





La formación del Ingeniero de Telecomunicación: Mirando más allá del año 2000

Ley de Reforma Universitaria (LRU) de 1983 marcó el comienzo de la reforma de la Universidad y de la enseñanza superior en nuestro país. El desarrollo de la Ley se ha ido materializando lentamente en los años transcurridos en aspectos como el régimen estatutario de las Universidades y la introducción de una cierta organización departamental.

❖ *Gerardo López Araújo*

Los marcos generales de los Títulos y Planes de Estudio quedaron regulados por Reales Decretos del año 1987 y, desde entonces, tan sólo han salido a la luz del BOE las directrices generales de algunos títulos universitarios. Las correspondientes a los títulos del ámbito de las telecomunicaciones (Telecomunicación y Electrónica) están ya aprobadas por el Consejo de Universidades y esperamos que sean promulgadas en los próximos meses. En consecuencia, a medida que la reforma de las enseñanzas universitarias parece llegar a sus etapas finales y están a punto de concluir los trámites legales que fijarán las directrices propias de cada titulación, parece más necesario abrir un debate sobre el próximo plan de estudios de las ingenierías del ámbito de Telecomunicación, plan que, en adelante, denominaré Plan-92. Este plan ha de elaborarse partiendo de la experiencia de los planes actuales, ajustándose a las exigencias del nuevo marco legal y tratando de recoger las tendencias educativas, científicas, tecnológicas y profesionales que nos permitan

EL INGENIERO DEL AÑO 2000



"Se hace necesario organizar y garantizar las enseñanzas de postgrado"

definir acertadamente la formación del ingeniero de la próxima década.

Un debate de este tipo lo hemos iniciado en la ETSI de Telecomunicación de la Universidad Politécnica de Madrid en el Seminario que, bajo el título de *El Ingeniero de Telecomunicación: Horizonte 2000*, tuvo lugar en El Escorial los días 27 y 28 de noviembre de 1990. El Seminario contó con la colaboración de la Fundación Universidad Empresa, con el patrocinio de Telefónica de España, S.A. y con la participación de más de un centenar de profesionales de la Empresa, la Administración y la Universidad. Las ponencias, comunicaciones y conclusiones del Seminario aparecerán publicadas próximamente en un libro de la Fundación Universidad Empresa.

La elaboración de nuevos conlleva siempre una dimensión de futuro y nos obliga a responder a preguntas como las siguientes: ¿Qué conocimientos demanda la sociedad para los ingenieros que han de ejercer su profesión en el horizonte del año 2000? ¿Qué objetivos de formación se derivan de esta demanda? ¿Cuáles son los contenidos y métodos de enseñanza con-

ducentes a estos objetivos? Si elaboramos planes de estudios que, respondan satisfactoriamente a estas preguntas, creo que podremos afirmar que los planes así elaborados son de calidad. Se trata de definir, en definitiva, cuál es el perfil profesional del ingeniero que necesitamos y la relación que hay entre ese perfil y el perfil académico.

Características/Condicionantes de la demanda del futuro

Es indudable que una definición precisa de los objetivos de formación requeriría un análisis prospectivo de la evolución de la tecnología, de la industria, de los servicios, y de la sociedad, en general, para determinar la características y condicionantes de la demanda del futuro. Este análisis habría de particularizarse, además, para cada una de las ingenierías. Pero un nivel tal de concreción ni sabría hacerlo ni me parece ajustado al objetivo, más modesto, de este artículo. Me voy a limitar, por consiguiente, a referirme a cuestiones que estimo afectan por igual a todas las ingenierías. Algunos de los rasgos comunes de la demanda que, en mi opinión, debemos tener presentes son los siguientes:

— *La rápida evolución de los conocimientos científicos y tecnológicos.* La evidencia de la rapidez con que se produce esta evolución y la consiguiente obsolescencia de los conocimientos no merecen mayor explicación. Las consecuencias para la formación merecen ser consideradas, sin embargo, con un énfasis cada vez mayor y exigen, sobre todo, la adopción de medidas concretas en la planificación de los estudios. La formación del ingeniero de las próximas décadas ya no podrá realizarse al margen de esta nueva realidad de rápidos cambios tecnológicos, que hace obligada la formación continua. Hay que partir de la base de que la formación que se recibe durante la etapa universitaria, que conduce al título, ya no puede ser la única de una vida profesional.

