede lograrse mediante la realización de un *trabajo* apropiado
- 6 *de fin de carrera*. Se entiende que este trabajo debe tener una extensión limitada, pero caracterizarse por la mayor actualidad y profundidad compatibles con el nivel alcanzado por el estudiante en esta fase; hasta tal punto que sin perder de vista que no se trata de una tesis doctoral, dicho trabajo pueda equivaler en algunos casos a una iniciación en la Investigación técnica.

- 1, 11 Se apoyan estas ideas en la necesidad, ya comentada, de lograr una formación más científica de los futuros ingenieros; habiéndose llegado a decir que solamente mediante el contacto con la *Investigación Científica* puede lograrse la formación que hoy necesita el ingeniero —o arquitecto— para dominar la técnica de su especialidad.

- 14 Pero, además, para las Escuelas, esta colaboración en los trabajos de investigación supondría la posibilidad de preparar y valorar mejor las dotes de los estudiantes que hubieran de cursar los estudios del doctorado. El país se beneficiaría también de la existencia de centros vivos de investigación aplicada, en los que continuamente se discutirían y publicarían (se ha dado mucha importancia a estos aspectos de la cuestión) trabajos sobre temas de actualidad realizados en los mismos, que siempre que fuera posible convendría orientar a la resolución de problemas que se presenten en la Industria.
- 6, 14
- 6, 8,

- 6, 11, 14 Por otra parte, si la organización de Laboratorios de Investigación en las Escuelas es sumamente deseable para lograr la formación científica —pero en contacto con las realidades— que se pretende a lo largo de los estudios, debe considerarse como imprescindible para el desarrollo de la fase del Doctorado, que es precisament

cuando el problema se agudiza; ya que, en efecto, es en esta fase cuando ha de realizarse la verdadera investigación y para que ésta florezca y no se produzca como relámpagos aislados, es necesario estimularla suficientemente y proporcionar los medios necesarios para llevarla a cabo.

14

Para resolver los problemas económicos originados por esta investigación, acaso sea la solución más acertada la de lograr una estrecha colaboración con la industria, en la que se armonizaran los intereses de ésta con los del Centro, que —siempre que se mantuviera dentro de lo que exige su verdadera razón de ser— no obtendría más que ventajas al orientar, de acuerdo con las necesidades de la Industria del país, las investigaciones y los cursos monográficos que pudieran organizarse.

6, 14, 16

Es evidente que esto se refiere tanto a los centros que pudieran crearse en las Escuelas, como a los ya existentes, que, por disponer del personal y de las instalaciones que requieren la resolución de problemas tan concretos como los que se plantean en esta fase, podrían colaborar en la especialización y el Doctorado.

16

A estos efectos merece señalarse la creciente necesidad de organizar *cursos de postgraduados* y las indudables ventajas que se derivan de organizar algunos de estos cursos, en colaboración con los Centros de Investigación; siempre y cuando no se perjudique la labor propia del centro.

5, 16, 9

16

El *Doctorado* de las Escuelas Técnicas Superiores españolas ha sido el tema de un profundo y documentado estudio en el que se considera que el papel que debe desempeñar el Doctor Ingeniero no debe limitarse a las funciones investigadora y docente, y que se debe fomentar el interés de los jóvenes ingenieros por alcanzar este nivel superior tan necesario para las grandes concepciones.

15

Sobre la formación del futuro doctor, las ideas son un tanto contradictorias y aunque haya habido opiniones muy extendidas en lo tocante a algunos aspectos de la cuestión —por ejemplo, la que sostiene que los estudios

9, 12, 15

15 de doctorado deben guardar una íntima relación con el  
tema de la tesis— no puede decirse que el problema haya  
quedado resuelto. Por lo que, de acuerdo con lo que la  
ponencia proponía, parece aconsejable conceder a las  
Escuelas la suficiente flexibilidad en la organización de  
su doctorado.

5 Por último, se ha dicho que, en tanto sea posible, es  
preferible el ensayo a la discusión. Puede decirse que  
este sentir es general y por ello se termina este resumen  
expresando el deseo de que las conclusiones de estos Se-  
minarios sigan cristalizando en realidades, que nos per-  
mitan avanzar por el camino de la Perfección; meta tan-  
9 to más deseable cuanto que el desarrollo correcto de  
estos Centros de Enseñanza Superior constituye uno de  
13 los factores más críticos en el progreso de un país.



