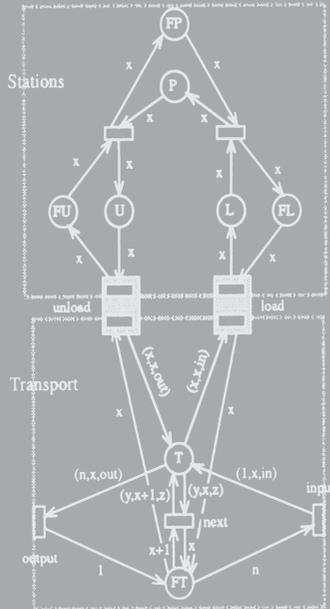


Manuel Silva Suárez



# Ingeniería y Universidad

Sobre dos rememoraciones  
y un ámbito de investigación  
pluridisciplinar

**Ingeniería y Universidad**  
**Sobre dos rememoraciones**  
**y un ámbito de investigación pluridisciplinar**

Lección inaugural del curso 2006-2007  
de la Universidad de Zaragoza a cargo del

**Prof. Dr. D. Manuel Silva Suárez**  
Catedrático de Ingeniería de Sistemas y Automática  
Centro Politécnico Superior

20 de septiembre de 2006

Actúan como Padrinos los Doctores de la Universidad de Zaragoza  
D. Manuel José López Pérez, *Catedrático de Bioquímica y Biología Molecular*, y  
D. Vicente Salas Fumás, *Catedrático de Organización de Empresas*

## ÍNDICE

1. PRIMERA REMEMORACIÓN: CON MOTIVO DEL SESQUICENTENARIO DE LA LEY MOYANO (1857) .....	13
1.1. <i>El papel central de la Ley Moyano en la transformación de la universidad</i> .....	15
1.2. <i>Pervivencia de un anticuado concepto del doctorado y necesidad de modernización de la universidad</i> .....	21
1.3. <i>Taza emblemática del tránsito de la universidad del Antiguo Régimen a la liberal</i> ....	23
2. UN INCISO SOBRE INGENIERÍA .....	25
2.1. <i>«Ingeniero»: pinceladas etimológicas</i> .....	25
2.2. <i>Modelos de la profesión de ingeniero</i> .....	29
2.3. <i>Apunte sobre la institucionalización de la Ingeniería en España</i> .....	31
2.4. <i>Elementos sobre la Ingeniería Industrial: extracorpórea y descentralizada</i> .....	33
3. SEGUNDA REMEMORACIÓN: CON MOTIVO DEL CINCUENTENARIO DE LA LEY DE REFORMA DE LAS ENSEÑANZAS TÉCNICAS (1957) .....	40
3.1. <i>La Ley de Reforma de las Enseñanzas Técnicas</i> .....	41
3.2. <i>El proceso de incorporación de las enseñanzas técnicas a la universidad</i> .....	45
3.3. <i>Nacido Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, hoy Centro Politécnico Superior</i> .....	52

4. ...Y UN ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN PLURIDISCIPLINAR .....	56
4.1. <i>Sobre la necesidad de teorías para el diseño y operación de sistemas artificiales</i> .....	56
4.2. <i>Métodos formales en ingeniería y noción de paradigma de modelado</i> .....	58
4.3. <i>El paradigma de redes de Petri</i> .....	61
5. PARA TERMINAR.....	70
NOTAS .....	72
APÉNDICE	
Abejas, trajes académicos universitarios y uniformes de la ingeniería civil en España .....	97

Es preciso estar alerta y salir del propio oficio: otear bien el paisaje de la vida que siempre es total. La facultad de vivir no la da ningún oficio ni ninguna ciencia: es la sinopsis de todos los oficios y todas las ciencias, y muchas otras cosas además.

Se hizo constitutivo de la Universidad el ser cuerpo docente que excluye de sí la técnica, dejándola centrifugada [...]. Los ingenieros, sumergidos cada cual en su tecnicismo especial, sin la educación panorámica y sintética que sólo la Universidad puede dar, eran incapaces de afrontar ni prever el problema que la técnica plantea hoy a la humanidad. [...] Mi afirmación es que su falta de contacto con la técnica imprime a la Universidad un carácter abstracto, espectral, sin embrague posible con la vida real.

José Ortega y Gasset, *Meditación de la Técnica*, 1933-39.

*Excmo. Sr. Presidente del Gobierno de Aragón*  
*Excmo. Sr. Rector Magnífico de la Universidad de Zaragoza*  
*Excelentísimas e Ilustrísimas autoridades*  
*Queridos compañeros y estudiantes*  
*Señoras y señores*

Finalizando el pasado mes de mayo, de acuerdo con una consuetudinaria norma de nuestra Universidad que establece un turno entre catedráticos de los centros superiores, el Rector me confiaba el honor de esta lección inaugural. Apenas sobrepuesto, volando hacia tierras lejanas, esboqué mentalmente lo que podría ser el programa para una ocasión única como ésta: disertar sobre la Ingeniería de Sistemas y Automática, área de conocimiento a la que se adscribe administrativamente mi actividad.

Quizás valga precisar que la *Automática* es la «ciencia que trata de sustituir en un proceso el operador humano por dispositivos mecánicos o electrónicos» (*DRAE*). En otros términos, la disciplina que se ocupa de hacer que los sistemas<sup>1</sup> funcionen autónomamente. Derivado de *autómata*, del griego *autómatos*, ‘espontáneo; que se mueve por sí mismo’, *Automática* es sustantivo muy reciente, que aparece por primera vez en la 20ª edición del *DRAE* (1984)<sup>2</sup>. La segunda acepción de *autómata* (1765-83)<sup>3</sup> en el mismo diccionario denota su presencia en el castellano del siglo XVIII por conducto del francés *automate*: «Máquina que imita la figura y los movimientos de un ser animado»<sup>4</sup>. Pero, siguiendo a Torres Quevedo, «hay otra clase de autómatas que ofrecen un interés mucho más considerable: los que imitan, no los gestos, sino las acciones

del hombre, y algunas veces pueden reemplazarle»<sup>5</sup>, lo que supone capacidad de tratamiento de información y de adaptación a los cambios del entorno (y ello, a su vez, debido a la presencia de sensores y al establecimiento de bucles de realimentación). La Automática, con la Electrónica, la Informática y las Telecomunicaciones, es una de las cuatro «patas» esenciales de las tecnologías de la Información<sup>6</sup>. Sobre la Electrónica, que atiende al soporte físico, se apoyan en exclusividad la Informática y las Telecomunicaciones, pero la Automática emplea también dispositivos neumáticos e hidráulicos. Con aplicaciones en sectores tan diversos como puedan ser el de automoción y el ferroviario; el náutico y el aeronáutico; el químico y el bioquímico; el de manufactura y el logístico; el de telecomunicación y el de información; la construcción y la domótica; la instrumentación médica y la asistencia a disminuidos físicos; la gestión de tráfico, la generación de energía eléctrica..., la Automática es tecnología «oculta», pero ubicua.

Por su novedad técnica y carácter multidisciplinar, mi idea primigenia para esta lección contemplaba un cierto énfasis en los ámbitos principalmente desarrollados desde nuestros comienzos en esta tierra de acogida, allá por un casi vencido verano de 1978. Por un lado, los sistemas de eventos discretos, temática en la que confluyen la Automática, la Informática y la investigación de Operaciones, y a la que se circunscriben prioritariamente los esfuerzos del GISED<sup>7</sup>, grupo de investigación que ha hecho que la Universidad de Zaragoza sea el referente nacional y miembro activo en la dirección de la comunidad científico-técnica internacional correspondiente. Por otro, la Robótica, donde además participan ampliamente la Informática, la Mecánica y la Electrónica (los robots son estructuras mecánicas poliarticuladas y reprogramables), entre otras disciplinas. Las celebraciones del IV Centenario de la fundación «de facto» de nuestra universidad, allá por 1984, sirvieron como marco para internacionalizar esta última línea, lanzada para alcanzar una conveniente diversidad temática, en evitación de un siempre peligroso monocultivo. Nuestro grupo RoPeRT<sup>8</sup>, especializado en robótica (en planificación de la navegación y localización de robots móviles), sistemas de percepción e integración multisensorial, y sistemas tiempo real, entre otras aplicaciones para robots móviles asistenciales, es uno de los referentes nacionales de la disciplina, internacionalmente reconocido.

Sin embargo, gozando de los bellísimos paisajes de la Bucovina, en lo que inicialmente era un simple pero metódico ejercicio intelectual de búsqueda de alternativas posibles a la lección en vías de ser pergeñada, reparé en que a este curso académico le corresponde rememorar la promulgación de dos leyes importantes, una para el sistema educativo en general, otra para la nueva institucionalización de las enseñanzas de ingeniería, ambas trascendentales para la uni-

versidad española. Hablo del sesquicentenario de la ley de Claudio Moyano, ministro de Fomento, articulada sobre la Ley de Bases de 17 de julio de 1857, y su concreción, la Ley de Instrucción Pública del inmediato 9 septiembre (*GM* del 10), así como del cincuentenario de la Ley de Reforma de las Enseñanzas Técnicas, de 20 de julio de 1957 (*BOE* del 22), llevada a puerto por Jesús Rubio García-Mina, ministro de Educación Nacional. A pesar del escaso tiempo disponible, me embarqué zozobante en esta aproximación. Pero no sería justo por mi parte silenciar por completo lo aquí realizado en el marco de las ciencias y técnicas de la ingeniería, sobre todo en atención a compañeros que han colaborado a lo largo de casi tres décadas de dedicación en esta universidad, también a colegas de una treintena larga de universidades y centros de investigación extranjeros. Por ello, de forma singularmente comprimida, al final me esforzaré en compartir con Uds. algunas reflexiones, modesta contribución al acervo de las ciencias de lo artificial, sobre el ámbito más próximo de nuestra investigación.



El hilo argumental básico de esta lección es extremadamente simple: aunque de raíces medievales, la universidad que hoy conocemos «es muy nueva», tanto por su misión como por la incorporación de nuevas e importantes clases de saberes que fueron hasta hace poco extrauniversitarios. Con el referente de las mencionadas conmemoraciones, con técnica goyesca<sup>9</sup>, trataremos de abocetar el cuadro. En éste, la «ley Moyano» representa la estabilización del modelo universitario de los liberales moderados, emblema tardío, pero definitivo, de la extinción de la universidad del Antiguo Régimen. Por otro lado, desde una situación de dispersión, la Ley de Reforma de las Enseñanzas Técnicas las adscribe al Ministerio de Educación Nacional, aunque no a la Universidad. No limitaremos nuestra reflexión a las mencionadas leyes en sí, sino a contemplar, aunque muy distantemente, los procesos en que se inscriben. La primera como «colofón» de la estatalizada, centralizada, uniformizada y controlada universidad liberal; la segunda como «prólogo» de un complejo proceso que con la Ley General de Educación, promovida por Villar Palasí (1970), termina de incorporar al espacio universitario las Enseñanzas Técnicas, cuya institucionalización secularizada de los niveles superiores se remonta al Siglo de las Luces.

Si la universidad se enriqueció no ha mucho incorporando las Enseñanzas Técnicas, quisiera observar que los muy respetados compañeros y amigos que hoy me honran con su patrocinio en esta ceremonia, los profesores Manuel López Pérez y Vicente Salas Fumás, pertenecen a

dos queridas facultades, que también son «nuevas en la plaza» universitaria española. En efecto, remontando menos de tres lustros la fecha de 1957, con la Ley de Ordenación de la Universidad Española (1943), entran de pleno derecho en la ampliación de sus áreas temáticas las correspondientes a las Facultades de Veterinaria, y a las de Ciencias Políticas y Económicas, de donde derivan las actuales Facultades de Ciencias Económicas y Empresariales. Si las enseñanzas técnicas representan hoy en nuestra universidad un 30% de su estudiantado y algo más de la mitad de los recursos generados para la I+D+i, el agregado de estas enseñanzas con las económico-empresariales, así como de la Facultad de Veterinaria<sup>10</sup>, supera el 50% de la población estudiantil total.

En realidad, el grueso de la incorporación universitaria de las enseñanzas técnicas comienza a estructurarse en 1966 a través de institutos politécnicos superiores<sup>11</sup>, que en 1970 se transforman en universidades politécnicas, incorporando entonces las recién creadas escuelas universitarias, antes escuelas técnicas de grado medio (1964). Además, las tradicionales universidades literarias, lo que no significa especializadas en letras o humanidades, sino «corporaciones eruditas de profesores y alumnos»<sup>12</sup>, pueden incorporar a partir de 1970 escuelas técnicas superiores o escuelas universitarias de ingeniería técnica.

El tránsito de las escuelas especiales de ingeniería, desde la situación inicial en el segundo lustro de los años cincuenta del pasado siglo, compuesta por pequeños mundos cerrados, de sin par exigencia académica aunque reducida actividad de investigación creativa, hasta la década de los ochenta del pasado siglo XX, es paralelo, en ciertas dimensiones, al que realiza la misma universidad, así como la sociedad española en su conjunto. Se progresa desde la autarquía, a un mundo más abierto, incluso ampliamente internacionalizado. En perspectiva, el resultado del proceso hay que valorarlo positivamente, en esencia porque la dedicación del profesorado y los medios puestos a disposición han mejorado considerablemente, aunque hay aspectos que podrían haberse desarrollado de otra forma, pero no olvidemos que eran tiempos de «el Generalísimo», «el parte» y «el NODO». Hoy en día, desde los departamentos e institutos de ingeniería se desarrolla una investigación que, en muy diversos casos, constituye una magnífica tarjeta de presentación para las universidades, que sólo a finales del Ochocientos incorporaron —con enorme modestia— la investigación original como misión. Adicionalmente, la conexión de las universidades con la sociedad, tímidamente comenzada con la denominada «extensión universitaria», en lo que la Universidad de Zaragoza fue pionera a nivel nacional, y sus relaciones con los sectores económicos son más tardías, ya a comienzos del siglo XX. En cualquier caso, la Edad de Plata de la cultura española también lo fue para las ciencias y las ingenierías; a ella pertenece la denominada «generación de sabios».

Aunque se le pueda atribuir un carácter anecdótico, hay un emblema singularmente compartido por la Universidad de Zaragoza y la Ingeniería Industrial española desde finales del siglo XIX: la abeja. Por un lado, una abeja dorada destaca singularmente en la cátedra del Paraninfo de esta Universidad, como «símbolo de la laboriosidad inteligente y ordenada y de la diligencia productiva»<sup>13</sup> y, se ha de añadir, de la elocuencia<sup>14</sup>; y, por otro, tradicionalmente y en sentido amplio, la abeja es símbolo de la industria, de la Ingeniería Industrial, en particular<sup>15</sup>. En estos momentos me parece procedente recordarlo, por dos razones que aquí confluyen. La primera, por cuanto excepcionalmente, tras décadas de ininterrumpido uso, debido a unas obras de acondicionamiento que todos deseábamos, hoy el Edificio Paraninfo, antiguo edificio de las Facultades de Medicina y Ciencias de nuestra Universidad, está en proceso de restauración global. Permítanme que desde aquí deseemos un feliz y rápido desenlace a la tarea recién comenzada, a la vez que ilusionadamente manifestemos nuestro interés de poderlo utilizar en septiembre de 2009, con motivo de una conferencia que la International Federation of Automatic Control (IFAC) nos ha confiado organizar. Por otro lado, quisiera subrayar que en mi alma máter hispalense me gradué en Ingeniería Industrial, rama de la técnica de la que la abeja fue símbolo arraigado hasta comienzos del pasado siglo<sup>16</sup>. Pero, coyunturalmente, hoy es paraninfo este moderno salón de actos del Edificio Agustín de Betancourt, singular ingeniero ilustrado universal de origen canario, que trabajó con inusitada eficacia para la Corona española, así como para el zar de Rusia. Edificio sito en el Campus Río Ebro, mi campus desde finales de 1985, cuando con espíritu pionero la entonces denominada Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, hoy Centro Politécnico Superior, «cruzó el río». Mayoritariamente dedicado a enseñanzas técnico-empresariales, así como a la investigación y al desarrollo tecnológico, y a la creación de empresas, este campus se ha convertido en un recurso de primera magnitud para nuestra comunidad autónoma.

## 1. PRIMERA REMEMORACIÓN: CON MOTIVO DEL SESQUICENTENARIO DE LA LEY MOYANO (1857)

En el marco de la reorganización de los diferentes ramos de la Administración por los liberales, la Ley Moyano representa la consolidación de la que, con puntuales excepciones, durante algo más de un siglo, será la estatalizada y centralizada universidad española, en claro contraste con las universidades del Antiguo Régimen, que se habían resistido con decisión ante los programas modernizadores de los ilustrados. Pero conviene bosquejar la situación heredada. Las siguientes palabras, escritas para las postrimerías del siglo XVII, son esencialmente válidas para la universidad que lega el catastrófico reinado de Fernando VII:

las universidades [...] españolas, arrastran una irreversible decadencia, y en ellas se evidencia una notoria desgana por el progreso de las ciencias, un claro deterioro de la vida intelectual y religiosa y un empecinado anquilosamiento en los ya caducos moldes del humanismo renacentista<sup>17</sup>.