Se hace necesario, por tanto, organizar y garantizar las enseñanzas de postgrado y armonizar los estudios de grado y postgrado, de forma consecuente. Esto conduce al esquema de que la formación de pregrado debe ser más básica y generalista y pensada, también, para que proporcione una base sólida de conoci-

EL INGENIERO DEL AÑO 2000

mientos que aseguren la posibilidad de seguir aprendiendo a lo largo de toda la vida, mientras que la demanda futura de especialización, reciclaje, reconversión, etc, deberá orientarse hacia el postgrado. En este punto debo expresar mi convicción de que el diseño de los planes de estudio ya no puede hacerse al margen del diseño de los estudios de doctorado y postgrado. Y también mi deseo, que me gustaría ver convertido en necesidad para la empresa, de que la sociedad española empiece a valorar adecuadamente las titulaciones de tercer ciclo, como requisito previo para que resulten atractivas.

Otra consecuencia es la necesidad de que en los planes de estudio se configuren con la flexibilidad necesaria para que puedan modificarse, en cualquier momento, los contenidos y las asignaturas más sujetas evolución. La creación y desaparición de nuevas asignaturas dentro del marco de un plan de estudios debe convertirse en práctica habitual.

— *Evolución de los procedimientos utilizados en la práctica de la ingeniería.* Lo que se manifiesta de una forma clara en el carácter ya básico y de importancia creciente de las tecnologías y herramientas de diseño asistido por ordenador. Hay que dedicar, por tanto, una consideración especial a la enseñanza de estas herramientas y entornos de trabajo, en sus versiones más actuales y evolucionadas, y a su continua puesta al día. Del conocimiento y la adecuación de la mentalidad del estudiante a estas herramientas dependerá, en gran medida, el grado de aprovechamiento y el éxito en el trabajo de los futuros profesionales. El reconocimiento de la importancia de esta "Invasión del software", no debe, sin embargo, llevarnos a una irresponsable abdicación de otras culturas tecnológicas más tradicionales, que han constituido y seguirán constituyendo el soporte físico básico de la ingeniería.

— *Evolución de la trayectoria profesional.* En nuestro país es difícil hacer una carrera profesional completa en el ámbito técnico. La trayectoria típica comienza con el primer trabajo de inserción profesional en el que se realizan funciones técnicas que requieren conocimientos especializados y acaba, generalmente, en funciones de gestión que requieren conocimientos generalistas. La evolución de esta trayectoria está siendo muy rápida. Los ingenie-

ros de Telecomunicación, por ejemplo, comienzan en trabajos de I+D y de Diseño y Proyectos en porcentajes más altos del 70% y, en menos de diez años, dicho porcentaje se ha reducido a la mitad. A pesar de esta realidad, creo que la formación recibida en la etapa universitaria debe ser fundamentalmente técnica y enfocada al primer trabajo de inserción profesional. La formación específica de gestión debe darse en un contexto diferente y, fundamentalmente, como formación de postgrado, a medida que la evolución de la trayectoria profesional lo demande. Sin embargo, sí hay que dar una cierta formación en economía y organización de empresas, así como en gestión de la tecnología y materias similares, dependiendo de la titulación. Esta componente de la formación es imprescindible en la configuración de la cultura del ingeniero, que ha de entender su lugar de trabajo y las relaciones con el mundo que le rodea.