# I N D I C E

	<i>Págs.</i>
PRÓLOGO .....	7
PROGRAMA .....	9
Ponencia 1: Puntos de vista sobre la educación científica de los Ingenieros.—Dr. F. Schultz-Grunow .....	13
Ponencia 2: La Enseñanza de las Matemáticas en las Escuelas Técnicas Superiores.—Angel Anós Díaz de Arcaya, Wenceslao del Castillo, Angel González del Valle, Miguel Jerez Juan, Fernando Peña Serrano, Antonio Pérez Marín, Vicente Roglá .....	23
<i>Discusión</i> .....	37
Ponencia 3: Las necesidades futuras de Ingenieros, experimento sueco.—Dr. Sven Moberg .....	47
Ponencia 4: Exposición de un método para el estudio de la oferta y demanda de Ingenieros.—Mr. Vermot-Gauchy .....	57
<i>Discusión</i> .....	77
Ponencia 5: Organización de las prácticas de Laboratorio y Taller de los estudiantes de Escuelas Técnicas Superiores.—Profesor Ir. D. Dresden .....	79
<i>Discusión</i> .....	88
Ponencia 6: Trabajos de fin de carrera.—Eugenio Andrés Puente, Luis de Mazarredo Beutel .....	91
<i>Discusión</i> .....	103
Ponencia 7: La organización de las enseñanzas sobre Energía Nuclear en España.—Armando Durán Miranda, Vicente Roglá Altet, Carlos Sánchez del Rfo, Juan Carlos Zabalo .....	113
La Enseñanza de la Energía Nuclear en las Escuelas Técnicas Superiores.—Contribución de la E. T. S. de Ingenieros Industriales de Barcelona .....	117
<i>Discusión</i> .....	122
Ponencia 8: La Enseñanza de la Física en las Escuelas Técnicas Superiores.—Manuel Abad Berger, Luis Bru Vilaseca, Luis Fontán Abeytua, Carlos Ortuño Medina, José Pazó Montes, Vicente Roglá Altet, Luis Sainz Sanguino, Antonio de la Vega .....	125
<i>Discusión</i> .....	143

Ponencia 9: La Enseñanza de la Química en las Facultades de Ciencias y en las Escuelas Técnicas Superiores.—Carlos Abollado Aribau, Fernando Burriel Martí, Antonio Canseco Medel, Enrique Costa Novella, Vicente Gómez Aranda, Enrique Gutiérrez Ríos, Mariano Mingot ... ..	153
Consideraciones sobre la organización de la Enseñanza en los cursos preparatorios.—Vicente Gómez Aranda ... ..	167
La Enseñanza de la Química en el Bachillerato.—Carlos Abollado Aribau ... ..	175
<i>Discusión</i> ... ..	178
Ponencia 10: El Urbanismo y su Enseñanza.—Roberto Terradas Vía. <i>Discusión</i> ... ..	187 194
Ponencia 11: La arquitectura como técnica.—Antonio Cámara, Fernando Cassinello, Javier Lahuerta ... ..	197
<i>Discusión</i> ... ..	215
Ponencia 12: La Enseñanza de los temas relacionados con la Economía y la organización de la Producción en las Escuelas Técnicas Superiores.—José Orbaneja, Fermín de la Sierra, Manuel María Zulueta ... ..	217
<i>Discusión</i> ... ..	229
Ponencia 13: Tendencias actuales de la Enseñanza como consecuencia del desarrollo científico y técnico.—Dr. H. L. Haslegrave ... ..	239
<i>Discusión</i> ... ..	253
Ponencia 14: La Investigación en los Cursos de postgraduados en las Escuelas Técnicas Superiores, con referencia especial al grado de «Doctor of Philosophy».—R. L. Russell ... ..	255
<i>Discusión</i> ... ..	276
Ponencia 15: El doctorado en las Escuelas Técnicas Españolas.—Antonio Cámara, Antonio Pérez Marín, Vicente Roglá Altet, Juan Santamaría ... ..	279
<i>Discusión</i> ... ..	325
Ponencia 16: Enseñanzas Especializadas en Centros de Investigación. Mariano Aguilar, Faustino García Lozano, Enrique Gutiérrez Ríos. <i>Discusión</i> ... ..	329 343
Ponencia 17: El personal científico y técnico ante una economía en evolución.—Robert L. Clark ... ..	345
Resumen del Seminario.—Luis de Mazarredo ... ..	359