En suma, con carácter general, las universidades continúan siendo refractarias a las Matemáticas, a la Física y la Química experimental, y a la Historia Natural. Mucho más a todo lo que puede tener que ver, aunque indirectamente, con las artes mecánicas. Habida cuenta de su carácter de ciencia auxiliar de la Medicina, la Química aún tenía una modesta presencia en las universidades; el resto de las referidas disciplinas dispone de un pequeño espacio propio en las facultades de Artes, las que después se transforman en las de Filosofía, en general bastante abandonadas. Si lo antes dicho ocurre, en particular con la «filosofía natural», es decir, con las ciencias físico-químicas y naturales, la nueva técnica, la que se empieza a desarrollar con el dibujo técnico y un uso más intensivo de las matemáticas, así como con matriz conceptual propia<sup>18</sup>, no encuentra cabida en la universidad. Es algo que, salvando las naturales distancias, ocurre en tiempos de Felipe II, y que vuelve a suceder con Carlos III, es decir, con dos de los más significados monarcas de la Corona española. Si para paliar la situación Felipe II funda una Real Academia Matemática en la corte (1582)<sup>19</sup>, e intenta desarrollar un programa de academias análogas en diversas ciudades de la Corona, Carlos III crea y se apoya en las reales sociedades de amigos del país, así como en los consulados y juntas de comercio, entre otras instituciones. En este sentido, la Real Sociedad Económica Aragonesa, que anida una sana «obsesión pedagógica», funda muy diversas escuelas y cátedras. Por citar algunas, la Escuela de Matemáticas, esencialmente dirigida por ingenieros militares, que imparte un programa diríamos hoy entre las ingenierías de Caminos e Industriales (mecánica), la Escuela de Dibujo, que da lugar a la Real Academia de Tres Nobles Artes de San Luis, y la Cátedra de Economía Civil y Comercio, la primera abierta en España dedicada a esta disciplina. Además, «la Aragonesa» intenta en vano la fundación de una Escuela de Veterinaria. La idea fructificará medio siglo más tarde.

La difusión de la educación técnica reglada, siempre al margen de la universidad, es una aportación mayor de la Ilustración, no sólo para los perfiles superiores. Es época en la que se asiste «al nacimiento de la escuela técnica como lugar separado de los establecimientos en los que la formación profesional y el trabajo se llevaban a cabo conjunta y simultáneamente»<sup>20</sup>. Jordi Nadal, refiriéndose a Carlos III, llega a afirmar que «el impulso dado a las nuevas enseñanzas constituye el mayor timbre de gloria de su reinado»<sup>21</sup>.

No es éste el momento de analizar la evolución de la universidad en los dispares Setecientos y Ochocientos<sup>22</sup>. Valga como incompleto apunte decir que las universidades del Antiguo Régimen operan en una sociedad estamental, bajo una severa tutela ideológica de la Iglesia, emplean el latín<sup>23</sup>, inaccesible para la inmensa mayoría de la población, que presenta altas cotas de analfabetismo, pero son tremendamente autónomas desde el punto de vista jurídico y administrativo. Sin embargo, la universidad de los liberales, a partir de las ideas plasmadas en la Constitución de 1812, en algo ya esbozado por Pablo de Olavide en su Plan para la Universidad hispalense, se concibe como un servicio público, cuya organización, financiación y control debe estar bajo la tutela del Estado.

### 1.1. *El papel central de la Ley Moyano en la transformación de la universidad*

En la exposición a S. M. del *Plan General de Estudios*, impulsado por Pedro José Pidal, ministro de Gobernación (R. D. 17 de septiembre de 1845), se puede leer:

Antiguamente eran las Universidades independientes entre sí, y hasta del Gobierno mismo; cada cual tenía su régimen, sus estudios, sus métodos y aun sus pretensiones distintas; no sólo disponían arbitrariamente de sus fondos, sino que hasta era también arbitraria en ellas la enseñanza. Ya desde fines del siglo pasado trató el Gobierno de poner diques a semejante anarquía, que, tras el desconcierto general de todas las ciencias, mantenía a éstas en atraso lastimoso, perpetuando rancias ideas, doctrinas desacreditadas y perjudiciales preocupaciones. El plan de 1824 [de Calomarde], en medio de sus vicios y del espíritu reaccionario que le dominaba, hizo, no obstante, el gran servicio de establecer la uniformidad de enseñanza en todas las Universidades y sujetarlas además a un mismo régimen.

Si la universidad del Antiguo Régimen ha quedado al margen de la evolución de la sociedad, en parte por su sustancial autonomía, los liberales replantean desde la base el nuevo estatus, que pasa por su incondicional sometimiento al Estado<sup>24</sup>. Por un lado, ello implica la libre disposición de los cargos directivos para el Gobierno; por otro, habiendo sido desamortizado su patrimonio propio, la universidad pasa a ser financiada por el Estado, a ser un organismo estatal. Pero, si con las leyes liberales se emancipa de la tutela ideológica eclesiástica, ahora va a quedar bajo la férrea mano del Gobierno. Desde los ministerios «liberales» no sólo se imponen gestores, sino también programas y libros de texto, se controla el acceso al Cuerpo de Catedráticos y se impide la libertad de cátedra. El muy castizo *¡quien paga, manda!* Matizando: ¡paga la Hacienda, y mandan ellos! En definitiva, se impulsa un programa uniformador, gestado en cierto modo por los ilustra-

dos, curiosamente característico de los liberales, en cuya concepción la educación es una atribución del Estado, no un derecho del individuo. No deja de ser una paradoja la afirmación de un Estado liberal y la construcción de un sistema educativo estatal completamente controlado.

Conviene apuntar elementos de la evolución de los estudios en este periodo. Como referencia preliminar, a comienzos de la «década ominosa», según el aludido Plan de Calomarde (1824)<sup>25</sup>, existen facultades mayores de Teología, Leyes (Jurisprudencia Civil), Cánones y Medicina<sup>26</sup>, y una facultad menor de Filosofía (cuyo grado de licenciado se denominaba antaño «maestro en Artes»). «El estudio de la Filosofía, como preliminar al de las Facultades que se dicen mayores, se hará en tres años o cursos académicos, indispensables para recibir el grado de bachiller».

Ya bajo la égida liberal se promulga el Plan del Duque de Rivas (1836), que no llega a aplicarse<sup>27</sup>. Interesa saber que se reconoce explícitamente un interés estratégico por el control de la educación, admitiendo la instrucción primaria y secundaria como pública o privada, aunque, para tener un control mucho mayor sobre las futuras clases dirigentes, el tercer nivel sólo puede ser público. «La instrucción secundaria comprende aquellos estudios a que no alcanza la primaria superior, pero que son necesarios para completar la educación general de las clases acomodadas, y seguir con fruto las facultades mayores y escuelas especiales», dividiéndose en elemental y superior. «La tercera enseñanza comprende: 1.º Las facultades de Jurisprudencia, Teología, Medicina y Cirugía, Farmacia y Veterinaria; 2.º Las escuelas especiales de Caminos y Canales, Minas, Agricultura, Comercio, Bellas Artes, Artes y Oficios, y las que el Gobierno juzgue conveniente establecer en lo sucesivo, según lo requieran las necesidades públicas; 3.º Estudios de erudición: Antigüedades o arqueología, Numismática y Bibliografía». Los requisitos para acceder a los estudios son singularmente distintos, particularmente en el grupo de escuelas especiales, con perfiles intelectuales con exigencias muy diferenciadas<sup>28</sup>. Las únicas instituciones que pueden otorgar grados académicos («bachiller, licenciado y doctor en Ciencias o en Letras y en Facultad mayor») son los institutos superiores o las facultades mayores.

Con el Plan Pidal (1845)<sup>29</sup> se entra en la «década moderada» (1844-54). Las enseñanzas en los establecimientos de Instrucción Pública del reino se estructuran siguiendo el modelo francés en estudios:

- (1) de *Segunda enseñanza* (elemental y de ampliación);
- (2) de *Facultad mayor* (Teología, Jurisprudencia, Medicina y Farmacia, desapareciendo Veterinaria como tal);

- (3) *Superiores* («los que sirven para obtener el grado de doctor en las diferentes Facultades, o bien para perfeccionarse en los varios conocimientos humanos»);
- (4) *Especiales* («los que habilitan para carreras y profesiones que no se hallan sujetas a la recepción de grados académicos», compuesto por un conjunto de muy diversas exigencias intelectuales<sup>30</sup>).

Los establecimientos públicos de enseñanza se dividirán en *Institutos* (los establecimientos en que se da la segunda enseñanza), *Colegios reales*, *Universidades* y *Escuelas especiales*. Las ingenierías de Caminos y de Minas, las dos únicas civiles en ese momento, y la Veterinaria pertenecen a los estudios especiales y se imparten en escuelas, no en las universidades, que, por otro lado, se ven reducidas a diez, creándose la noción de distrito universitario. Nombrado por el ministro, el rector pasa a ser el jefe del distrito, responsable además de las enseñanzas secundaria y superior, así como de las escuelas especiales no pertenecientes a cuerpos de la Administración que tengan sede en él. Fruto inestable de compromisos entre tendencias muy diferenciadas, que van desde los liberales y radicales de izquierda hasta los clericales, bajo los agobios del Tesoro Público, aunque claro punto de inflexión, el Plan Pidal no tendrá el éxito apetecido. La primera reforma, aunque no sustancial, le sobreviene con su sucesor, Nicomedes Pastor Díaz, que iguala en rango a todas la facultades, eliminando la anterior distinción de menor o mayor.

Tras diversas vicisitudes, Claudio Moyano Samaniego, ministro de Fomento moderado, emplea una exitosa estrategia de «divide y vencerás»: primero consigue que se promulgue una Ley de Bases (17 de julio de 1857), por la que se sienta una serie de principios esenciales y «se autoriza al Gobierno para formar y promulgar una Ley de Instrucción Pública». Con gran inmediatez pacta y promulga la Ley de Instrucción Pública (9 de septiembre de 1857). Código recopilador de novedades habidas, consolida el modelo educativo liberal penosamente pergeñado a lo largo de las décadas anteriores<sup>31</sup>. Sus pilares se llegarán «a mantener», aunque sufriendo muy diversas reformas durante más de un siglo. Gratuidad (parcial) para la enseñanza primaria, uniformidad, centralización, secularización y férreo control ideológico desde el Gobierno son algunos de los rasgos definitorios, en tanto que a la Iglesia se le reconoce el derecho a supervisar la pureza ideológica de las enseñanzas (de acuerdo con el Concordato de 1851). Mantiene la división de las enseñanzas en tres periodos. Para la segunda enseñanza se consagra la división en estudios: (1) *generales*, que conducen al examen de grado de bachiller

en Artes, pensado para acceder a la universidad, y con muy selectivos complementos para las escuelas superiores; y (2) de *aplicación*, particularmente dibujo, aritmética y nociones de agricultura, y todos los «conocimientos de inmediata aplicación a la Agricultura, Artes, Industrias, Comercio y Náutica», que permiten la obtención de «un certificado de perito en la carrera a que especialmente se hayan dedicado».

El tercer nivel de la enseñanza tiene por objeto «habilitar para el ejercicio de determinadas profesiones», apuntándose que sólo los estudios cursados en los establecimientos públicos tienen validez académica (es decir, a diferencia de los niveles previos, no se autoriza la libertad de enseñanza). Aquí se contemplan las facultades universitarias, así como la enseñanza superior y la profesional. En lo que atañe a la universidad, la mayor novedad es la creación de las facultades de Filosofía y Letras, y de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, por escisión de la Facultad de Filosofía<sup>32</sup>, que había sido elevada a mayor en 1843<sup>33</sup>. En suma, ¡clara evidencia de que las ciencias son hijas tardías de la filosofía!

En el protocolo universitario español lo anterior tiene traza evidente: el color emblemático de las facultades de Filosofía (antaoño de Artes) era el azul celeste, que heredan las de Filosofía y Letras; la filiación con las primeras hace que se emplee otra tonalidad de azul, el turquí, para las nuevas facultades de Ciencias. Para ser catedrático «en la facultad de Ciencias, [es necesario el título] de Doctor en ellas ó los de Ingeniero ó Arquitecto» (art. 220).

En otro orden, curiosamente, la Facultad de Teología aparece aún en la Ley Moyano. El hecho es que, en contra de los deseos de la Iglesia, los progresistas quieren que permanezca en la universidad, lo que en primera instancia puede parecer paradójico. Sin embargo, la lógica de las posiciones reside en el control que el Gobierno ejerce sobre la institución estatal, de modo que si la Teología se enseña en la universidad, por ende controla la formación del clero. No obstante, con los vientos modernizadores del Sexenio Democrático la Teología desaparece definitivamente de la universidad, pasando a ser enseñada en los seminarios diocesanos.

Los estudios superiores del Plan Pidal se segregan ahora en enseñanzas *superiores*, algunas con requisitos más exigentes que los exigidos para la universidad, y *profesionales*, de menor rango. Los estudios de ingeniería (Caminos, Canales y Puertos; Minas; Montes; Industriales; y Agrónomos), junto con los de Bellas Artes (Pintura y Escultura; Arquitectura; y Música), de Diplomática y de Notariado, organizados al margen de la universidad, en torno a escuelas superiores, forman el primer conjunto, según la Ley Moyano. Las enseñanzas profesionales son Veterinaria, Profesorado

mercantil, Náutica (Pilotos; y Constructores navales), Maestros de Obras, Aparejadores y Agrimensores, así como Maestro de primera enseñanza. Además, se afirma que «las Universidades y Escuelas superiores y profesionales serán sostenidas por el Estado». Por otro lado, se definen los cuerpos de catedrático de Instituto, de Enseñanza profesional y de Facultad (de Universidad y de Escuela superior, dos escalafones disjuntos). El Gobierno nombra a los rectores (que «en la tradición liberal» actúan como delegados gubernativos) y a los decanos, así como define los planes de estudio, e incluso los libros de texto. ¡Todo atado, y (casi) bien atado!

El perenne angustioso estado de la Hacienda hace que la financiación de la instrucción pública sea siempre problemática, al punto que la propia Universidad de Zaragoza se encuentra en varias ocasiones en riesgo cierto de desaparecer<sup>34</sup>. No obstante, en 1876 se admite definitivamente la Facultad de Medicina en el presupuesto del Estado, y la Facultad de Ciencias de Zaragoza será «oficial» en 1893<sup>35</sup>. Hasta 1944 (D. de 7 de julio) en que se incorpora la Facultad de Veterinaria, la Universidad constará de cuatro facultades, las dos mencionadas, amén de Filosofía y Letras, y Derecho.

La refundación de las escuelas matritenses de los Cuerpos de Caminos y Minas se produce en 1834 y 1835, y la de la nueva escuela de Arquitectura en 1844, antes de la inflexión que supone el Plan Pidal (1845). La fundación escolar de las restantes ingenierías decimonónicas tiene lugar dentro de la década moderada (Montes en 1848, Industriales en 1850 y Agrónomos en 1855), siempre al margen de la institución universitaria, aunque a veces, con el argumento principal de proveer de alumnado a las facultades de Ciencias, se propusiera su empleo para cursos preparatorios. Si con el Plan Pidal las enseñanzas técnicas superiores se encuentran en el magma de enseñanzas «especiales», ahora con la Ley Moyano se ubican en el más homogéneo y elitista apartado de las enseñanzas «superiores». En definitiva, si la universidad del Antiguo Régimen no aceptó a las enseñanzas técnicas superiores, ahora se institucionalizan docentemente al margen de ella. Bajo la batuta liberal se puede afirmar que son los ingenieros los que no quieren entrar en la universidad. En efecto, la instrucción pública pasa al principio por los ministerios de Fomento General del Reino (1832), de Interior (1834), y de la Gobernación del Reino (1835); en 1847, es transferida al nuevo Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras Públicas, creado por desdoblamiento del anterior (mediante R. D. de 28 de enero). En 1851 se establece el Ministerio de Fomento (R. D. de 20 de octubre), al que pasan inmediatamente las escuelas especiales; sin embargo la universidad, en una iniciativa conservadora, se integra en Gracia y Justicia, de donde irá a Fomento en 1855. Pues bien, instrumento esencial para la modernización del país, Fomento (o

Comercio, Instrucción y Obras Públicas) es el denominado «ministerio de los ingenieros», en el que tienen una continua y decisiva presencia en toda la segunda mitad del XIX. Sólo en 1900 (R. D. de 28 de abril), impulsada por vientos regeneracionistas, en lo que se da en denominar la «segunda etapa de la Restauración», la educación toma la relevancia necesaria, y el todopoderoso Ministerio de Fomento se divide en dos departamentos: por un lado, el de Agricultura, Industria, Comercio y Obras Públicas; por otro, el de Instrucción Pública y Bellas Artes.

Han sido muy numerosos los cambios habidos en la institución universitaria desde la Ley Moyano. Imposible detenerse en ello. Simplemente, diremos que, más o menos, con altibajos varios, el modelo ha «sobrevivido en espíritu» hasta hace casi un cuarto de siglo. Abstrayendo forzadamente diversos vaivenes de interés, en aras de simplificar esta «vista a vuelo de gaviota», al igual que con las mareas, hubo momentos de «bajamar», como los protagonizados por el conservador Manuel de Orovio Echagüe en 1866 (antes del Sexenio Democrático) y en 1875 (al comienzo de la Restauración, cuando provoca la denominada «Segunda Cuestión Universitaria»)<sup>36</sup>, en 1924 (durante la «Dictapocodura» de Primo de Rivera) y en 1943 (bajo el terrible control de la Falange en tiempos de la «Dictamuydura» franquista). Pero existieron, quizás no tan eficaces como hubiera sido de desear, momentos de «pleamar» en alternancia con los anteriores, como los habidos durante la Primera República, la fugaz reaparición de una cierta autonomía universitaria y libertad de cátedra merced al decreto impulsado por César Silió (1919), y la nueva apertura durante la Segunda República. Consecuencia de las importantes transformaciones sociales de los años sesenta, con algunos planteamientos que pueden inscribirse en la tradición educativa liberal, también habría que valorar la ley de Villar Palasí (1970), sucesora de la de Ibáñez Martín (1943), ya en pleno tardofranquismo<sup>37</sup>. Pretendía adaptar las estructuras educativas a la nueva situación, caracterizada por muy diferentes necesidades productivas y culturales.