— *Evolución de la dimensión internacional del ejercicio de la profesión.* Será necesario familiarizar al ingeniero español cada vez más con la práctica profesional en un ámbito internacional, y necesariamente en el ámbito europeo. Hay que facilitar una rápida desmitificación del nivel exterior y fomentar la confianza en nuestras actuaciones en el ámbito internacional. Esto exigirá, obviamente, conocimientos de lenguas extranjeras. Esta exigencia de conocimiento de idiomas extranjeros hay que trasladarla, sin embargo, a la enseñanza preuniversitaria en su mayor medida. Debe tenerse claro que la Universidad no podrá suplir las deficiencias que se arrastren del sistema general de educación. No obstante, sí debemos potenciar un servicio de enseñanza de idiomas que garantice un mínimo y obligatorio conocimiento de inglés y que apoye la demanda voluntaria de mayor nivel que se produzca por la libre elección de los estudiantes. Pero, sobre todo, la dimensión internacional exigirá la posibilidad de realizar estudios en un marco de ese ámbito y la apertura de los planes de estudio a esa posibilidad es una exigencia ineludible.

— *Revalorización y desarrollo del papel y de la responsabilidad del ingeniero como profesional ante la sociedad tecnológica.* Será cada vez más importante que al ingeniero se le forme para que adquiera conciencia de la dimensión social de sus actividades (seguridad, protección del

EL INGENIERO DEL AÑO 2000



"Veo con preocupación el posible surgimiento de nuevas enseñanzas de ingeniería en contextos universitarios ajenos a esta cultura"

ambiente, ética de la profesión...), etc. Lo que demanda una formación más integral del ingeniero que requiere conocimientos y capacidades del ámbito de los estrictamente técnicos.

Objetivos de formación

La contestación a la segunda de las preguntas (¿Qué objetivos de formación se derivan de demanda del futuro?) puede realizarse desde distintos puntos de vista. En primer lugar, deberíamos preguntarnos por aquellos conocimientos que son propios de la ingeniería como profesión. Mi primer acercamiento a la respuesta es que lo que podemos llamar la "cultura de la ingeniería" no queda determinada únicamente por un conjunto de conocimientos, se necesita además, y sobre todo, un procesamiento especial de esos conocimientos en su impartición y en su asimilación, realizados en el seno del conjunto de actitudes, valores y normas que han ido configurándose en el proceso histórico de la práctica de la profesión. Es por esto, por lo que veo con preocupación el posible surgimiento de nuevas enseñanzas de ingeniería en contextos universitarios ajenos a esta cultura.

La identificación de los objetivos de formación que conducen a esta cultura de la ingeniería no

es tarea fácil. En una aproximación al tema podemos establecer diferentes niveles de objetivos. Tal como los ha formulado el profesor Tor Kilman de la Universidad de Chalmers, estos niveles pueden enunciarse así:

Nivel general de graduado, que implica la capacidad de leer, entender y utilizar literatura científico-técnica nacional e internacional.

Nivel de las competencias específicas de ingeniero, que implica las capacidades de: Analizar matemáticamente (es decir, cuantitativamente), físicamente (o fenomenológicamente) y ópticamente (en términos de seguridad riesgo), estructuras, equipos, sistemas y procesos; planificar y llevar a cabo mediciones, experimentos y procesos de fabricación; sintetizar nuevas estructuras técnicas y procesos que cumplan especificaciones dentro de un marco de restricciones, lo que incluye el diseño y la innovación.

Nivel de objetivos complementarios sobre valores y actitudes de la profesión de ingeniero en el que se incluyen: La capacidad para comunicarse, para trabajar con y dirigir personas; el conocimiento sobre organizaciones industriales; la economía, la gestión y otros relacionados con el entendimiento del lugar de trabajo y su rela-

EL INGENIERO DEL AÑO 2000

ción con el mundo que le rodea; y, también, el conocimiento y las actitudes para comprender y desarrollar las relaciones del hombre con la tecnología, la sociedad y la naturaleza.

Nivel de preparación para la formación continuada, que empieza por la comprensión del hecho de que la formación no acaba con la graduación, sino que cada vez es más importante la formación permanente de postgrado.