## INDICE ALFABETICO DE AUTORES

	<i>Págs.</i>
ABAD BERGER, Manuel.—E. T. S. Ing. de Minas ... ..	125
ABOLLADO ARIBAU, Carlos.—Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales (Madrid) ... ..	121, 153, 175, 181 y 182
AGUILAR, Mariano.—Instituto de Optica «Daza Valdés», C. S. I. C. ...	329
ANOS DÍAZ DE ARCAYA, Angel.—E. T. S. Ing. Agrónomos ... ..	23
ARANDA HEREDIA, Eladio.—E. T. S. Ing. Agrónomos ... ..	88 y 343
ARTIGAS, José Antonio.—Instituto Investigación y Ampliación Industrial ... ..	77
BIDAGOR LAÑARTE, Pedro.— Director General de Urbanismo (Madrid) ...	195
BOENTE, César.—E. T. S. Ing. Aeronáuticos ... ..	238
BRU VILASECA, Luis.—Facultad de Ciencias (Madrid) ... ..	125 y 147
BURRIEL MARTÍ, Fernando.—Facultad de Ciencias (Madrid) ... ..	153 y 184
CABRERA FELIPE, Juan.—Universidad de Zaragoza ... ..	122
CÁMARA NIÑO, Antonio.—E. T. S. Arquitectura (Madrid) ... ..	197 y 279
CANSECO MEDEL, Antonio.—E. T. S. Ing. de Minas ... ..	153, 181 y 183
CASSINELLO, Fernando.—E. T. S. de Arquitectura (Madrid) ... ..	204
CASTAÑEDA CHORNET, José.—E. T. S. Ing. Industriales (Madrid) ... ..	233
CASTILLO, Wenceslao del.—Ing. de Minas ... ..	23
CLARK, Roberto Lincoln.—Organization Européenne de Cooperation Economique (París) ... ..	345
COSTA NOVELLA, Enrique.—E. T. S. Ing. de Minas ... ..	237
DÍAZ RIJO, Manuel.—E. T. S. Ing. Navales ... ..	143
DOU, Rvdo. Padre Alberto.—Universidad de Madrid. E. T. S. Ing. de Caminos ... ..	37
DRESDEN, Profesor Doctor.—Nijverheidsorganisatie T. N. O. (Holanda) ... ..	79, 89, 235 y 254
DURÁN MIRANDA, Armando.—Facultad de Ciencias (Madrid) ... ..	113
FERNÁNDEZ PRIDA Carlos.—E. T. S. Ing. de Montes ... ..	153 y 181
FONTALÁN ABEYTÚA, Luis.—E. T. S. Ing. Aeronáuticos ... ..	125 y 151
GALLEGO DÍAZ Y MORENO, José.—E. T. S. Ing. Agrónomos ... ..	344
GARCÍA LOZANO, Faustino.—E. T. S. Ing. Agrónomos ... ..	329
GARCÍA MARTÍNEZ, Donaciano.—Facultad de Ciencias (Madrid) ... ..	125
GARCÍA VICENTE, José.—Instituto de Edafología. C. S. I. C. ... ..	343
GÓMEZ ARANDA, V.—Ftd. de Ciencias (Zaragoza). 153, 167, 182, 183 y	186