La autonomía universitaria se hace realidad estable a partir de la Ley Orgánica de Reforma Universitaria, la conocida como LRU (Ley Orgánica, 11/1983, de 25 de agosto, *BOE* de 1 de septiembre, impulsada por José María Maravall Herrero), fruto de la Constitución de 1978. Como se apunta en su preámbulo, «el desarrollo científico, la formación profesional y la extensión de la cultura son las tres funciones básicas que de cara al siglo XXI debe cumplir esa vieja y hoy renovada institución social que es la Universidad española». También se añade que «esta ley está vertebrada por la idea de que la Universidad no es patrimonio de los actuales miembros de la comunidad universitaria, sino que constituye un auténtico servicio público [... y] debe gozar de autonomía para la ordenación de la vida académica, pero en justa correspondencia

debe asumir también el riesgo y las responsabilidades inherentes a la facultad de decisión y a la libertad». Con la LRU, avance con polémicas e imperfecciones diversas, se abre una etapa de vertiginosas transformaciones, que un importante porcentaje de los aquí presentes ha podido vivir en primera persona; se comienza el tránsito de un modelo de universidad en lo organizativo de inspiración francesa a otro que se aproxima en diversas dimensiones a esquemas anglosajones, con peculiaridades adicionales. Pero autonomía y democratización<sup>38</sup> han de ir paralelas a una mayor incumbencia y autoexigencia; para ser universidad es necesaria la excelencia en las múltiples dimensiones en que ha de desarrollarse nuestra labor. No me es válido afirmar, eventualmente, que nuestra institución está hoy mejor que hace un cuarto de siglo. Probablemente no sea nuestro mérito. Por otro lado, hay que pensar que todas las universidades españolas disfrutaban de «similar» marco normativo (¡pero de ningún modo idéntico!) y económico (donde las diferencias pueden llegar a ser más apreciables), y opino que en estos cinco lustros pasados otras instituciones han sabido aprovechar mejor oportunidades habidas. Por ello, ahora que de repente, en el marco del Espacio Europeo de Educación Superior («Bolonia»), acentuando el carácter autonomista de las universidades, se apunta desde el Ministerio de Educación y Ciencia otro nuevo cambio de rumbo a las reformas de los estudios, quizás irracionalmente, no deja de venirme a la mente el título de un conocido ensayo de Erich Fromm: *El miedo a la libertad*.

## **1.2. Pervivencia de un anticuado concepto del doctorado y necesidad de modernización de la universidad**

Para valorar lo que hoy gozamos, merece la pena un breve apunte sobre la investigación y el doctorado en la universidad liberal del Ochocientos. No conviene (porque no es científico) crear mitos proyectando sobre el pasado esquemas presentes. Como se ha afirmado con autoridad, a los liberales (y sobre todo a los conservadores)

les interesa muy poco la ciencia que la universidad puede adquirir o transmitir, simplemente mantienen esta institución como instrumento de formación de elites y de transmisión de la ideología propia, sólo en muy último término les preocupa su potencia intelectual y crítica, su conservación del saber y hacer saber. [...] En verdad, los gobiernos liberales sólo querían adictos que insuflasen en la sociedad sus máximas y sus deseos transformados en principios.<sup>39</sup>

En suma, en esa universidad en transformación, que se seculariza, que pasa a depender de los Gobiernos, la investigación no es aún una preocupación. El cortoplacismo de los liberales,

que puede tener un cierto atenuante en las continuas y extremas urgencias de la Hacienda, supone un excesivo utilitarismo, una clamorosa insuficiencia de inversión en investigación, que trae a la memoria la leyenda de la heroína mitológica Atalanta, que perdió la carrera por entretenerse en lo accesorio, en desviarse para coger las manzanas de oro que Hipómenes le lanzaba, como maniobra de distracción.

La situación inicial es que «en los primeros años del siglo XIX, el acceso al grado de doctor<sup>40</sup> no implica estudios específicos, ni el discurso pronunciado por el doctorando es fruto de una investigación original, ni el tribunal reunido para conceder la investidura de doctor juzga en ese acto la preparación intelectual del alumno»<sup>41</sup>. En 1843 (R. D. de 8 de junio), con la mencionada fugaz reorganización de los estudios que llevan a una Facultad mayor de Filosofía estructurada en dos secciones, se incorporan dos cursos suplementarios para los doctorandos<sup>42</sup>. Para los estudios «superiores» el Plan Pidal (1845) reserva el grado de doctor, y afirma «que dejando de ser un mero título de pompa, supondría mayores conocimientos y verdadera superioridad en los que logren obtenerle»<sup>43</sup>; la oferta de doctorados se restringe a la Universidad Central.

El *Reglamento de las Universidades del Reino* de 22 de mayo de 1859 completa lo estipulado por la Ley Moyano; sus artículos 215 a 222 se refieren al doctorado. En esencia, sobre la base de un catálogo de temas (40), que con periodicidad anual ha de renovar la Junta de Catedráticos de cada facultad o sección de la Universidad Central, el doctorando prepara uno y realiza una lectura (entre 25 y 30 minutos), al tiempo que tres de los profesores le hacen las observaciones pertinentes. Posteriormente, «el grado de doctor se conferirá siempre individualmente, a no ser que los candidatos fuesen hermanos, a los cuales podrá conferírseles en un mismo acto»<sup>44</sup> (art. 219).

Un análisis de los discursos leídos hasta la primera reforma de Orovio (1866) indica que «no tienen originalidad científica, ni entre sus líneas se percibe calidad investigadora»<sup>45</sup>. No obstante, a partir de 1886, plenamente insertos en la Restauración, se aprecia una inflexión, y la tesis ha de ser «sobre un punto doctrinal o de investigación práctica elegido libremente». Es decir, la idea de doctorado de hoy en día comienza a ponerse en práctica. Importa porque ésta es base sobre la que se apoya la renovación que lleva a la «generación de sabios», a una cierta eclosión científico-técnica en la Edad de Plata.

Dos testimonios finiseculares importantes sobre el camino que ha de realizarse aun para modernizar la universidad española presentan matices complementarios. Por un lado, Santiago

Ramón y Cajal, que participa tanto de planteamientos regeneracionistas como del ideario de la Institución Libre de Enseñanza, refiriéndose al desarrollo de una política científica nacional, en 1897, propone, entre otras medidas:

Transformar la Universidad, hasta hoy casi exclusivamente consagrada a la colación de títulos y a la enseñanza profesional, en un centro de impulsión intelectual, al modo de Alemania, donde la Universidad representa el órgano principal de la producción filosófica, científica e industrial. En fin, formar o cultivar, mediante el pensionado en el extranjero o por otros medios de selección y contagio natural, un plantel de profesores eméritos, capacitados para descubrir nuevas verdades y para transmitir a la juventud el gusto y la pasión para la investigación original<sup>46</sup>.

Poco después, la Asamblea de Cámaras de Comercio (diciembre de 1898, presidida por Basilio Paraíso) y la Nacional de Productores (febrero de 1899, presidida por Joaquín Costa), ambas celebradas en Zaragoza, en lo tocante a la universidad se manifiestan en plena sintonía:

En síntesis, los asambleístas pidieron la reducción del número de universidades españolas para acabar así con el «proletariado de levita». Había que rebajar a segundo plano la preponderancia de las carreras de Derecho y Letras, para primar las científicas y técnicas. Se exigía la apertura de escuelas de Ingenieros y Comercio; o el apoyo a las de Artes y Oficios. Se incidía notablemente en la formación de estudiantes y profesores en el extranjero<sup>47</sup>.

### 1.3. Traza emblemática del tránsito de la universidad del Antiguo Régimen a la liberal

Cerremos esta rememoración —que no análisis detallado— de las transformaciones que los liberales introducen en la vieja universidad con una significativa anécdota relativa a vestimentas, que, además de seguir conceptos como moda o comodidad, expresa simbólicamente las nuevas relaciones de dependencia. En efecto, por un lado, se suprime el traje académico (compartido por estudiantes, catedráticos, doctores y sustitutos) empleado en el Antiguo Régimen, aún reglamentado por el turolense Francisco Tadeo Calomarde en 1824: «manteo y sotana larga hasta el zapato, de bayeta negra y con alzacuello [...] sombrero de tres picos, sin más adorno que una presilla sencilla, y un calzado decente»<sup>48</sup>. Valga como signo «de relajación» en esta normativa ya decimonónica el que acabándose el primer cuarto del Ochocientos, a diferencia de lo mandado por los dos Carlos borbones, la contravención de la norma no le supone a los estudiantes «la pena de la pérdida del curso, y de ser expedidos de las aulas [...] en la inteligencia de que se suspenderá al Catedrático que fuere negligente en el desempeño de este encargo, y privará de em-

pleo al bedel, que permita entrar en las aulas a los estudiantes que contravengan a lo prevenido en los edictos»<sup>49</sup>. Afortunadamente, hoy en día profesores y personal auxiliar de servicios ni somos árbitros, ni responsables de la «elegancia» o corrección de las vestimentas estudiantiles, como antaño. En cualquier caso, a partir de 1847 es preceptiva para los estudiantes

levita de color oscuro, pantalón, corbata negra y sombrero negro redondo. En invierno podrán llevar capa o gabán. Prohíbense las chaquetas, fajas, sombreros gachos, botines de cuero, y toda prenda que esté en contradicción con el decoro que debe reinar en las aulas<sup>50</sup>.

Con ello se evidencia el abandono de los trajes de raíz eclesiástica en favor de los de concepción burguesa. Es decir, claro emblema del Estado liberal como «nuevo dueño y señor» de la universidad. Por otro lado, se indica expresamente que:

el traje académico será la toga profesional [...] exactamente igual á la que usan los abogados [...]. Los doctores usarán sobre la toga una muceta de raso del color de la facultad, forrada de seda negra, con gran cogulla. La borla del birrete será de seda, de un palmo de larga, y del propio color que la muceta [...]. Los licenciados llevarán la muceta igual á la de los doctores, pero sin la borla de esta clase en el birrete. [...] Los profesores entrarán siempre en la cátedra con la toga profesional y la medalla de su clase, pero sin otras insignias académicas<sup>51</sup>.

En suma, un traje talar, que, aunque diferenciado, a nuestros ojos puede resultar próximo a la sotana, y cuya filiación eclesiástica se refuerza significativamente al ir provisto en las ceremonias con la muceta, que según Covarrubias «es ornamento de perlados [sic], a modo de esclavina, dando a entender por ella la peregrinación en respeto de ir a sembrar la palabra de Dios y el santo Evangelio»<sup>52</sup>. En otros términos, la docencia como sermón o discurso, la muceta como distintivo de la misión de enseñar. Si el cambio del «manteo y sotana» por la «toga profesional» es una afirmación de la secularización de la universidad, con la adición de la muceta se recupera simbólicamente en parte la tradición eclesial, clara reacción de equilibrio entre diferentes tendencias de «moderados». Por otro lado, es sabido que las prendas de cabeza destacan en todo traje o uniforme (en particular en los de gala). Pues bien, ahora se reglamenta un birrete, «gorro armado en forma prismática y coronado por una borla de color determinado, el cual es distintivo de los profesores de las facultades universitarias» (*DRAE*, 1925)<sup>53</sup>. Polisémico, como casi todos los objetos simbólicos, sus significados se definen con fórmulas del siguiente tenor: «Recibe el birrete, para que no sólo sobresalgas de entre los demás, sino que también estés mejor protegido en el combate, como con el casco de Minerva»<sup>54</sup>; u «os impongo como símbolo el birrete laureado, venerado

distintivo del Magisterio español. Llevadlo sobre vuestra cabeza como corona de vuestros estudios y merecimientos»<sup>55</sup>. Finalmente, interesa señalar que el color de la muceta y del birrete distinguen los saberes. «Los colores con que se distinguirán las facultades serán: blanco el de la de teología; grana el de la de jurisprudencia; amarillo oro el de la de medicina; violado el de la farmacia, y azul celeste el de la de filosofía»<sup>56</sup>. Como se dijo, tras la creación en 1857 de las facultades de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, el posterior reglamento (1859) les asignó el azul turquí<sup>57</sup>.

## 2. UN INCISO SOBRE INGENIERÍA

### 2.1. «Ingeniero»: pinceladas etimológicas

Las palabras, como las alacenas o los callejeros de las ciudades, esconden infinidad de pequeños secretos, que tan bien conocen lingüistas y filólogos<sup>58</sup>. El término *ingeniero* también atesora algunos. Aunque en los análisis etimológicos se suele comenzar considerando la raíz de las palabras, nos interesa en primer lugar dejar constancia del empleo del sufijo patrimonial castellano *-ero*, frecuente para formar nombres de profesiones ligadas a oficios o artes mecánicas<sup>59</sup>. Los sufijos *-ero* (forma popular) y *-ario* (forma culta) derivan del latino *-arius*. Cultismo bastante productivo durante el XIX, el castellano *-ario* es empleado, por ejemplo, en *boticario* (1134)<sup>60</sup>, *mercenario* (1220-50), *operario* (s. XVII), *universitario*, *ferroviario* o *veterinario* (s. XIX); *-ero* se utiliza, sin embargo, en *obrero* (1056), *zapatero* (1124), *marinero* (1220-50), *carpintero* (1330), *vidriero* (1495), *batanero* (1511), *tapicero* y *relojero* (1607), etc. En el ámbito militar se usa profusamente: *escudero* (1011), *balletero* y *arquero* (s. XIII), *artillero* (s. XIV), *ingeniero* (1450), *arcabucero* (1535), *alabardero* (1546), *coracero* y *fusilero* (1728), etc.

La extracción de conclusiones a partir del empleo de sufijos es delicada, pues su uso depende de muchos factores (modas e imitaciones, entre otros). En cualquier caso, los sufijos suelen poseer información no desdeñable: las palabras terminadas en *-ico* (o su variante *-ático*)<sup>61</sup> o las voces producidas por *-logo*<sup>62</sup> son frecuentes en las profesiones de corte científico<sup>63</sup>. *Físico* (que no siempre significó lo mismo, ya que inicialmente designaba a los especialistas en el arte mecánico o servil de curar), *biólogo*, *geómetra* o *astrónomo* designan profesiones científicas; sin embargo, el sufijo *-ero* se puede interpretar como un vestigio del origen artesanal, con cierto sesgo militar, que se subsume en la moderna profesión de ingeniero. Tanto el ingeniero como el obrero proceden del pretérito artesano por especialización funcional.

Según J. Corominas, *ingeniero* aparece en castellano hacia 1450, probablemente imitado de *ingegnere* (segunda mitad del siglo XIII), término italiano que deriva de otro latino tardío, *ingenierus*, «el que diseña y construye *ingegni*, máquinas de guerra»<sup>64</sup>. Justamente, en el siglo XII se denomina *ingeniator* al técnico especializado en máquinas de guerra. M. Alonso<sup>65</sup> recoge *engeño*, empleado en el castellano medieval ya en 1251, como término para designar los artefactos bélicos, sean ofensivos o defensivos, de donde *engeñero*. En Francia, «desde el siglo XII, aparece frecuentemente [...] el *ingeniator*, técnico especializado en las máquinas de guerra, en particular de asedio: *ingeniarius*, *ingeniosus* en el siglo XIII»<sup>66</sup>. Concluyendo con este apunte, baste mencionar que tanto *ingeniero* como *arquitecto* son términos que se estabilizan conceptualmente en el propio Renacimiento, aunque la praxis profesional plantea innumerables solapamientos, fuente de frecuentes roces profesionales<sup>67</sup>. Su institucionalización diferenciada no tiene lugar hasta la Ilustración. En el siglo XVI su empleo es bastante restringido, normalmente nombramientos del Rey o altos dignatarios de las clases privilegiadas, a veces auto arrogado por algunos artesanos que con ello dan a entender lo singularmente distinguido de su quehacer.

Mucho más moderno es el sustantivo *científico*, de hecho, la Real Academia Española no le reconoce tal uso hasta hace poco más de medio siglo (*DRAE*, Manual, 1950): «CIENTÍFICO (del latín *scientificus*, de *scientia*, ciencia, *facere*, hacer): adj. Que posee alguna ciencia o ciencias. U.t.c.s.m. | | Perteneiente a ellas».

En realidad, se sabe que el sustantivo *scientist* se acuña en 1833. Fue «sintetizado» expresamente, a sugerencia del poeta y filósofo romántico Samuel Taylor Coleridge, por su discípulo William Whewell<sup>68</sup>, en el marco de la tercera reunión anual de la British Association for the Advancement of Science (fundada en 1831) celebrada en Cambridge, en junio de 1833. Construido por analogía con *artist*, designa a unos nuevos profesionales especializados en situar hechos «naturales» bajo marcos conceptuales, a los que se quieren diferenciar de «los verdaderos filósofos». Con anterioridad, esas personas —en gran parte aficionados— se solían denominar «filósofos naturales» u «hombres de ciencia». No obstante, la propuesta no hizo furor inicialmente, de modo que el uso de *scientist* no se generaliza en el propio ámbito británico hasta las últimas décadas del Ochocientos, con nuevos matices que lo aproximan al concepto actual del término.