Titulaciones de Ingeniería

Conforme nos acercamos más a la realidad concreta se trataría de determinar qué tipos de profesionales, es decir, de titulaciones y sus correspondientes conocimientos, son los más adecuados para nuestra sociedad, en el entorno de las áreas de conocimiento en el que nos movemos en la ingeniería. Esto se ha concretado, en nuestro país, desde dos enfoques diferentes. Por un lado, se han consolidado dos grados, la ingeniería técnica y la ingeniería "a secas", y, por tanto, dos subculturas profesionales diferentes, que no siempre han mantenido una relación adecuada y que, hasta ahora, nos han tenido bien resuelto el paso entre sus sistemas de formación. El otro enfoque distribuye el ejercicio de la ingeniería de acuerdo con ámbitos delimitados de aplicación de la práctica profesional, dando lugar a las distintas titulaciones. Sobre grados y titulaciones se han tomado ya, o van a tomarse próximamente, importantes decisiones:

— Se ha optado por carreras de ciclo largo, sin título intermedio, para todas las titulaciones "clásicas" de la ingeniería y por carreras de ciclo corto para las titulaciones de ingeniería técnica y se han determinado ya las materias troncales que deben ser cursadas obligatoriamente por los alumnos (ver el artículo de Correig y Jofre en este mismo número). De todo ello lo más importante es que se ha conservado la diferenciación de contenidos y orientaciones entre las carreras de ingeniería técnica y los primeros ciclos de las ingenierías de ciclo largo. Con ello se ha optado por una determinada concepción de la estructura cíclica, con carreras paralelas, de distinto grado, como en la actualidad. Es decir, se ha asumido que la sociedad española seguirá demandando las dos subculturas profesionales de que he hablado anteriormente, de forma independiente. Esta no es la única solución, pero está avalada en nuestro país por la fuerza

de la historia y la existencia de colectivos profesionales bien consolidados y, en principio, podría parecerme acertada.

Pero existe un aspecto de las decisiones ya tomadas, o a punto de tomarse, en las que se sitúa, a mi juicio, una de las grandes contradicciones de lo avanzado hasta el momento. Por un lado se asumen que ambos ciclos son distintos, ya que sus contenidos, orientación y objetivos no son los mismos pero, por otro, se pretende que el acceso de las ingenierías técnicas al segundo ciclo de la superior sea directo. Lo que equivale a admitir, a la vez, que la formación de ambos primeros ciclos es equivalente. En este contexto, se está desarrollando una tendencia (no carente de connotaciones proteccionistas y corporativistas por parte de la ingeniería "superior"), que propugna resolver esta contradicción con una medida sorprendente: Las ingenierías técnicas accederán directamente, pero el segundo ciclo será de tres años. Es decir, el camino vía ingeniería técnica será un año más largo: ¡lo mismo que ahora con el curso de acceso!, pero con peores perspectivas de racionalidad. Para mí sería mucho más sensato aceptar el distinto enfoque del primer ciclo de la ingeniería superior (más básico y generalista) y de la ingeniería técnica (más aplicado y especialista) y diseñar los segundos ciclos de forma flexible para que los estudiantes puedan realizar la correspondiente continuación de estudios de forma diferenciada, en función de su procedencia. Y, desde luego, manteniendo una duración de dos años como principio básico de credibilidad de una enseñanza por ciclos.

Materias troncales y organización de los planes de estudio

¿Cómo se pueden plasmar estos objetivos en la estructura de un plan de estudios? Sin necesidad de llegar, en este trabajo, a un contenido curricular detallado, sí se puede efectuar un primer acercamiento agrupando las materias a cursar por el alumno según el tipo de formación que proporcionan, de acuerdo con las siguientes definiciones:

— *Científicas-básicas*, para comprender los fundamentos de las técnicas que tiene que utilizar.

— *Tecnológicas-básicas*, que proporcionan un conocimiento profundo y fundamental de las tecnologías propias de la titulación.

EL INGENIERO DEL AÑO 2000

— *Tecnológicas-aplicadas*, que proporcionan el conocimiento de las técnicas concretas para la aplicación práctica de ingeniería.