ÍNDICE ALFABÉTICO DE AUTORES

	<i>Págs.</i>
GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Gaspar.—Facultad de Veterinaria (Madrid). 234 y	276
GONZÁLEZ DEL VALLE, Angel.—Escuela Técnica Superior Ing. de Telecomunicaciones ... .. 23, 103, 278, 327 y	343
GUTIÉRREZ RÍOS, Enrique.—Facultad de Ciencias (Madrid) ... 153 y	329
HASLEGRAVE, H. L.—College of Advanced Technology. Loughborough (Inglaterra) ... .. 104 y	239
HIDALGO DE CAVIEDES, Alejandro.—E. T. S. Ing. Industriales (Madrid). 107	107
INFIESTA MELERO, Juan Luis.—Instituto «Juan de la Cierva». C. S. I. C. 343	343
INZA, Carlos de.—E. T. S. Ing. Industriales (Madrid) ... .. 235 y	236
JEREZ JUAN, Miguel.—E. T. S. Ing. Industriales (Madrid) ... .. 23	23
JIMÉNEZ LANDI, Pedro.—Instituto Optica «Daza de Valdés». Consejo Superior de Investigaciones Científicas ... .. 147	147
LAHUERTA, Javier.—E. T. S. de Arquitectura (Madrid) ... .. 209	209
LARA SAENZ, Andrés.—Instituto «Torres Quevedo». C. S. I. C. ... 103 y	122
LÓPEZ AZCONA, Juan Antonio.—Instituto Geológico (Madrid) ... .. 122	122
LÓPEZ OTERO, Modesto.—Presidente Junta Ciudad Universitaria ... .. 215	215
MARTÍNEZ DE LA MADRID, Adelardo.—E. T. S. Ing. Industriales (Madrid). 344	344
MAS GISBERT, Carlos.—E. T. S. Ing. Textiles (Tarrasa) ... .. 181	181
MAZARREID BEUTEL, Luis de.—E. T. S. Ing. Navales ... 91, 110, 149, 327 y	359
MILLÁN BARBANY, Gregorio.—Director General Enseñanzas Técnicas ... .. 77	77
MINGOT, Mariano.—E. T. S. Ing. Agrónomos ... .. 153 y	181
MOBERG, Sven.—Ministerio de Educación Nacional de Suecia ... 47 y	77
MONTES IÑIGUEZ, José.—E. T. S. Ing. Industriales (Madrid) ... 105 y	178
NOVOA GONZÁLEZ, Emilio.—E. T. S. Ing. de Telecomunicaciones ... .. 326	326
ORBANEJA Y ARAGÓN, José.—Escuela de Organización Industrial (Barcelona) ... .. 217 y	238
ORTUÑO MEDINA, Carlos.—E. T. S. Ing. de Caminos ... .. 125	125
OTERO NAVASCUÉS, José M. <sup>a</sup> —Director General de Energía Nuclear ... .. 123	123
PAZÓ MONTES, José.—E. T. S. Ing. Aeronáuticos ... .. 125	125
PEÑA SERRANO, Fernando.—E. T. S. Ing. de Montes ... .. 23	23
PÉREZ Y ALVAREZ OSORIO, Rafael.—Inst. «Alonso Barba». Consejo Superior de Investigaciones Científicas ... .. 180 y	182
PÉREZ MARÍN, Antonio.—E. T. S. Ing. Aeronáuticos ... .. 23 y	279
PÉREZ MINGUEZ, Luis.—E. T. S. de Arquitectura (Madrid) ... .. 194	194
PERPIÑÁ, Antonio.—Comisaría General de Ordenación Urbana ... .. 194	194
PLAZA MONTERO, Lorenzo.—Inst. «Daza de Valdés». C. S. I. C. ... 122 y	182
PRATS ZAPIRAIN, Manuel.—E. T. S. Ing. de Montes ... .. 237	237
PUENTE, Eugenio Andrés.—E. T. S. Ing. Indust. (Madrid) ... 91, 103 y	112
RÍOS CLARAMUNT, José M. <sup>a</sup> —E. T. S. Ing. Navales. ... .. 238	238
ROGLÁ ALTET, Vicente.—E. T. S. Ing. de Caminos. 23, 113, 122, 125, 150 y	279
ROS DE ESPAÑA, Lázaro.—E. T. S. Ing. Aeronáuticos ... .. 235	235
RUSSELL, R. L.—Univerty of Durham (Inglaterra). 89, 253, 254, 255, 276 y	277
SAINZ SANGUINO, Luis.—E. T. S. Ing. de Montes ... .. 125	125

ÍNDICE ALFABÉTICO DE AUTORES

	<i>Págs.</i>
SÁNCHEZ DEL RÍO, Carlos.—Facultad de Ciencias (Madrid) ... ..	113 y 122
SÁNCHEZ-MONGE PARELLADA, Enrique.—Centro Mejora del Maíz ... ..	277
SÁNCHEZ TARIFA, Carlos.—E. T. S. Ing. Aeronáuticos ... ..	105
SANGUINO BENÍTEZ, Luis.—E. T. S. Ing. de Montes ... ..	106 y 230
SANTAMARÍA, Juan.—E. T. S. Ing. Agrónomos ... ..	279
SCHULTZ GRUNOW, Dr. F.—Technische Hochschule. Aache (Alemania).	13
SIERRA, Fermín de la.—E. T. S. Ing. Industriales (Madrid). 217, 236 y	237
SIMÓN ARIAS, Ramón.—E. T. S. Ing. Industriales (Barcelona) ... ..	122
SOLS, Alberto.—Departamento de Enzimología. C. S. I. C. ... ..	343
TERRADAS VIA, Roberto.—E. T. S. de Arquitectura (Barcelona) ... ..	187
TORRENS IBERN, J.—E. T. S. Ing. Industriales (Barcelona) ... ..	229
USON LACAL, Rafael.—Instituto Nacional del Combustible (Zaragoza) ... ..	103, 183 y 184
VEGA Y DE LA VEGA, Antonio de la.—E. T. S. Ingenieros Industriales (Madrid) ... ..	125
VELASCO FERRER, Rafael.—Instituto de Optica. C. S. I. C. ... ..	344
VERMOT GAUCHY.—Secretaría d'Etat aux Affaires économiques (París).	57
VILLENA PARDO, Leonardo.—Instituto de Optica «Daza de Valdés». C. S. I. C. ... ..	148, 277 y 325
ZABALO, Juan Carlos.—E. T. S. Ing. Industriales (Bilbao) ... ..	113
ZULUETA Y ENRÍQUEZ, Manuel M. <sup>a</sup> —E. T. S. Ing. Agrónomos. 217, 234 y	237