Entre los diversos sufijos alternativos para denotar profesiones, el comentario anterior sugiere mencionar, aunque fugazmente, *-ista*, productivo al menos desde el siglo XII (*vihuelista*,

*alquimista*), singularmente empleado en los siglos XIX y XX. En vocablos como *artista* (1495) o *especialista* (s. XVII) sugiere pericia, habilidad, virtuosismo. La diferencia de apreciaciones sociales que generan los sufijos *-ero* e *-ista* se puede percibir fácilmente al pensar en dos profesiones tan relacionadas como son organero y organista. En este sentido, interesa anotar que en castellano *machinario* se dignifica como *machinista* en el último cuarto del XVI, término que unos 150 años después el *Diccionario de Autoridades* (1732) define como «el que fabrica o discurre máquinas, que más comúnmente se llama hoy Ingeniero»<sup>69</sup>.

*Ingeniero* deriva de *ingenio*, vinculándose por ello tanto a una facultad del espíritu humano, la de «discurrir o inventar con prontitud y facilidad», como a «máquina o artificio mecánico», un tipo de plasmación física (*DRAE*). Al igual que el *Tesoro* de Covarrubias<sup>70</sup>, el *Diccionario de Autoridades* matiza que *ingenio* también «se toma por las mismas máquinas e instrumentos artificiosos inventados por los Ingenieros. Lat. *machina*».

En *ingenio* juega un papel determinante la raíz griega *gen*, que por su carácter esencial y universal se remonta con probabilidad a lenguas indoeuropeas, y significa ‘generar o producir’. Su fuerza evocadora de la idea de principio, de creación, se puede observar directamente en multitud de vocablos, por ejemplo, en los verbos *engendrar*, *generar* o *ingeniar*; o en sustantivos como *génesis*, *generación*, *genearca*, *geno* (ant. linaje) o *genética*; o en adjetivos como *primigenio* o *genitivo*. A su vez la raíz *gen* da lugar a los elementos compositivos *-genia* y *-geno*. Según el *DRAE* *-genia* significa ‘origen’ o ‘proceso de formación’, de donde, por ejemplo, los sustantivos *orogenia*, *ontogenia* o *filogenia*; *-geno*, ‘que genera, produce o es producido’, es empleado en sustantivos como *antígeno*, *oxígeno* o *gasógeno*, y en adjetivos como *paleógeno* o *electrógeno*, por ejemplo.

Oficio (*-ero*) de creador (*ingenio-gen*), la ingeniería es asimilada «con la técnica por antonomasia» por Ortega y Gasset en su célebre *Meditación de la Técnica*<sup>71</sup>, donde apunta que mediante ella la humanidad ha creado una sobrenaturaleza, «un paisaje artificial», en el que ha invertido «esfuerzo para ahorrar esfuerzo»<sup>72</sup>. Para asumir plenamente lo enunciado, pensando, no en realizaciones técnicas hoy extraordinarias, sino en algunas de las que cotidianamente nos servimos, se puede constatar que en los hogares disponemos de calefacción o aire acondicionado, lo que nos desvincula de las inclemencias meteorológicas; de iluminación eléctrica (antes, pero bastante menos, la basada en gas), que nos libera del ritmo natural que marca la sucesión días y noches; de frigorífico-congelador (recuérdense los neveros comunitarios y los de

los arrieros), que permite que la conservación de alimentos (medicinas...) alcance cotas inimaginables hace poco más de medio siglo; de agua corriente (ya no existen los clásicos aguadores, con sus animales); de lavadora, que nos reduce de forma importante el número de horas dedicadas a tareas domésticas; etc., etc. La obsolescencia de expresiones como *jagua va!*<sup>73</sup>, *¡a todo trapo!* (sustituida por la expresiva *¡a toda máquina!*, salvo en ciertos ámbitos deportivos) o *¡fundir los plomos!*, o la extinción de profesiones como albardero, arriero, batanero o yuntero, testimonian la huella indeleble de la ingeniería en nuestra sociedad. Si se piensa bien, una simple cocina de hoy razonablemente equipada (con placa de cocción de vitrocerámica, eventualmente de inducción, olla rápida, hornos eléctrico y de microondas, frigorífico-congelador, envasadora al vacío, robot de cocina, cortadora de fiambre, tostadora de pan, lavavajillas, teléfono, radio o televisión...) podría parecerle a un científico o ingeniero de hace un siglo ¡mucho más que un exótico y avanzado laboratorio! Reflexionando en otra dirección, el coche y el computador personal, por ejemplo, ¿no son símbolos de libertad personal? Y ¡qué sensibles somos a que algo de toda esta artificialidad no se comporte en un determinado momento como esperamos!

En su conocido *Elogio de la Técnica*, en superlativa expresión, J. D. García Bacca afirma que «el técnico es ontólogo practicante»<sup>74</sup>. Alumbrando la contraposición naturaleza-técnica, Saavedra Fajardo nos dejó dicho, allá en el siglo XVII, no sin ingenuidad formal pero con eficacia, que «si pudieran haber celos en la naturaleza, los tuviera del arte [la técnica]». Por otro lado, de forma sin duda pretenciosa, pero indicativa de la nueva confianza en la razón y capacidades transformadoras del entorno que se desarrolla en el Siglo de las Luces, en la *Ordenanza e Instrucción para la enseñanza de las Matemáticas en la Real y Militar Academia que se ha establecido en Barcelona y las que en adelante se formaren* (1739) se explicita entre las misiones del Cuerpo de Ingenieros Militares el «adaptar los puertos de mar remediando con el arte [la técnica] los defectos de la naturaleza». Una vez más, ¡la técnica como reformadora de la naturaleza, conformadora del nuevo paisaje! Justamente, ante esa capacidad potencial nunca está de más recordar que es una inalienable responsabilidad ética de los poderes políticos, económicos y técnicos el no consentir transformaciones degradantes o no sostenibles en este frágil planeta que nos acoge.

Las acepciones de *ingeniero* presentadas por Covarrubias o Terreros<sup>75</sup> en sus diccionarios, así como algunas recogidas de los de la Real Academia Española, denotan una marcada vinculación inicial con lo castrense, énfasis que no es privativo del castellano. Por ejemplo, en la *Encyclopédie* de Diderot se puede leer:

El nombre INGENIERO distingue la destreza, la habilidad y el talento que los oficiales deben tener para inventar. Se les denominaba antaño *engeigneurs*, derivado del término *engin*, que significa ‘máquina,’ porque las máquinas de guerra fueron inventadas en su mayoría por los que las ponían en funcionamiento en la guerra. *Engin* deriva de *ingenium*; en mal latín esas máquinas se denominaban *ingenia*.

No es momento éste para detenernos en fenómeno tan significado, pero quede apuntado por su trascendencia<sup>76</sup>. De hecho, ingenieros y obreros (ambos con sufijo *-ero*) proceden por diferenciación de las tareas de concepción–diseño y realización física, respectivamente, del pretérito artesano (que antaño comprendía también a los que hoy se denominan artistas), fuese militar o civil.

Con frecuencia se afirma que «el XIX es el siglo de los ingenieros». No obstante, para Bertrand Gille, entre otros, su época de oro es el Renacimiento. Según Gille, «en el siglo XV [...] comienza a dibujarse nuestro ingeniero del Renacimiento, artista y artesano, militar, organizador de fiestas, con toda su complejidad y todo su genio que le darán la ilusión de una eficacia sin límites»<sup>77</sup>. Pero esa ‘explosión del genio’ llevará en muchos casos a una intrincada trabazón entre innovación–creación y utopía–fantasía, a tal punto que

Durante casi un siglo [a partir de finales de la década de 1480], ingenieros italianos se dispersaron por toda Europa, desde Madrid a Moscú y de vuelta a Gran Bretaña, monopolizando los mejores trabajos, creando bellas máquinas, construyendo palacios y fortificaciones, y ayudando a entrar en bancarrota a todo gobierno que los contratara. Para los nativos, pagadores de los impuestos, eran una plaga de langostas, pero los soberanos del siglo XVI los consideraban indispensables<sup>78</sup>.

## 2.2. Modelos de la profesión de ingeniero

Desde mediados del siglo XVIII, dos modelos de ingeniero bastante diferentes, anclados en sus respectivas sociedades civiles, se comienzan a observar en el continente europeo y en las islas británicas. En la tradición continental básica, nacida en Francia, que en España se toma como referencia, los *Ingénieurs d’État*<sup>79</sup> tienen unas escuelas específicas, extremadamente elitistas en lo científico–técnico. En cada una de ellas se transmite el conocimiento y el arte de la rama de la ingeniería que corresponde a un cuerpo facultativo de la Administración. De formación académica, el término *ingeniería* hay que entenderlo en este caso como derivado de *ingenio* (lat. *ingenium*) en su acepción de ‘capacidad intelectual’. La segunda tradición, de iniciativa privada, aparece como una forma evolucionada de la gremial, e *ingenio* adquiere su sentido como sinónimo

de *máquina (engin)*; es decir, 'ingenio físicamente plasmado' en un artefacto. Los ingenieros franceses y españoles surgen desde y para la cúpula de la Administración, ejerciendo singulares responsabilidades en la ordenación del territorio y el fomento industrial; los británicos emergen desde abajo, gremialmente, desde el taller<sup>80</sup>. La expresada dualidad de concepciones, 'facultad intelectual, mundo de la idea, arte liberal' *versus* 'máquina, la cosa, la obra', se traduce en instituciones educativas muy diferenciadas, que han respondido históricamente a misiones sociales bastante distintas: en nada se parecen conceptual y metodológicamente los estudios en las *Grandes Écoles* francesas, a los impartidos en los tradicionales *Polytechnic Institutes* británicos, recientemente «reconvertidos» en universidades. De este modo, se determina una tradición dual de la ingeniería en Europa que, aún hoy, explica la diferente imagen social de los ingenieros en el continente y en Gran Bretaña: *ingénieur-ingenium* frente a *engineer-engin*. En este sentido, siempre recordaré mi primera asistencia como investigador a un congreso sobre ingeniería en EE. UU. Tuvo lugar a mediados de los ochenta, en un majestuoso hotel de la costa oeste. Mientras hacía cola para registrarme, observé una puerta grande con un letrero fácilmente legible: *Engineering*. No tuve mucho tiempo para pensar, porque había que atender a una convulsa fila, pero llegué a imaginar —creo— que por allí aparecerían algunos de los más prominentes colegas, cuyo conocimiento personal era uno de mis objetivos. La realidad se impuso en cuestión de segundos: al abrirse la puerta salía, enfundado en un mono azul desvaído, uno de los responsables del mantenimiento, con su preceptiva enorme caja de herramientas en la mano. Definitivamente, *ingeniero* y *engineer* podían tener matices diferenciadores de importancia. Como me explicaron los colegas en esos días, la aludida dualidad también coexistía en los propios Estados Unidos. En efecto, matizando la clasificación anterior, la formación de ingenieros en la misma Inglaterra termina mostrando un doble perfil. En paralelo, en Francia se fundan instituciones como la *École Centrale d'Arts et Manufactures de Paris* (1828), modelo para las escuelas de ingenieros industriales en España, que no educa a profesionales para la Administración, sino para la dirección de las empresas industriales, es decir, que no forma *Ingénieurs d'État*, sino *Ingénieurs Civils*. En la España decimonónica pertenecen al primer grupo los ingenieros de Minas, Caminos, Montes y Agrónomos; al segundo, sólo los Industriales. Pero afinando aún más el esquema para los ingenieros industriales españoles, hay que decir que la diferencia de culturas socio-económicas de Cataluña y de Madrid hace que en el primer caso se detecte una más clara vocación de empresa privada, mientras que en el segundo haya primado desde sus orígenes hasta hace unas décadas una inclinación más administrativa<sup>81</sup>. Aunque la dicotomía básica expuesta entre los ingenieros continentales y los británicos es válida en primera aproximación, un análisis más detallado muestra que sobre todo en el primer caso hay un verdadero «mosaico» de perfiles, todos de elevado nivel académico<sup>82</sup>.

### 2.3. *Apunte sobre la institucionalización de la Ingeniería en España*

La institucionalización de la ingeniería en España comienza en el Siglo de las Luces, fundándose en 1711 el Cuerpo de Ingenieros de los Ejércitos, Plazas, Puertos y Fronteras de S. M., a quienes les competen no sólo las funciones castrenses propias (fortificaciones y comunicaciones, en particular), sino las civiles de reconocimiento e intervención territorial, en particular a través de obras públicas estructurales. Proyectan y dirigen la construcción de caminos, puentes, canales, puertos, reales fábricas e incluso hospitales, escuelas y palacios. Tienen también relevantes funciones en el trazado urbanístico de ciudades, y su labor cartográfica es de primera magnitud<sup>83</sup>. Además, la Corona funda los cuerpos militares de Ingenieros de Marina (1770), con competencias no sólo en arquitectura naval, sino también en edificación militar y civil, y de Ingenieros Cosmógrafos de Estado (1796), especializado en astronomía y sus «aplicaciones en la vida civil, Navegación, Medicina, Agricultura y Geografía», cartografía y meteorología, en particular. Al tiempo, en el ámbito civil se crea la Inspección de Caminos y Canales (1799). También profesión civil, aunque con singular solicitud y otorgamiento de reconocimientos en forma de grados militares, se identifica el nacimiento de los ingenieros de Minas, «geómetras subterráneos» (1777). Los sistemas de enseñanza reglada de estas profesiones, todos secularizados, se desarrollan siempre al margen de la universidad<sup>84</sup>. Las crisis de la Hacienda, pero sobre todo la invasión napoleónica y la terrible involución ideológica que implica la reacción absolutista, darán al traste con la dinámica del proceso institucionalizador.

El comienzo de la institucionalización definitiva de las ingenierías civiles, así como de diversas profesiones técnicas de niveles inferiores, será obra del impulso liberal, en cierto modo en continuidad con la estrategia de los ilustrados<sup>85</sup>. Imposible abocetar aquí el complejo proceso, ni siquiera limitado a las primeras<sup>86</sup>. Apuntemos, no obstante, que Minas, Caminos, Montes y Agrónomos se fundan con un marcado sentido administrativo, dando lugar a cuerpos de un nuevo Estado, fuertemente jerarquizados y eficientes: Caminos, para la ordenación del territorio, comprendiendo las infraestructuras de comunicación y transporte, el urbanismo, e incluso algunas ramas de la arquitectura; Minas, para la minería y la metalurgia; Montes, para preservar y ordenar el medio natural<sup>87</sup>; y Agrónomos, para mejorar la productividad agrícola difundiendo la nueva agronomía<sup>88</sup>.

Puede llamar la atención el que los liberales «ataran tan en corto» a la universidad, así como el que crearan cuerpos de funcionarios al servicio de la Administración, ¡cuando habían

decretado la definitiva extinción de los gremios, y perseguían la liberalización del sistema socio-económico! (libertad de industria, comercio y contratación de mano de obra). Pero si la universidad se controla para evitar «desviaciones» ideológicas, ya que las fuerzas conservadoras no están vencidas por completo, o después del Sexenio Democrático se temen las reacciones de las clases trabajadoras, los cuerpos de ingenieros se encargan de racionalizar la actividad técnica de un Estado en construcción. En colaboración con los mandos políticos, planifican la labor, siendo con frecuencia responsabilidad del cuerpo el desarrollo o control de las misiones específicas, a través de los miembros a los que se les asigne la tarea; una misma actuación puede ser llevada a cabo por distintos miembros, en fases sucesivas, en función de desempeños personales o de necesidades alternativas del cuerpo. Es el trabajo colectivo, en equipo, frente a la vez acendrado «autodivismo» de algunos arquitectos. Los cuerpos facultativos de ingeniería proporcionarán a la Administración homogeneidad en los criterios técnicos y capacidad de irradiación de nuevos métodos, procedimientos, normas..., como ocurrió en el siglo XVIII con el Cuerpo de Ingenieros Militares.

De la formación de los ingenieros se encarga en cada caso el propio cuerpo, tras un durísimo ingreso en la escuela correspondiente. Es de lamentar el que terminaran fracasando todas las intenciones de constituir un sistema docente articulado entre las diferentes escuelas de ingeniería, que permanecieron esencialmente aisladas, privándose de potenciales sinergias. En resumen, la Ley Moyano lega un sistema de educación que en su nivel superior es dual: por una parte la universidad, por la otra un conjunto de escuelas superiores, entre éstas las que forman a los ingenieros y arquitectos. Una vez que un alumno había ingresado en la escuela de un cuerpo de ingeniería era considerado como funcionario en prácticas, recibiendo incluso un cierto estipendio durante sus estudios.

Pero junto a elementos de justificación para las estructuras corporativas, quien les habla y muchos de Uds. pertenecemos a cuerpos de la Administración, no debe ocultarse que, siendo extremadamente reducido el número de individuos que se forman en las escuelas, no se irradian (suficientes) ingenieros al sistema productivo. Ello cercena el potencial de creación de empresas competitivas privadas, al tiempo que, sabedores de su poder social, en los miembros de los cuerpos hay a veces comportamientos de repliegue, de simple defensa mutua.