— *Tecnológicas/empresariales* que proporcionan el conocimiento de las técnicas concretas para la aplicación práctica de ingeniería.

— *Económico/empresariales* que proporcionan los conocimientos básicos sobre la economía, la organización de empresas, y otros relacionados.

— *Humanísticas y sociales*, que proporcionan al ingeniero conocimientos necesarios para ejercer la profesión en un ámbito colectivo, para conocer la realidad de su entorno profesional, para adquirir conciencia para la dimensión social de sus actividades, etc.

En este punto quiero resaltar que la estructura de la distribución de la carga lectiva del currículo del alumno entre los diferentes tipos de materias es un factor de primer orden en la configuración de la formación global que debe recibir el futuro ingeniero. Este aspecto, no siempre considerado de forma explícita y con la importancia que tiene constituye para mí el primer nivel de elaboración de un plan de estudios, que debe resolverse en función de la concepción que se tenga del ingeniero y, por supuesto, al margen y por encima de los tradicionales repartos de asignaturas.

En la Tabla 1 se indican las distribuciones de materias en diferentes currículos. A modo de referencia se cita, en primer lugar, el criterio propuesto por el ABETT (Accreditation Board for Engineering and Technology) de EEUU

(para más detalles ver el artículo de A. Cuevas en este mismo número). A continuación, una estimación de porcentajes de las materias troncales aprobadas por el Consejo de Universidades para el título de Ingeniero de Telecomunicación y del promedio de las materias de las distintas titulaciones de ingeniería de la Universidad Politécnica de Madrid, tomando como referencia en ambos casos un total de 360 créditos.

La definición de materias troncales podría jugar un papel similar al de los criterios del ABETT. Sin embargo, como puede observarse en todos los casos, unos porcentajes adecuados de materias Científicas y Tecnológicas básicas no están garantizados en la definición de troncales. Lo que constituye un elemento muy diferenciado respecto a los planteamientos del ABETT y un cierto peligro para la homologación de las formaciones recibidas que quedan, de esta forma, muy subordinadas a la configuración de los planes de estudio propios de cada Centro.

También es muy diferente el tratamiento dado a las Humanísticas. Mientras que el ABETT trata de asegurar este tipo de formación, el sistema de troncales les deja a la libertad de los programadores del Plan o de la libre elección del alumno, en el entendimiento, quizá, de que como el nuevo marco legal impone un mínimo de un 10% de materias de libre elección, el estudiante pueda utilizar estos créditos para su formación humanística, en ciencias sociales en idiomas, y otras materias complementarias como comunicación oral y escrita, historia de la tecnología, relación tecnología-sociedad, etc, lo que permitirá cubrir estos aspectos hasta ahora descuidados y, sin embargo, importantes para la formación integral de profesionales cultos.

Tabla 1. — Estructuras de la distribución (en %) de contenidos curriculares según el tipo de materias.

	ABETT	T-TCO	T-UPM
Ciencias Básicas	23,3	5	10
Tecnológicas Básicas	23,3	20	14,3
Tecnológicas Aplicadas	16,7	21	20
Economía/Empresas	—	—	2
Humanísticas/Sociales/Idiomas	10	—	—
Proyecto fin de carrera	3,3	1,7	1,6
Optativas de libre elección	23,4	10	10
A distribuir por la Universidad	—	42,3	42,1

El futuro plan de estudios de la ETSI de Telecomunicación de la UPM

Teniendo en cuenta todas las referencias y consideraciones mencionadas, en la Escuela de Madrid estamos trabajando sobre una propuesta inicial de nuevo Plan de Estudios con una estructura de distribución de contenidos como la indicada en la Tabla II, en la que se hace, además, una comparación con la del ABET y con la del Plan actual 1964-M2.