En este sentido valga recordar que la Industrial es la única ingeniería decimonónica española concebida para trabajar liberal o asalariadamente, lo que recuerda la ya mencionada dua-

lidad en el nacimiento de la moderna ingeniería en España. Además, frente a una actuación exclusiva de la Administración central a la hora de soportar económicamente la creación de las escuelas especiales (Caminos, 1834; Minas, 1835; Montes, 1848; Agrónomos, 1855), también el Real Instituto Industrial (1850), el resto de las de ingeniería Industrial han de ser soportadas significativamente por instituciones locales. Esta forma de voluntarismo local es la que hace que, excepto la barcelonesa, ninguna de las demás escuelas industriales sobrepase la crisis económica de 1866. Evidentemente, no es casualidad que la iniciativa tuviese continuidad en Barcelona, puesto que Cataluña goza de una temprana industrialización y, por consiguiente, de una más sólida demanda de profesionales desde el sector privado.

Habida cuenta, además, de que es la primera especialidad implantada en la Universidad de Zaragoza, y que —casi corolario— es la mía misma, permítanme unos breves apuntes que la dibujen en contraste con los cuatro grandes cuerpos decimonónicos de ingeniería: Minas, Caminos, Montes y Agrónomos<sup>89</sup>.

#### **2.4. Elementos sobre la Ingeniería Industrial: extracorpórea y descentralizada**

Impulsados por Manuel Seijas Lozano, ministro de Comercio, Instrucción y Obras Públicas, redactada por Antonio Gil de Zárate y su equipo, el acta fundacional de los estudios industriales es el R. D. de 4 de septiembre de 1850. En su preámbulo se afirma que no se

podía olvidar [la instrucción pública] uno de los ramos más interesantes de ellas [las necesidades del siglo] y el que más influencia puede ejercer en la prosperidad y riqueza de nuestra Patria. No bastaba dar impulso a la enseñanza clásica ni mejorar los estudios literarios o científicos; para complementar la obra era preciso, entre otros establecimientos importantes, crear escuelas en que los que se dedican a las carreras industriales pudiesen hallar toda la instrucción que han menester para sobresalir en las artes o llegar a ser perfectos químicos y hábiles mecánicos. De esta suerte se abrirán nuevos caminos a la juventud ansiosa de enseñanza; y apartándola del estudio de las facultades superiores a que afluye hoy en excesivo número, se dedicará a las ciencias de aplicación y a profesiones para las cuales hay que buscar en las naciones extranjeras personas que sepan ejercerlas.

Es objetivo de la creación el luchar contra la rutina y el empirismo, para hacer posible la modernización industrial y, por ende, de la sociedad, «rescatando a la industria nacional del tributo que paga a la extranjera».

Se establece la organización de las escuelas industriales en tres grados: *Elemental* (*Certificado de Aptitud* o título de *Maestro en Artes y Oficios*), de *Ampliación* (*Profesor Industrial*; tras un año de ampliación, el de *Ingeniero Químico*, o *Ingeniero Mecánico*, y si se obtenían ambos el de *Ingeniero Industrial*, siempre de Segunda clase) y *Superior* (*Ingeniero Químico*, o *Mecánico*, o *Industrial*, de Primera clase)<sup>90</sup>. Las enseñanzas de ampliación se pueden desarrollar en las escuelas de Barcelona, Sevilla y Vergara. Sólo en el denominado Real Instituto Industrial de Madrid<sup>91</sup> es posible cursar hasta el grado superior. Las edades mínimas para entrar en las escuelas son: 10 años para la elemental, 14 para la de ampliación (3 cursos), y 17 para la superior. Un Ingeniero Químico, por ejemplo, se gradúa con al menos 19 ó 20 años; un Ingeniero Industrial con 21 ó 22. Los estudios se enlazan como un sistema de enseñanza cíclica. Por otro lado, «no se exigirá a los alumnos derecho alguno por matrícula ni prueba de curso; pero estos estudios no les servirán para las carreras académicas»<sup>92</sup>.

En 1855 (reales decretos de 20 y 27 de mayo), tras *la Vicalvarada*, ya en el bienio progresista (1854-1856), por iniciativa de Francisco de Luxán, ministro de Fomento, se promulga el Plan Orgánico de las Escuelas Industriales. Éstas quedan clasificadas en *Elementales*, «donde el honrado artesano y laborioso aprendiz de los talleres, en el amor a su arte, adquieren también los medios de practicarle tan seguro de los procedimientos como de los resultados» (otorgan *Certificados de Aptitud*), *Profesionales* (en Barcelona, Madrid, Sevilla, Valencia y Vergara; confieren título de *Aspirante a Ingeniero Industrial*) y la *Central* (anexa al Real Instituto Industrial en Madrid; emite el título de *Ingeniero Industrial*). Ésta última es

término de la carrera donde la ciencia le presenta todos sus recursos y le revela las variedades y sublimes concepciones con que somete a las exigencias de la necesidad o del lujo los misteriosos procedimientos de la Naturaleza y sus eternas leyes. Las teorías y las prácticas reciben en este establecimiento superior todo su desarrollo y desenvolvimiento.

El sistema empieza «por formar el operario, para acabar por ofrecer a las artes el hombre científico que las eleva a su mayor altura». Los estudios quedan regulados en los siguientes términos, de cuyo incumplimiento reiterado se quejarán frecuentemente los ingenieros industriales:

Los títulos creados por este decreto no confieren derechos exclusivos para el ejercicio de la profesión industrial; pero demuestran de tal modo la idoneidad y aptitud de los Ingenieros Industriales, mecánicos o químicos, que según su clase especial los empleará el gobierno, en igualdad de circunstancias, en las líneas telegráficas, en la inspección de las estaciones y máquinas y aparatos de los caminos de hierro.

Finalmente (art. 68), se establece una relación explícita con los títulos universitarios: «podrán ser admitidos los doctores en ciencias exactas y naturales a las oposiciones de cátedras de las Escuelas industriales; así como los Ingenieros de éstas podrán tomar parte en las oposiciones a las cátedras de ciencias exactas y naturales establecidas en las Universidades e Institutos».

Junto con las restantes escuelas de ingenieros, así como las de Bellas Artes, Diplomática y Notariado, la Ley Moyano transforma en centros superiores las escuelas industriales de Madrid<sup>93</sup>, Barcelona, Sevilla, Valencia, Vergara y Gijón. Con ello se quiso «consolidar» un quizás excesivamente ambicioso programa de formación, lo que tendrá efectos negativos. En cualquier caso, la descentralización geográfica de las enseñanzas de ingeniería industrial es una de sus características diferenciales.

Durante esta época aún se producen tímidos avances en la incipiente industrialización del país; no obstante, «el fracaso de las dos desamortizaciones —la del suelo y la del subsuelo— malograron las bases naturales, agrícola y minera, en que debía haberse asentado la revolución industrial, en el sentido clásico de la expresión»<sup>94</sup>. En línea con lo dicho, es muy revelador el cambio de perfiles de los extranjeros que vienen a observar y analizar España en el siglo XIX. En torno a la década de los cincuenta, se pasa de viajeros románticos, que dejando países en acelerados procesos de industrialización, vienen a admirar a tipos sociales «auténticos» (no contaminados por el progreso: manolas, majos, cigarreras, frailes, bandoleros...), a un nuevo perfil de observador foráneo: «un ingeniero, un técnico, un especulador interesado en las riquezas mineras»<sup>95</sup>, entre otras posibilidades. Son décadas en las que predominan las masivas concesiones de equipamiento, construcción y extracción a empresas extranjeras, que vienen con sus técnicos y procedimientos, lo que bloquea en gran medida el desarrollo de nuestro capital humano con formación científico-técnica para la industria, así como el desarrollo tecnológico nacional. Exportamos materias primas e importamos productos manufacturados. La consecuencia es un expolio sin precedentes, que además deja heridas abiertas e indelebles por todo el solar nacional, en paisajes como la cuenca minera del río Tinto, por ejemplo, donde se encuentran los mayores yacimientos mineros a cielo abierto de Europa.

Faltos los titulados de expectativas profesionales acordes, retirado el sustancial soporte financiero de las instituciones locales ante la gravísima crisis de la Hacienda y una adicional e importante crisis de subsistencias, como se dijo, todas menos una de las escuelas de ingeniería Industrial son clausuradas (el Real Instituto Industrial de Madrid se cierra en 1867). La

mencionada excepción es la de Barcelona, gracias al soporte financiero de su Ayuntamiento y de la Diputación Provincial. Entre otros desarrollos profesionales, algunos profesores de las escuelas cerradas y diversos ingenieros Industriales de las primeras promociones acceden a cátedras de las nuevas facultades de Ciencias, siendo varios los que llegaron incluso al decanato, tanto en Madrid como en Sevilla o Valencia<sup>96</sup>. Al tiempo, en 1866-67, los cupos de entrada en las restantes escuelas especiales, financiadas en exclusiva por el Estado, se reducen al mínimo incluso en algún caso se llegan a anular temporalmente. Manuel Orovio, ministro de Fomento, es el artífice directo de esta política, inscrita doblemente en la ante dicha aguda crisis de la Hacienda y en una actuación ultraconservadora que tanto ahora como en 1875 trata de amordazar a la universidad<sup>97</sup>.

En suma, formación «extracorpórea» y «descentralización geográfica» escolar son características exclusivas de la ingeniería Industrial dentro del mundo de la ingeniería española de origen decimonónico, lo que hoy la dota de modernidad. Significativamente, la segunda escuela de Industriales en antigüedad y continuidad es la de Bilbao (1899); la de Madrid sólo se reabrirá en 1901.

Los editoriales de *La Gaceta Industrial*, revista fundada en 1865 por José Alcover y Sallent, de la primera promoción del Real Instituto Industrial, enfatizaron el hecho diferencial transmitiendo, desde un liberalismo algo extremo para la realidad nacional subyacente, «el que las Escuelas debieran formar individuos para destino activo en la industria [...] enajenándoles del vivir un tanto parasitario que caracterizaba por entonces a similares profesiones técnicas, arriadas al frondoso árbol burocrático del Estado»<sup>98</sup>.

La ausencia de un cuerpo influyente en los círculos político-administrativos y la existencia, desde 1867, de la única escuela de ingenieros industriales lejos de la Villa y Corte, hacen que promesas de competencias profesionales queden incumplidas por mucho tiempo. Habiendo crecido al margen de la Administración, la Ingeniería Industrial se siente frecuentemente desprotegida por ésta, que tolera el intrusismo profesional, u otorga prerrogativas a los cuerpos decimonónicos de ingeniería, e injustificados privilegios a los arquitectos. A modo de curiosidad, la primera R. O. que conocemos arbitrando en un problema de competencias profesionales, relativa a los ingenieros industriales, se remonta a 1867 (*GM* de 20 de noviembre):

De acuerdo con lo consultado por el Real Consejo de Instrucción Pública y con el dictamen de la Real Academia de San Fernando, la Reina se ha servido declarar que los inge-

nieros Industriales, químicos y mecánicos pueden trazar y construir edificios destinados á la industria, dirigiéndolos en todos sus detalles con sujeción á las ordenanzas municipales de cada localidad, y solo en el caso de que los edificios de que se trate hayan de tener parte artística, se encargarán de la dirección de la obra un arquitecto y un ingeniero industrial.

Obviamente, la reacción de los arquitectos no se hizo esperar<sup>99</sup>, pidiendo que en total exclusividad se les encarguen esos trabajos. En suma, que es muy: «difícil y peligroso fijar la parte artística que en ellos [los edificios] haber pueda».

Si bien las promesas de competencias profesionales seguirán incumplidas, a partir de 1881 se percibe una clara inflexión, un singular «triumfalismo y orgullo de la clase». Al menos visto desde Cataluña, se puede decir que han encontrado «su» hueco. En efecto, son bastantes los que ocupan puestos de responsabilidad en las empresas productoras, y se sienten socialmente reconocidos. En la toma de posesión del nuevo presidente de la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona, en 1881, se afirma con claridad lo dicho:

hoy la carrera de Ingeniero Industrial háyase en un período de visible progreso. Ya no es el profesorado y la enseñanza privada el único honrado recurso que, para atender a su subsistencia, ofrece la carrera a sus adeptos; la acción del ingeniero Industrial se ha extendido a todos, absolutamente a todos los ramos de la industria que han tomado carta de naturaleza en el país: en fábricas y talleres, en ferrocarriles, en empresas industriales de distintas índoles, en construcciones variadísimas y en toda clase de explotaciones tiene ya importante representación<sup>100</sup>.

Poco más tarde, en 1886, desde la misma *Gaceta Industrial* que antes mencionábamos, la pluma de Alcover sigue transmitiendo un concepto profesional anti-administrativo, con enorme contundencia: «somos, además, decididos adversarios de estos modernos gremios que se llaman Cuerpos del Estado, que a nada conducen, en nuestro concepto, como no sea a matar el estímulo y a acabar con la iniciativa individual».

No obstante, esta última visión no es unánimemente aceptada por todos los ingenieros industriales, en particular por los que residen en el mismo entorno capitalino. De modo que se solicita por diversos medios la creación de un Cuerpo de Ingenieros Industriales. Un cuarto de siglo más tarde, en 1911, más de sesenta años después de la creación de la carrera de Ingeniero Industrial, siendo ministro de Fomento Rafael Gasset (R. D. de 23 de marzo), se dispone la creación de un Cuerpo de Ingenieros Industriales, que tampoco satisface las expectativas. Sin embargo, la mencionada creación es abortada, pues no se dicta el necesario reglamento. Así, en 1912 se sigue pidiendo la reglamentación, para un Cuerpo que se ocupe de

una industria nacional que no es la agrícola, ni la minera, ni la forestal, ni la de transportes, que es *la de transformación*, que está completa y totalmente desamparada del Estado, de la cual sólo se acuerdan para molerla a fuerza de tributos aplicados sin razonar si son o no llevaderos<sup>101</sup>.

Como subyace a lo anterior, la reacción adversa a la creación efectiva del Cuerpo de Ingenieros Industriales vino en gran parte de los cuatro cuerpos de ingeniería ochocentistas. No entraremos en el análisis de lo sucedido. Tomando distancia, simplemente reflejaremos por su gracejo lírico parte de la argumentación del ingeniero de Montes, Sr. Armenteros, en una decisiva reunión «conspiradora» que los cuatro cuerpos mantuvieron en mayo de 1912:

Siento una singular simpatía, que sin duda compartiréis todos conmigo, por los que dan vida a las *industrias particulares* y con ellas prosperidad y riqueza a la patria; por los que transforman con sus mágicas artes los más toscos productos en valiosas manufacturas; por los que, al resplandor de la fragua y al férreo clamoreo de las máquinas, convierten en dóciles instrumentos de su feliz ingenio a los materiales más rebeldes, para darles la forma y el lugar que demandan las necesidades sociales y lanzarlas a millares a saciar las ansias interminables del consumo, y cuando veo surgir el vapor de agua de la erguida chimenea remontándose majestuosamente en el espacio, acude a mi fe de cristiano el recuerdo de grandiosas ceremonias y me parece nuevo incienso grato a Dios, que desde el altar del trabajo se eleva en generosa ofrenda hacia los cielos<sup>102</sup>.

Tan poético-místico párrafo arrancó los aplausos del público asistente, que quería contener a los ingenieros industriales lejos de la Administración, tanto como éstos intentaron dificultar en su momento la creación de un cuerpo técnico superior en el marco del Cuerpo de Telégrafos. Obsérvese al pasar que en esa época la chimenea es símbolo de poder, de progreso. Las chimeneas no generan celos: se les escriben odas, o protagonizan las campañas publicitarias y las etiquetas de multitud de productos industriales. Pero los tiempos cambian, y lo que a priori nos genera hoy una chimenea es preocupación por su «potencial capacidad» para dañar más el ya maltratado medio ambiente, sobre el que incide multitud de contaminaciones más sutiles, la electromagnética y la lumínica<sup>103</sup> entre otras.

Ya en tiempos del Directorio, mediante R. D. del Ministerio de Trabajo, Comercio e Industria, se organiza ex novo el Cuerpo en 1928 (el 2 de marzo). El Reglamento orgánico es promulgado por la II República en 1931 (D. de 17 de noviembre), veinte años más tarde de la primera disposición, ¡ochenta años después de creada la carrera! Así queda constituido el Cuerpo de Ingenieros Industriales al Servicio del Ministerio de Economía Nacional (poste-

riormente se adscribirá al Ministerio de Industria). Entre tanto, para atender las necesidades del Ministerio de Hacienda, en 1915 (R. D. de 31 de enero) se crea el Cuerpo Especial de Ingenieros Industriales al Servicio de la Hacienda Pública (reglamento aprobado por R. D. de 23 de octubre de 1923)<sup>104</sup>. A pesar de ello, sólo una muy pequeña proporción de los ingenieros industriales que hacen constar su suficiencia en alguna de las Escuelas civiles existentes en ese momento —Barcelona, Bilbao y Madrid (no así los titulados por el Ministerio de la Guerra)— llevan a cabo su actividad profesional en los mencionados cuerpos. A diferencia de los otros cuerpos de ingeniería, el ingreso en este cuerpo al servicio del Ministerio de Economía Nacional exige (D. de 17 de noviembre de 1931, arts. 38 y 39), además del título de ingeniero industrial por una de las tres escuelas oficiales *civiles*, «un mínimo de tres años de ejercicio profesional como tales ingenieros, bien libremente al servicio de la industria privada, o en cargos de plantilla en Corporaciones públicas u Organismos Oficiales».

Las atribuciones profesionales de los ingenieros industriales se ordenan y resumen en 1935, por decreto de Niceto Alcalá Zamora (de 18 de septiembre; *GM* del 20), a propuesta del Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes. Algo retóricamente, se explicita que: «el progreso de la industria española y el haberla redimido, casi en su totalidad, de la dirección técnica extranjera, son la mejor prueba de la excelente labor realizada por los ingenieros Industriales. Pero es forzoso reconocer que si el Estado veló celosamente por el prestigio y eficiencia de estas enseñanzas, olvidó en parte regular el ejercicio libre de esta profesión, fijando de manera precisa las facultades inherentes a este título». Lo anterior sólo es válido para los titulados por «las Escuelas civiles del Estado».

Pueden llamar la atención las dos anteriores referencias explícitas a las escuelas oficiales *civiles*, pero aún estaban recientes los conflictos de competencia profesional con los oficiales del Arma de Artillería, que reivindicaban, entre otras cuestiones, ser «ingenieros industriales militares». Se trata de un asunto que puede ilustrarse a partir del R. D. de 11 septiembre 1922 (*GM* del 13):

se confirma una vez más que los títulos de ingeniero industrial expedidos por el Ministerio de la Guerra tienen para todos los efectos los mismos derechos que los de la misma clase expedidos por otros Ministerios.

Este R. D. es un episodio más de la polémica con los artilleros, iniciada a finales del Ochocientos. Desde el punto de vista universitario, las reacciones a aquél se saldarán con los cierres temporales de las Escuelas y las Universidades de Madrid y Barcelona.

A pesar del aislamiento que tenían las escuelas especiales de ingeniería, las tres de industriales (Barcelona, 1850; Bilbao, 1899; Madrid, 1901), única rama que no se impartía en una sola escuela, se coordinan «tempranamente» como centro único. Según el Reglamento de 1913, su misión es

dar las enseñanzas necesarias para formar buenos ingenieros directores de los diversos ramos de la industria mecánica, química y eléctrica, debiendo también al propio tiempo adquirir exacto conocimiento de los progresos e inventos de mayor utilidad, relacionados con dichas industrias y con las artes fabriles y manufactureras, en los países extranjeros, para propagarlos en el nuestro; servir de cuerpo consultivo al Gobierno y de auxiliar de la administración general; verificar los ensayos y reconocimientos que ordene la superioridad o soliciten las corporaciones y los particulares; promover exposiciones industriales de carácter general o especial y coadyuvar a su realización; expedir los certificados de aptitud de los estudios cursados en ella.

Obsérvese que la investigación no aparece explícitamente. La que se realice (piénsese en personajes como Esteban Terradas) lo será como fruto de iniciativas personales.

### **3. SEGUNDA REMEMORACIÓN: CON MOTIVO DEL CINCUENTENARIO DE LA LEY DE REFORMA DE LAS ENSEÑANZAS TÉCNICAS (1957)**

Como se ha apuntado, las escuelas especiales de ingeniería vivían aisladas desde su creación, en situaciones peculiares, dependiendo de las direcciones generales técnicas correspondientes, sitas con frecuencia en diferentes ministerios (Obras Públicas o Gobernación, por ejemplo). Su coordinación institucional tuvo diversos intentos durante el siglo XIX. Ya durante la Segunda República se decreta que pasen sin excepción «a depender del Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes todas las Escuelas Especiales de Ingenieros Civiles que hasta ahora dependían de los Ministerios de Fomento y Economía Nacional, así como las Escuelas de Veterinaria. [...] Cuando las Cortes voten los créditos necesarios, se creará en el Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes una Dirección General de Enseñanza Técnica y Superior»<sup>105</sup>. No obstante, de un incontestable tono falangista, la Ley de Ordenación de la Universidad Española de 29 de julio de 1943 (*BOE* del 31), vigente en 1957, promulgada bajo el mandato de José Ibáñez Martín, ministro de Educación Nacional, explicita con claridad que

Dada la naturaleza de esta Ley, que sólo alcanza a la ordenación universitaria, quedan excluidas de sus normas las Escuelas Especiales de Arquitectura e Ingenieros, los organismos que de ellas dependen, las Escuelas de formación de sus profesiones auxiliares, así como aquellos Centros de investigación o de estudio que, por referirse a ingeniería o arquitectura, no atañen a la Universidad<sup>106</sup>.

### **3.1. La Ley de Reforma de las Enseñanzas Técnicas**

Aún reconociéndose digna de encomio la labor realizada históricamente por las escuelas especiales, tras el II Congreso Nacional de Ingeniería (Madrid, junio de 1950) se manifiesta la necesidad de renovar su proceder, de articular un sistema con el agregado de las instituciones existentes, de crear otras nuevas y, para alguno, aproximarlas a la universidad. Ante la necesidad de técnicos cualificados por los sectores productivos, mediante Decreto de la Presidencia de 1952 (4 de julio), se fijan anualmente números mínimos de alumnos para el ingreso en cada escuela<sup>107</sup>. En 1955, siendo Joaquín Ruiz-Giménez ministro de Educación Nacional y Manuel Fraga Iribarne secretario técnico del departamento, se le presenta al mundo profesional una propuesta de reforma, que es rechazada con contundencia. Jesús Rubio García-Mina, sucesor en la cartera ministerial, va a conseguir que se promulgue la Ley de Reforma de las Enseñanzas Técnicas (20 de julio de 1957; BOE del 22), de enorme impacto en la estructuración y renovación del conjunto de los estudios de ingeniería y arquitectura. Con ella se les dota de un marco legislativo y administrativo unificado en el Ministerio de Educación Nacional. No obstante, es fuertemente contestada desde el estudiantado —que realiza huelgas y diversos actos de protesta— y desde los sectores profesionales. Estos últimos no habían sido consultados con anterioridad suficiente para poder reaccionar y temían una pérdida de posiciones en el conjunto de la sociedad, así como un notable descenso en la calidad de las enseñanzas<sup>108</sup>. El objetivo básico de la ley queda explicitado en el propio preámbulo, muy tecnocrático por cierto:

Un amplio programa de industrialización y una adecuada ordenación económica y social, sitúan a nuestro país en una excepcional coyuntura de evolución y progreso y exigen, para su realización, el concurso de aquel número de técnicos dotados de la sólida formación profesional que el ejercicio de la moderna tecnología requiere. Ello obliga a revisar la organización y los métodos de enseñanza, con el fin de lograr que un número mayor de técnicos pueda incorporarse en plazo breve a sus puestos de trabajo, para rendir allí el máximo esfuerzo para el bien común. [...]

La presente Ley aspira a remediar esta situación organizando el conjunto de las Enseñanzas Técnicas dentro de un sistema coordinado y dinámico [...] enlazándolas por un lado con el saber universitario [..., estableciendo] contacto, por otra parte, con la Enseñanza Laboral.

Claramente, la ley no supone su ingreso en la universidad, sino que le otorga a las escuelas técnicas un difícil de cumplir papel de articulación entre dos mundos disjuntos, la enseñanza universitaria y la laboral<sup>109</sup>.

La excesiva dureza de los ingresos en las escuelas<sup>110</sup>, así como el elevado número de cursos a seguir, hace que los ingenieros se gradúen a una edad en la que pronto quedan atrapados por compromisos familiares, y pocos se atreven a realizar postgrados, eventualmente en el extranjero. Por otro lado, además de los esfuerzos personales, justo es reconocer que los estudios implican un importante coste familiar, de donde un cierto elitismo económico, además del científico-técnico, al tiempo que suponen una tardía llegada a la vida profesional a los pocos que eran capaces de superar tan dura carrera de obstáculos.

Previa al Plan Ullastres de Estabilización de la Economía Nacional de 1959<sup>111</sup>, esta Ley de Reforma intenta cortar con una constelación de pequeños mundos extra-universitarios, repartidos por ministerios y direcciones generales, algunos con fuerte raigambre corporativa. Corolario de la nueva organización y planes de estudio es el más trascendental cambio socio-profesional en la ingeniería, desde su raíces ilustradas y liberales, terminando con la orientación esencial de la mayoría de las escuelas: «la formación de funcionarios públicos»<sup>112</sup>, que son predominantemente agrupados en «Cuerpos con arreglo a un concepto marcadamente administrativo de la profesión». A partir de ahora, los ingenieros pasan a trabajar de forma mayoritaria como asalariados o empresarios, en el sector privado. Los principales cambios introducidos por la ley fueron:

1. Dependencia de todas las escuelas, sin excepción, del Ministerio de Educación Nacional<sup>113</sup>, creándose para su coordinación la Junta de Enseñanza Técnica, «como organismo deliberante y consultivo en materia docente». Con funciones preceptivas en lo relativo a planes de estudio o reglamentos de escuelas, por ejemplo, establece un primer enlace entre las enseñanzas universitarias y técnicas.
2. Definición de dos grados o niveles académicos: grado medio, peritos y aparejadores de obras (antiguos ayudantes, facultativos...), que han de estudiar en escuelas técnicas de

grado medio, donde se les ha de proporcionar «formación especializada de carácter eminentemente práctico»; y grado superior, ingenieros y arquitectos, cuyas escuelas especiales pasan a denominarse escuelas técnicas de grado superior. Las ramas de la Ingeniería que se contemplan son, simplemente, las preexistentes: Aeronáuticos; Agrónomos; Caminos, Canales y Puertos; Industriales (donde se incluye como especialidad la ingeniería Textil, que se impartía en Tarrasa); Minas; Montes; Navales; y de Telecomunicación. «El título de Arquitecto o de Ingeniero representa la plenitud de titulación en el orden profesional para el ejercicio de la técnica correspondiente, tanto en la esfera privada como en el servicio del Estado».

3. Reforma profunda de la estructura de los estudios, suprimiéndose los durísimos exámenes de ingreso en las escuelas especiales de ingenieros, que se preparaban, normalmente durante años, en academias privadas. El acceso a las escuelas técnicas superiores (ETS) es ahora directo para los bachilleres superiores, quedando «el ingreso» integrado en ellas, merced a dos cursos, *selectivo* (común a todas las ETS y las facultades de Ciencias) e *iniciación*, en los que se ofrece una sólida formación en ciencias básicas (matemáticas, física, química) y dibujo. Tras el ingreso, las carreras superiores se estructuran en cinco cursos, abriéndose cauce a las especialidades, lo que se detallará en reglamentos posteriores. Por ejemplo, en Industriales, se definen siete especialidades: Mecánica, Química, Metalurgia, Electricidad (subdividida en Electricidad Industrial y Electrónica), Acústica y Óptica, Técnicas Energéticas, y Textil.
4. Desvinculación de las escuelas especiales de los cuerpos de la Administración. Se crea un Escalafón general de catedráticos numerarios de escuelas técnicas superiores y otro correspondiente a las escuelas técnicas de grado medio. De este modo se acaba con la anómala situación de unas escuelas en el Ministerio de Educación Nacional cuyos profesores son miembros de los cuerpos de ingeniería, es decir, pertenecen a cuerpos de otros ministerios<sup>114</sup>. Por lo demás, los alumnos egresados no tienen derecho de entrada en los cuerpos de ingeniería. Se titulan muchos más de los que éstos pueden absorber, con lo que se alcanza el objetivo de introducir técnicos cualificados en muy diversos sectores socio-económicos. Los titulados que deseen entrar en los cuerpos de ingeniería han de opositar, como ocurre en el resto de la función pública, cosa que hacían desde sus comienzos (1850) los ingenieros industriales.

5. Creación de los grados de doctor ingeniero y doctor arquitecto, que por la dureza de los estudios «implícitamente» poseían los titulados por las escuelas especiales. El nuevo título pasa a representar la máxima titulación académica. Teóricamente, para su colación basta con presentar un trabajo profesional, más o menos innovador, cuya evaluación corre a cargo de un peculiar tribunal, denominado *Junta General Calificadora para la obtención del título de Doctor-Ingeniero y Doctor-Arquitecto*. No obstante, la práctica se encargará de confirmar que al final todos los ingenieros y arquitectos lo tendrán casi con la simple solicitud; es decir, a los titulados por planes previos no se les exige un trabajo original de investigación. Sin embargo, para los del plan de 1957 se define la existencia de unos estudios de doctorado (un año) y la necesidad de aprobar una tesis original.

La ausencia previa del grado de doctor en el mundo de las ingenierías se constata, por ejemplo, en fecha tan tardía como 1955. Con motivo de la inauguración de los edificios de la Escuela Oficial de Telecomunicación (el 21 de abril), dependiente del Ministerio de Gobernación, el general Franco fue nombrado «Ingeniero de Telecomunicación y profesor *honoris causa* de la Escuela»<sup>115</sup>. Otra imagen de esta situación, indudablemente cargada de fina ironía, nos la ofrece Emilio García Gómez, eminente maestro de arabistas, que llega a escribir:

Los que hace sesenta años empezamos por vocación a estudiar Letras lo hacíamos en la Facultad de ese nombre porque no había otro sitio; pero bien reconocíamos el superior status de las escuelas especiales, cima de nuestra sociedad y símbolo de su progreso. En ellas habían estudiado los «ingenieros» de las novelas de Galdós. Ahora bien, los brillantes ex-alumnos de esas escuelas tienen hoy la humildad de llamarse doctores arquitectos o doctores ingenieros<sup>116</sup>.

La Ley de 1957 es emblema del comienzo del imparable, lento y controvertido proceso de integración de las ingenierías y la arquitectura en la universidad española. Como se ha dicho, no incorpora a las escuelas técnicas en la universidad, sino que aproxima ambas instituciones de enseñanza superior e investigación, poniendo «las cátedras de las Escuelas técnicas al alcance de los titulados universitarios, y recíprocamente, lo que abre nuevas posibilidades de intercambio y mutua cooperación entre ambas ramas de la Enseñanza» (preámbulo de la ley)<sup>117</sup>. No obstante, como se ha dicho, se crean sendos cuerpos de catedráticos, uno para las escuelas técnicas superiores y otro para las de grado medio, con sus respectivos escalafones, a su vez diferentes del correspondiente cuerpo universitario. Si bien las escuelas técnicas podrán tener personalidad jurídica propia (art. 3.º), «con independencia de lo dispuesto en esta Ley, la

Universidad, conforme a sus leyes propias, podrá continuar dando la enseñanza técnica que estime adecuada en la forma en que lo viene haciendo actualmente o con las ampliaciones que el futuro aconseje» (disp. final 1.<sup>ª</sup>).

Producto de esta Ley de Reformas, el conjunto de las enseñanzas técnicas superiores empieza tímidamente a descentralizarse, y se imparten algunas especialidades lejos de la Villa y Corte, algo que sólo era previamente cierto para la Ingeniería Industrial y la Arquitectura. De este modo, en el curso 1960-61 arrancan las clases en las escuelas de Agrónomos de Valencia, Arquitectura de Sevilla y Minas de Oviedo. Además, en la Ciudad Universitaria se construyen nuevos edificios para las ETS de Agrónomos, Caminos, Montes, Navales, así como para otras escuelas técnicas de grado medio. Ni manteo ni levita, pero para no ser expulsado de clase ¡había que llevar corbata!

En los trece años que van desde la promulgación de la ley de 1957 hasta la Ley General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa (Ley 14/1970, de 4 de agosto), Ley Villar Palasí, se desarrolla el marco normativo que termina integrando por completo las enseñanzas técnicas en la universidad española. El proceso no fue sencillo. Las reticencias se manifestaron por ambas partes, pero en la Universidad también hubo quien contempló el proceso con avidez, como medio para «colocar a sus discípulos». Con el objeto de preservar en parte la peculiaridad de las enseñanzas técnicas, eventualmente legible como barrera ante posibles incorporaciones no deseadas a los claustros de las ETS: «para las cátedras de materia tecnológica se exigirá un mínimo de cinco años en el ejercicio de la profesión» (art. 6.º 7, ley de 1957).

### **3.2. El proceso de incorporación de las enseñanzas técnicas a la universidad**

Directrices preliminares al Plan de Desarrollo (Decreto de la Presidencia de Gobierno de 23 de noviembre de 1962) exigen de nuevo «medidas adecuadas para incrementar y acelerar la formación de científicos y técnicos de Grado Superior y Medio»<sup>118</sup>, y se decide otra polémica aceleración de los estudios, que titula a promociones del plan del 57 antes de concluir su *cur-sus* académico. Por otro lado, se progresa en la multiplicación de centros, y al calor del I Plan de Desarrollo, en 1966-67 comienza la docencia de Caminos en Santander e Industriales en Sevilla, mientras que la de Agrónomos de Valencia no arranca hasta 1968-69.

Consecuencia legislativa, bajo el ministerio de Manuel Lora-Tamayo, catedrático de Química en la Universidad Central, se proclama la Ley 2/64 (29 de abril), de Reordenación de las Enseñanzas Técnicas. El nuevo cambio sustancial es la eliminación de los cursos de se-

lectivo e iniciación, con lo que la carrera superior queda reducida de siete a cinco años; para los peritos y aparejadores se pasa de cuatro a tres. Según el Ministerio de Educación Nacional, es una reforma que pretende «la más adecuada homologación con los planes que hoy se siguen en los países de mejor desarrollo», y se propugna que «la diversificación en especialidades habrá de multiplicarse para atender mejor a las acuciantes exigencias de una industria y una agricultura que así lo reclaman con exigencia apremiante». Los nuevos planes redefinen las especialidades. Por ejemplo, en Industriales desaparece Acústica y Óptica, y surge la de Organización Industrial. Novedad adicional es la existencia de pasarelas y cursos de adaptación que permiten comunicar los diferentes niveles de la enseñanza técnica, sin que *sensu stricto* ésta pretenda ser cíclica. Además, el doctorado ya aparece «teóricamente» perfilado, iniciándose un lento proceso de puesta en marcha: necesita de unos estudios complementarios, distribuidos en dos años académicos, y de un trabajo original de investigación. En todas las escuelas, sean de grado medio o superior, se crea un patronato, en el que «estarán representados los Colegios y Asociaciones profesionales, la Organización Sindical y las personas naturales o jurídicas que tengan más directa relación con las enseñanzas de dichos Centros».