Esta propuesta no difiere sustancialmente de la

EL INGENIERO DEL AÑO 2000

Tabla II.— Estructuras de la distribución (en%) de contenidos curriculares de distintos Planes de Estudio

	ABET	TCO-64	TCO-92
Ciencias Básicas	23	21,3	19,3
Tecnológicas Básicas	23	38,2	25
Tecnológicas Aplicadas	17	19,2	33
Economía/Empresas	—	3,6	5
Humanísticas/Sociales/Idiomas	10	5,8	3,4
Proyecto fin de carrera	3	7,1	4,3
Optativas de libre elección	23	4,8	10

que tenía el citado Plan de Madrid, que puede considerarse exitosa, en términos generales, y que es, además, similar a la de referencia, inspirada en las recomendaciones del ABET. Las materias científicas básicas aparecen, sin embargo, con menos peso en nuestra propuesta y las tecnológicas básicas con más porque, en nuestro ámbito, algunas materias de ampliación de Física se han considerado tradicionalmente dentro de las tecnológicas (por ejemplo, Electricidad y Magnetismo).

En esta estructura se ha incluido explícitamente el Proyecto Fin de Carrera (PFC), porque se considera de gran valor formativo. Y sumando los conceptos tecnológicas-aplicadas, económico/empresariales y PFC, las enseñanzas para la aplicación representan el 42% del total, a comparar con el 43% de formación aplicada del ABET, si se considera que la aplicación de los créditos de libre elección va a materializarse en enseñanza aplicada ya que, este caso, la humanística queda garantizada independientemente.

La titulación de Ingeniero de Telecomunicación representa en nuestro país la carrera que proporciona la formación más integral en tecnologías de la información, constituida por materias de Electrónica, Señal y Comunicaciones e Informática y Telemática. Esta característica se conserva en la definición de las troncales del nuevo título alcanzándose, además, una distribución más equilibrada y más acorde con los tiempos actuales y futuros, ya que se ha aumentado el peso de las materias Informáticas-Telemáticas. Puede asegurarse, pues, que el nuevo Ingeniero de Telecomunicación será un ingeniero más generalista de Tecnologías de la Información que el actual.

En el nuevo marco legal el número máximo de horas semanales de enseñanza teórica es de 15.

Sobre la base de unas 25 horas semanales, resulta que el 40% de dicha carga tiene que ser de tipo práctico lo cual contrasta con la situación actual en la que, sumando los laboratorios y la realización del P.F.C., se alcanza un 23% y sólo añadiendo las clases de problemas se llega al 39%. El decreto abre en esta cuestión nuevas posibilidades de formación, incluyendo la formación práctica en empresas y los trabajos profesionales académicamente dirigidos. Temas ambos que, por su novedad, requieren un estudio detenido y la colaboración del mundo empresarial. Una actitud prudente sería la de promover la organización de estas prácticas, reconocerlas mediante créditos en el curriculum del alumno que las realice, pero no contemplarlas como exigibles para todos los estudiantes.

También es importante que en el nuevo plan de estudios se puedan acreditar estudios realizados en el marco de convenios internacionales suscritos por la Universidad. El número máximo de créditos obtenidos de esta manera podría ser, a modo indicativo, equivalente a los de un curso completo. En el caso de convenir con Universidades extranjeras la organización de planes de estudio conjuntos conducentes a la doble titulación, no sería necesario ningún límite de créditos, siendo válido lo convenido y homologado por el Ministerio. De forma orientativa puede establecerse, no obstante, que lo equivalente a dos cursos completos sea el límite para los estudios en otro país.

Concretar todas estas ideas en planes de estudios particulares requerirá todavía mucho trabajo y grandes dosis de imaginación. Se trata de una tarea cuya responsabilidad principal va a recaer sobre los universitarios, pero en la que no debe ser despreciable la aportación del mundo de la Empresa, de la Asociación y Colegio y de todos los profesionales, en general. Sólo así llegaremos a disponer de un plan de estudios valioso para la formación de los ingenieros del año 2000.

.....

Gerardo López Araújo, es Perito Industrial (1967), Ingeniero (1973) y Doctor-Ingeniero (1977) de Telecomunicación por la Universidad Politécnica de Madrid. Actualmente es Catedrático de Universidad y Subdirector de Estudios de la ETSI de Telecomunicación de la UPM.