En el acto de apertura del curso universitario 1965-66<sup>119</sup>, Lora-Tamayo termina su allocución afirmando que

Es impropio, y sería inaprensible a la comprensión exterior, considerar desligada la Escuela Técnica Superior<sup>120</sup> del ambiente que crea la Universidad. No es este el caso de las grandes urbes donde aquéllas se multiplican, y podrían potenciarse agrupadas en Institutos Politécnicos de rango superior; pero sí lo es en medios más reducidos, donde la Escuela puede resultar un ente solitario aislado del centro plurifacultativo de la Universidad. [...] Considero a estas escuelas, institucionalmente o no, dentro de la gran área universitaria y quiero por ello que sus progresos sean celebrados por la Universidad como propios y un sello y un espíritu común presida sus actividades.

Cuatro meses después, «se autoriza la Agrupación de Escuelas Técnicas Superiores en Institutos Politécnicos Superiores y Universidades», creándose el de Madrid<sup>121</sup>. El resto de ETS, en tanto se produce su integración en otros institutos similares, «se agruparán con las Facultades universitarias en la correspondiente Universidad del Distrito, al objeto de atender a los intereses académicos que le sean comunes, conservando, sin embargo, su reglamentación propia. A estos efectos sus Directores se incorporarán a la Junta de Gobierno de la Universidad en paridad con los Decanos de las Facultades». Adicionalmente, en el mismo día, se decreta<sup>122</sup> que la Dirección General de Enseñanzas Técnicas pase a denominarse Dirección General de

Enseñanza Técnica Superior, quedando las escuelas técnicas de grado medio embebidas en la Dirección General de Enseñanza Profesional, donde confluyen con lo hasta entonces regido por la Dirección General de Enseñanza Laboral. Es decir, se consume una clara separación de las enseñanzas técnicas superiores y las de grado medio, que pasan a depender de direcciones generales diferentes. Leído de otra forma, se progresa en la integración universitaria de las ETS, mientras que las de grado medio se ubican en el ámbito de las enseñanzas profesionales.

Los institutos politécnicos superiores serán en la práctica entes «virtuales», sin medios ni capacidad real de acción sobre las escuelas que integran. Una lectura plausible de su existencia es como institución-refugio de las escuelas clásicas de Madrid, esencialmente, también de Barcelona. El que se reglamente que su presidente ha de ser «una personalidad con título de Ingeniero Superior» puede abundar en la construcción de esa línea defensiva<sup>123</sup>.

En el marco de la presión sostenida que Lora-Tamayo realiza para la integración de las enseñanzas técnicas superiores en la universidad, una orden de 30 de noviembre de 1967 (*BOE* del 18 de diciembre) regula los doctorados, honoris causa y normales, así como el traje académico y los distintivos para las ETS, algo que se realiza plenamente en línea con la tradición universitaria. Toga, muceta en raso de seda y birrete (hexagonal para los ingenieros o arquitectos, octogonal para los doctores) lo definen básicamente. El nuevo color emblemático es un marrón al que cabe tildar de tabaco<sup>124</sup>. Para personalizar las distintas ramas, la misma orden define «Colores propios para las diferentes ETS», que se han de llevar en la placa de doctor<sup>125</sup>. Reticencias de un universitario, a las escuelas técnicas de grado medio no se les define traje académico alguno.

En este sentido, aprobado el preuniversitario, al optar por continuar mis estudios en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Sevilla, creí entrar en la Universidad hispalense. Ello ocurre realmente un par de años después. A pesar del tiempo transcurrido, aún tengo vívido en mis recuerdos la insistente recomendación de mi padre, Guillermo Silva Jiménez, licenciado en farmacia por la Universidad de Granada, de asistir a la inauguración de curso, para que viviese una ceremonia colorista, con trajes académicos «parecidos a los de los obispos». Fui a la que se realizaba en la Escuela, pero aun siendo septiembre de 1968, ¡no vi, ni uno solo! Por el contrario, varios de los que serían mis profesores en los años siguientes<sup>126</sup> vestían —fue mi apreciación, poco más que un bachiller de diecisiete años— como «músicos» u «oficiales del Ejército del Aire», aunque con enigmáticos fajines de color morado, de los que estaban normalmente muy pendientes. Al volver a casa, expresivamente le espeté con cariño a mi padre que «más que a un sínodo, las autoridades académicas parecían pertenecer a una

banda de música». En realidad, se trataba de una inauguración de curso «paralela» a la de la Universidad, con los reglamentarios uniformes profesionales de la ingeniería, expresión de una singular tradición académica extra-universitaria<sup>127</sup>. En cualquier caso, se ha de recordar que los uniformes de la ingeniería civil —históricos o renovados—, emblemáticos y vistosos, mantienen su vigencia en el ámbito profesional, atreviéndonos a afirmar que actualmente su uso arquetípico se produce en las bodas. ¡Cuántos sabemos de familiares, amigos o conocidos que se han casado de ingeniero! Sin embargo, he de confesar que no sé de ningún caso en que un licenciado, arquitecto o ingeniero haya contraído matrimonio con el traje académico<sup>128</sup>.

Aprovechando que hablamos de colores emblemáticos, quisiera señalar en un inciso que el morado, el empleado en los círculos profesionales por los ingenieros, no se pudo adoptar en el ámbito universitario porque es el color emblemático de las facultades de Farmacia. En suma, desde entonces «soportamos una cierta esquizofrenia distintiva», enraizada en los ámbitos profesional y académico<sup>129</sup>. Concédaseme que los apuntes realizados, antes o ahora, sobre trajes académicos universitarios y uniformes de la ingeniería civil permiten una aproximación al pasado que, aunque marginal, proporciona información de corte socio-cultural. En este sentido, nos parece oportuno recordar que «la historia no es sólo ver; es pensar lo visto. Y pensar es siempre, en uno u otro sentido, construcción» (J. Ortega y Gasset).

En 1968 se refunden diversos textos legales vigentes (D. 636/68 de 21 de marzo, BOE de 8 de abril), consagrándose las denominaciones de *ingeniero* y *arquitecto técnico*, en sustitución de *perito* y *aparejador de obras*, respectivamente. Ya de la mano de Villar Palasí, los Institutos Politécnicos Superiores de Barcelona y Valencia se crean tres meses después<sup>130</sup>. Dos años más tarde, como se ha dicho, la Ley 14/1970 (de 4 de agosto), Ley General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa, transforma los tres institutos politécnicos superiores en universidades politécnicas. Pero lo más importante, es que comienza la integración definitiva de todas las enseñanzas técnicas en el marco universitario, sea en universidades politécnicas o literarias. No sólo se incorporan las escuelas superiores, sino también las de grado medio, algunas de las cuales se desenvolvían de forma imprecisa entre la enseñanza secundaria y la profesional. De este modo se transforman —hace ahora poco más de un tercio de siglo— las escuelas técnicas de grado medio<sup>131</sup>, al igual que las profesionales de Comercio y las de Magisterio, en Escuelas Universitarias, nueva categoría de centros universitarios<sup>132</sup>, estableciendo para el ingreso las mismas exigencias que en los restantes.

Ya mencionado, el proceso de «reforma (1957) - reordenación (1964) - refundición (1968)» persigue, entre otras cosas, acrecentar el flujo de ingenieros y arquitectos hacia los diferentes sectores económicos. Para ello se mejora la productividad escolar (reduciendo progresivamente las dificultades de acceso y la duración de los planes de estudio), y también se aumenta el número de ETS. Con carácter previo, no sólo el profesorado, sino también los colegios profesionales y el estudiantado denuncian «el estado de penuria de nuestros centros, que les impide todo intento de evolución y mejora. Aconsejamos un estudio comparativo del coste de la formación de un técnico del mismo grado en España y en otros países de técnica avanzada»<sup>133</sup>. Un dato que puede dar una primera idea del imprescindible esfuerzo presupuestario del Gobierno en la década 1957-1967 es que, si bien los catedráticos sólo pasan de 297 a 380, los profesores auxiliares crecen de 281 a 1691, aunque estos últimos suelen tener dedicaciones docentes marginales<sup>134</sup>. Sin embargo, es importante reparar en que en la última cifra se contabilizan a partir de 1963, merced a acuerdos con la OCDE (1960), los «profesores encargados de laboratorios», contratados a tiempo completo, con objeto de que los alumnos realicen prácticas, y que, eventualmente, se puedan llevar a cabo tareas de investigación; en 1966 estos profesores son poco más de un centenar y medio en todo el país<sup>135</sup>.

Pero para leer adecuadamente esa mejora, hay que tener presente que el régimen universitario de dedicación a tiempo completo, que hoy es norma mayoritaria<sup>136</sup>, entonces era administrativamente «casi» imposible en ingeniería y arquitectura, aunque menos difícil en la universidad. Salvo alguna excepción previa, a finales de los sesenta, los mencionados encargados de laboratorios de las ETS realizan las primeras tesis doctorales de ingeniería donde hay investigación original.

Entre tanto, en casi ausencia de la dedicación a tiempo completo, los profesores trabajan, además, para las administraciones, o en medios empresariales. Algunos, en organismos vinculados a las propias escuelas, que dependen de los ministerios «apropiados», en los que esencialmente se realizan informes, peritaciones, dictámenes, ensayos, calibraciones u homologaciones, y episódicamente algo de investigación-innovación; unos pocos profesores, en centros singulares como el Instituto Nacional de Técnica Espacial (INTA, 1942), el Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento (CSIC-Patronato Juan de la Cierva, 1947)<sup>137</sup>, o en la Junta de Energía Nuclear (JEN, 1951), sí que desarrollan tareas de investigación.

De hecho, con la posibilidad de acogerse más generalizadamente a dedicaciones a tiempo completo, en el primer lustro de los setenta se produce realmente un cambio sustancial en el nivel

de la actividad escolar, lo que redundará en la realización de proyectos de investigación y desarrollo en las diferentes cátedras y departamentos. No hay misterio: poniendo agua en la caldera y avivando el fuego de las dedicaciones y la financiación, ¡se produce vapor! El movimiento se percibe con claridad en bastantes escuelas de ingeniería españolas en el segundo lustro de los setenta o comienzos de los ochenta; entre otras, en algunas de Madrid y Barcelona, así como en la de Industriales de Sevilla. Aunque sobre ello volveremos, cabe apuntar que el próximo año se cumple un cuarto de siglo de la creación de nuestra Fundación Empresa Universidad de Zaragoza (FEUZ)<sup>138</sup>.

Si con los planes de estudio de 1957 las ingenierías (superiores) «se reducen» a siete años, con la reforma de 1964 son disminuidos a cinco cursos. Reacción sociológica comprensible, los ingenieros *comme il faut* nos llaman entonces a los del Plan 64<sup>139</sup>, sin excesos afectivos, en plena sintonía con la «beatlemania» de la época, «ingenieros yeyés». Una reacción «plenamente universitaria» posterior (1976) elevó, en la mayor parte de escuelas, los planes a seis años (lo que en Zaragoza se hizo muy tardíamente con el denominado Plan 84, que hube de coordinar como subdirector). A resultas de las transformaciones derivadas de la Ley de Reforma Universitaria, LRU (1983), las carreras de ingeniero pasan de nuevo a cinco años. Ahora, en el ámbito del Espacio Europeo de Educación Superior, con argumentos que no siempre comparto, hay voces corporativas, a veces incluso con tintes sofistas, que apoyan una reducción adicional a cuatro años para todas las especialidades<sup>140</sup>. Al igual que para las máquinas de Turing, como en estos procesos menguantes el problema de parada en España es indecidible, desenfadadamente les confesaré que esta postrera aminoración que se propugna me recuerda una divertida comedia de Jardiel Poncela: *Cuatro corazones con freno y marcha atrás*. Compartiendo preocupación con sus protagonistas, me intriga saber qué pasará si los planes de estudio terminan reduciéndose a cero años. ¡Habrá que ver!

A pesar de nuestra «relativa bisoñez universitaria», casi medio siglo después de la promulgación de la ley que ha arrancado la evocación de la integración de las enseñanzas técnicas en la universidad, ese estudiantado representa un 26% de la población universitaria a nivel nacional; pero, sobre un 54% global de alumnas universitarias, sólo un 27% cursa estas enseñanzas<sup>141</sup>. Como se dijo con anterioridad, los estudiantes matriculados en el Área de Ingeniería y Tecnología de nuestra universidad suponen algo más del 30%.



Si la universidad se enriqueció incorporando las enseñanzas técnicas, como apunte ya avanzado, quisiera recordar que los muy respetados compañeros y amigos que hoy me honran con su patrocinio en esta ceremonia pertenecen a dos tipos de facultades que también son «nuevas en la plaza» universitaria española. En efecto, la mencionada Ley de Ordenación de la Universidad Española de 1943 (siendo ministro el turolense José Ibáñez Martín), en su artículo 15, transforma en facultades las antiguas escuelas de Veterinaria<sup>142</sup>. A diferencia de las enseñanzas de ingeniería, su integración universitaria se hace no sólo sin resistencias, sino con cierto entusiasmo, tanto desde la Administración como desde las escuelas<sup>143</sup>. Quiere la casualidad que, en el mismo artículo de la anteriormente mencionada ley de 1943, se cree en la Universidad de Madrid la Facultad de Ciencias Políticas y Económicas<sup>144</sup>, precedente directo de las facultades de Ciencias Económicas y Empresariales. Posteriormente, la Ley sobre Ordenación de las Enseñanzas Económicas y Comerciales de 1953 (17 de julio) le añade los estudios superiores de Comercio (Intendencia Mercantil y Actuariado de Seguros), pasando a llamarse Facultad de Ciencias Políticas, Económicas y Comerciales, en la que tienen vida las especialidades de Economía General, Economía de la Empresa y Seguros<sup>145</sup>. A partir de la Ley General de Educación de 1970 y mediante disposición complementaria<sup>146</sup>, se produce un desdoble en las entonces denominadas facultades de Ciencias Económicas y Comerciales, por un lado, y de Ciencias Políticas, por otro.

A modo de anécdota cromático-emblemática, la bandera de la Escuela de Veterinaria de Zaragoza era amarilla (con una franja negra), pero, dado que el amarillo oro es el color distintivo de Medicina, a la Veterinaria, mucho más tardía, se le asignó el verde<sup>147</sup>. Si Derecho emplea tradicionalmente el rojo, quizás a las facultades de Ciencias Económicas y Empresariales se le asignara el naranja<sup>148</sup> para establecer relaciones emblemáticas en la «macroárea».

Son múltiples y evidentes los hechos y símbolos que hoy muestran la total integración del afluente de las enseñanzas técnicas en el río de la universidad española. Sil para el Miño, Genil para el Guadalquivir, o Cinca-Segre para el Ebro, han ayudado a incrementar sustancialmente los respectivos caudales de cuenca. Si la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Sevilla nace en «cuenca extraña», rápidamente afluye a la Universidad hispalense; por contra, la cesaraugustana, pocos años más tardía, surge directamente en la cuenca de nuestra universidad. Así, en el marco de las medidas de expansión de los estudios universitarios superiores que establece el III Plan de Desarrollo (ley 22/1972, de 10 de mayo), mediante el Decreto 2.435/74, de 9 de agosto de 1974 (BOE del 4 de septiembre), a petición del Rectorado de la Universidad de

Zaragoza, «teniendo en cuenta los criterios de equilibrio y desarrollo de la región y los de ordenación y revalorización del territorio de la misma», se crea la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Zaragoza<sup>149</sup>. Quizás símbolo de los tiempos por venir, en realidad debido a la enfermedad del dictador, el decreto va firmado por D. Juan Carlos de Borbón, Príncipe de España. Como director, nos corresponde impulsar su transformación en Centro Politécnico Superior sesquidécada más tarde, en 1989. Una vez más quiere la casualidad que en el mismo *Boletín Oficial del Estado* de 1974, en el siguiente decreto y con idéntica fecha, se cree la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de nuestra universidad. En otros términos, necesidades clamorosas para el desarrollo socio-económico y cultural, Ingeniería y Economía nacen como centros superiores «gemelos» en el seno de esta más que tetracentenaria institución.

### ***3.3. Nacido Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, hoy Centro Politécnico Superior***

Por haber estado, quizás excesivamente, implicado en la gestión de nuestra ETS de Ingenieros Industriales (casi seis años de subdirector y tres de director) y CPS (tres años como su primer director), no me adentraré en detalles de su devenir, pero, elegido aquí como miembro de nuestro centro, me siento impelido a abocetar unos breves e incompletos apuntes<sup>150</sup>. Nacida con estivalidad, cuyo corolario inmediato es la improvisación, dirigida inicialmente con entrega por el profesor Federico López Mateos, su primera morada fue el Edificio Interfacultades del Campus de San Francisco. Comienzan las clases el 4 de noviembre del año de su creación, mientras que el acto solemne de inauguración tiene lugar el 15 de abril de 1975. En palabras de Narciso Murillo Ferrol, Rector Magnífico, la creación de la ETS de Ingenieros Industriales

supone un notable enriquecimiento de la Universidad de Zaragoza; amplía las posibilidades para atender la creciente demanda de puestos universitarios por la naturaleza técnica de la enseñanza y es un valioso complemento a engranar en el decidido e irrevocable propósito del desarrollo de Aragón y de las vecinas provincias que completan el distrito universitario. Pero además supone la superación propia de las dificultades de toda empresa pionera para que, junto con las dos Escuelas Universitarias de Ingeniería Técnica de nuestra Universidad<sup>151</sup> se pueda contar con el núcleo fundacional para que, en el futuro, Zaragoza consiga su segunda Universidad que, en mi opinión, debe ser una Universidad Politécnica.

Corresponde a la década siguiente el fagocitar los afortunadamente imperiales pasillos del Interfacultades, e infiltrarnos en cuantos huecos se vislumbraban en él. Así, tras un incesante comisqueo de espacios físicos, se llegan a sumar algunos inicialmente «virtuales». Procediendo de este modo, terminamos teniendo que reflexionar sobre la paridad de la planta y la lateralidad de su ubicación, para usar los servicios adecuados al sexo del «urgido». Justamente en uno de esos recintos «forzosamente jubilado», convenientemente adaptado y compartido con los compañeros de Tecnología Electrónica, gozamos de una «racial» chocolatada que se prepara en un prototipo de cocina de inducción para Balay, a solicitud de Standard Eléctrica-ITT se programa el primer paquete de análisis formal de una clase de modelos para programación concurrente e ingeniería de protocolos, o se conecta una máquina de escribir de bolas (con cinta plástica, ¡no de tela!) a un computador de sobremesa, lo que era la envidia del entorno, pues nos permitía editar los artículos o informes con mucha mayor limpieza que con las impresoras matriciales al uso —de borroso efecto— y, además, ¡con diversos tipos de letras en un mismo documento!<sup>152</sup>

Son años en que Carlos Vera Álvarez, llorado compañero que nos dejó el pasado noviembre, subdirector, como yo, en el equipo de Javier Castany, no para de afirmar que a la Escuela, a la universidad en general, le hacen falta «tomagüisquis», agentes que muestren lo que se es capaz de hacer, que venzan los recelos de las empresas y de las administraciones. A ello se debe añadir: a unos «ingenieros yeyés» y una institución como la universidad, entonces tan alejada de esos proceder. Y desde la actividad de diversos profesores de la Escuela, se terminó «forzando» la creación de la Fundación Empresa Universidad de Zaragoza, la FEUZ (1982), en tiempos en que aún no se había imaginado la idea de la red de Oficinas de Transferencia de los Resultados de la Investigación, las OTRI. Como se apuntó con anterioridad, análogo proceso, sin relación causal en el ámbito académico, se produce en otras escuelas más veteranas del país. La diferencia estriba en que, en nuestro caso, ocurre al tiempo que se está «construyendo la escuela»; por decirlo en otros términos, había que «luchar» a la vez dentro y fuera, sin disponer de una casa-refugio establecida.

Sensibilizado el Gobierno de Aragón presidido por Santiago Marraco del valor estratégico de la investigación, funda el Consejo Asesor de Investigación, el CONAI (1984). Entre sus muchas actividades pioneras en el solar español, bajo la siempre cordial batuta de Domingo González Álvarez, catedrático de la Facultad de Ciencias, y de su inseparable y eficiente secretario, José Antonio Rojo Martínez, profesor de nuestra Escuela, los vocales de Ingeniería y Tecnología propusimos la creación de unos laboratorios de investigación y des-

arrollo en ingeniería que, sin su misión directamente productiva, cumplieran «análoga» función que el Hospital Clínico Universitario para nuestros respetados colegas de la Facultad de Medicina. Sobre la experiencia y realidad de los laboratorios de Ikerlan (Mondragón), analizando sobre el papel diversas instituciones, teniendo en cuenta el entorno próximo, redactamos el primer texto para su definición, de donde nace, en la Conserjería de Industria, el Instituto Tecnológico de Aragón, el ITA (1984)<sup>153</sup>. Entre otras razones, la creación se propone desde el principio en el Departamento de Industria porque la universidad no es competencia de la DGA en esos momentos; porque la investigación aplicada y la transferencia de tecnología necesitan privilegiadamente recursos e interlocutores del lado industrial y administrativo; y porque, hay que confesarlo, la cultura institucional de nuestra universidad no está entonces preparada para este tipo de aventuras. Su primer director es el mencionado Carlos Vera, entonces catedrático de Transportes de nuestra Escuela. A pesar de su prometedor arranque, andando el tiempo no responde la creación a las expectativas próximas de la Escuela. Tras un periodo algo confuso, donde las cerámicas italianas llegan a tomar delantera sobre su misión, a partir de la dirección de Armando Roy Yarza, catedrático de Tecnología Electrónica de la Escuela, que comienza a abrirlo a los programas europeos, el ITA es hoy en día una excelente realidad. Entre tanto, ante la importante demanda socio-económica de profesionales de ingeniería, y en evitación de un siempre arriesgado «monocultivo», se piensa en diversificar sustancialmente la oferta de estudios de nuestra Escuela Técnica Superior. La verdad es que, fuera de nuestro centro, la apuesta no suscita muchas adhesiones. Contamos desde el principio, eso sí, con el apoyo incondicional del presidente del CONAI, el profesor Domingo González Álvarez, con el que realizamos una «excursión finalista» a la Villa y Corte, también con el de Guillermo Fatás Cabeza<sup>154</sup>, catedrático de Historia Antigua, así como los de la Confederación Regional de Empresarios (presidida por Javier Aisa Camps), de la Cámara de Comercio (presidida por José Luis Martínez Candial) y de un grupo de «aragoneses y para-aragoneses en Madrid», que hicieron funciones de «machacón *lobby*», en palabras del entonces Secretario de Estado de Universidades e Investigación. El R. D. 1025/1989 (de 28 de julio; BOE del 10 de agosto) aprueba la transformación «en Centro Politécnico Superior y se le autoriza para que organice las enseñanzas conducentes a la obtención de los títulos de Ingeniero Industrial y de Telecomunicación»<sup>155</sup>. Adelantándonos a dicha autorización, en el curso 1988-89 se pone en marcha un ambicioso programa de estudios propios, postgrados anuales, los primeros de nuestra universidad de semejante alcan-

ce<sup>156</sup>. Con sostenido ritmo sigue el comienzo de la docencia de los estudios de Ingeniería de Telecomunicación (1990-91)<sup>157</sup>, de Ingeniería Informática (1992-93)<sup>158</sup> y de Ingeniería Química (1994-95)<sup>159</sup>, proponiéndose la creación en este campus, hoy denominado Río Ebro, de una tecnópolis.

Para la internacionalización de la función docente se aprovecha intensamente el programa piloto de la Unión Europea denominado ETCS (European Transfert Credit System). Definido desde Bruselas dentro del marco de Erasmus para varios perfiles académicos, sólo contempla la Mecánica como especialidad de la ingeniería. Por ello, desde la dirección se contribuye con otro con idéntica ambición, pero no oficial, sino oficializado por nosotros, para la especialidad Eléctrica, intensificación en Electrónica, Informática y Control<sup>160</sup>. En un proceso que cuenta con la entrega incondicional de diversos profesores, el CPS pasa a liderar ampliamente, a nivel español, la ratio de alumnos graduados con al menos un año en universidad extranjera<sup>161</sup>. Por otro lado, la creatividad del alumnado se muestra también desde esos años con nitidez: fundación de la primera «junior empresa», Ingeniería de Sistemas Consulting, de la asociación aragonesa de Ingenieros sin Fronteras (ISF), o la celebración de In-Forum, la primera feria de empleo para el alumnado que tiene lugar en la Universidad de Zaragoza (1991), de las primeras a nivel nacional, corolario del intenso proceso de internacionalización docente. Con posterioridad, bajo la dirección de Javier Martínez, se completa el conjunto de programas de mejora de la calidad de las enseñanzas, adelantándonos en diversas dimensiones a lo propugnado con motivo del Espacio Europeo de Educación Superior<sup>162</sup>.

Adicionalmente, no puedo dejar de mencionar la importante colaboración de profesores de nuestro centro en el Instituto de Ciencia de Materiales de Aragón (ICMA, 1985), desde sus comienzos, en particular de nuestro actual director del CPS, Rafael Navarro Linares. En otro orden de actividades, profesores de la Escuela impulsan diversas creaciones institucionales: el Taller de Inyección de la Industria del Plástico (TIIP, 1990), animado por Javier Castany Valeri; el Laboratorio de Investigación en Tecnologías de la Combustión (LITEC, 1990), promovido por César Dopazo García; o el Centro de Investigación sobre el Rendimiento de Centrales Eléctricas, alentado por Antonio Valero Capilla (CIRCE, 1993). Pero esencialmente centrado el ITA en el desarrollo e innovación industrial, hace falta un instituto de investigación de amplio espectro, y se concibe el Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón, el I3A, aunque su creación es demorada en el seno universitario hasta que hubo varias propuestas complementarias (2002); Manuel Doblaré Castellano se echó

sobre sus espaldas la dirección. Aunque pequeña, en esta constelación de iniciativas e instituciones sobresale la diversidad: las hay sectoriales, otras de amplio espectro; algunas más volcadas en el desarrollo y la innovación, otras en la investigación a medio-largo plazo. En cualquier caso, la materia, la energía y la información —los pilares de la técnica— tienen amplia representación. Resulta imposible relacionar el conjunto de iniciativas adicionales relevantes, por lo que he de excusarme ante tantos compañeros que han contribuido de forma significativa y no han sido mencionados. Valga como «atenuante» ante las ausencias que lo que se apunta en estas últimas páginas, sobre lo impulsado desde la fundada como ETS de Ingenieros Industriales de Zaragoza, son sólo elementos para un relato que espera aún tomar forma. En cualquier caso, pensamos que sobresale con claridad que se trata de dinámica y poliédrica ingeniería de sistemas.

#### 4. ... Y UN ÁMBITO DE INVESTIGACIÓN PLURIDISCIPLINAR

##### 4.1. *Sobre la necesidad de teorías para el diseño y operación de sistemas artificiales*

Como se mencionó, en la *Meditación sobre la Técnica* se afirma que ésta ha creado «un paisaje artificial», asimilándose la ingeniería «con la técnica por antonomasia». Pero ese «paisaje» generado nos hace dependientes de nuestras creaciones técnicas, cosa que muchos habrán podido comprobar de muy diversas formas. Ante un par de «simples» apagones, Antonio Muñoz Molina escribía recientemente:

Vivo rodeado de una multitud hacendosa de criados invisibles, de siervos dóciles y asiduos que jamás cometen errores ni me importunan con su presencia o con sus peticiones. [...] Pero] he conocido la inusitada rebelión de las cosas, la huelga universal de los criados invisibles, y lo que he sentido, sobre todo, es incredulidad y estupor, porque no había timbres, interruptores ni mandos que obedecieran a mi dedo índice, y el mundo que me rodeaba, tan ordenado, tan previsible, se disolvía de un minuto para otro en el desorden absoluto<sup>163</sup>.

Estas disfunciones ocurren debido a causas muy diversas, como pueden ser infradimensionamientos en partes del sistema, insuficiente mantenimiento, errores humanos en su gestión... Pero a lo anterior, dada la enorme complejidad de los sistemas técnicos actuales, particularmen-

te en el ámbito de las tecnologías de la información, cada vez se añaden con más importancia las insuficiencias «sutiles» de diseño, que probabilísticamente se traducen en fallos tras centenares de miles o de millones de operaciones «correctas». No es un hecho nuevo, sino más bien una constatación, el que con frecuencia los humanos hemos puesto en uso, con aceptable eficiencia para el momento, sistemas técnicos o conceptos incompletamente comprendidos, concebidos ante impulsos creadores, en ausencia de una suficientemente amplia y rigurosa base de conocimientos. Así, muchísimo antes de que Euclides defina una línea recta, los alarifes mesopotámicos las habían empleado con sus plomadas al construir las paredes de los zigurats. Antes de que Pitágoras formalice su teorema sobre los triángulos rectángulos, los agrimensores egipcios habían utilizado ese tipo de relaciones. Mucho más recientemente, «casi en nuestros días», funcionaron máquinas de vapor de doble efecto y reguladas, antes de que existan la termodinámica<sup>164</sup> o la automática<sup>165</sup> como disciplinas científicas. Para terminar, mucho antes de que la «conjetura de Kepler» haya sido demostrada<sup>166</sup>, para minimizar la ocupación en el suelo, los artilleros navales apilaban piramidalmente las balas de cañón, e igualmente los fruteros las naranjas (es decir, empleaban el empaquetamiento más denso posible para un conjunto de esferas de diámetro constante). En otros términos, sobre las relaciones causales entre técnicas y ciencias, en términos históricos amplios, se puede constatar que con enorme frecuencia las técnicas y sus corolarios, los artefactos, han precedido al establecimiento de los conocimientos científicos pertinentes: la ciencia, hija de la filosofía, es mucho más joven que la técnica. En efecto, la creación de herramientas con las que ayudarse en la transformación del entorno natural de los humanos antecede a la formación de conceptos y creación de objetos simbólicos, base sobre la que se construye la ciencia en un largo proceso de maduración, convirtiéndose en un recurso de primera magnitud para la técnica, estableciéndose entre ambas fructíferas relaciones de sinergia. Como dejó dicho muy gráficamente Santiago Ramón y Cajal, en *Los tónicos de la voluntad*<sup>167</sup>, «medrada andaría la causa del progreso si Galvani, si Volta, si Faraday, si Hertz, descubridores de la ciencia de la electricidad, hubieran menospreciado sus hallazgos por carecer entonces de aplicación industrial»<sup>168</sup>.

Se ha dicho acertadamente que la máquina de vapor, el artificio paradigmático por excelencia de la revolución industrial, «fue realizada por cabezas duras y dedos inteligentes», por hombres que «carecían de una educación sistemática en ciencia o tecnología»<sup>169</sup>. Pero, a pesar de la diferenciación esencialista, de misiones, entre las ingenierías y las ciencias naturales no se puede ocultar su estrecha y progresiva dinámica de colaboración, existiendo casos en los

que las líneas divisorias se tornan claramente difusas. No obstante, desde su génesis, la máquina de vapor o el motor de explosión, como infinidad de sistemas técnicos, han sido mucho más que la suma de los conocimientos científicos que se pueden aplicar en su diseño, y es que con carácter general se puede afirmar que los sistemas artificiales «son» mucho más que la simple suma de sus partes. Por ello, paralelamente a esos impulsos, es deber ineludible de la ingeniería, en adicionales tareas creativas, el desarrollar conceptos y métodos que racionalicen y optimicen, en sus muy diversas dimensiones, los sistemas pergeñados, que en suma completen nuestro saber sobre ellos. Hablamos del desarrollo de ciencias de lo artificial que, eventualmente, emplean como clase privilegiada de recursos conceptuales los aportes de las ciencias naturales, cuya influencia relativa no es homogénea, sino función del sector de actividad técnico-industrial. En definitiva, como precisa Carl Mitcham, el propio desarrollo de la tecnología ha llevado al de ideas y ciencias en las que «se asume comúnmente no que las teorías tecnológicas sean verdaderas, sino que las mismas funcionen y que el trabajo que realizan es bueno o útil»<sup>170</sup>.

#### **4.2. Métodos formales en ingeniería y noción de paradigma de modelado**

El empleo de métodos formales, eventualmente integrados en procedimientos y herramientas, no se cuestiona en sectores maduros de la ingeniería. Sin embargo, ello no es frecuente en los que aún se encuentran en fases emergentes, incluso si los sistemas que se consideran son tan complejos que escapan a una observación o experimentación apropiada. En ingeniería, los métodos formales impulsan a pensar con cierto detenimiento antes de actuar, siendo muy importante incorporarlos en los procesos de desarrollo, ya que ayudan a eliminar incompletitudes y contradicciones, a identificar propiedades, o a descubrir soluciones potenciales a los problemas planteados. Empleando formalismos se construyen modelos, proceso que permite mejorar la comprensión, debiendo hacerse de las pruebas formales un criterio de diseño. En suma, los métodos formales coadyuvan a diseñar, a detectar errores lógicos (¡que pueden manifestarse como fallos tras miles o millones de operaciones!), a dimensionar para obtener determinadas prestaciones, a sintetizar observadores y controladores, a guiar —incluso a automatizar— la implementación y la documentación, etc.

No obstante, los formalismos son a veces difíciles de usar, y requieren una formación científica que puede distar de elemental, pero es que las matemáticas (disciplina nada «natural», im-

pulsora de desarrollos y al tiempo fecundada desde multitud de ciencias), con la lengua y el dibujo, constituyen uno de los lenguajes tradicionales básicos de la ingeniería<sup>171</sup>. Desde mediados de los años ochenta del pasado siglo, los sistemas formales cuyas variables de estado se asumen como discretas (por ejemplo, que se codifican con números naturales) se han dado en llamar *sistemas (dinámicos) de eventos discretos*<sup>172</sup> (*discrete event systems*, en inglés; *systèmes à événements discrets*, en francés). En el presente contexto, *evento* es la abstracción de un cambio de estado, conceptualmente hecho singular, atómico e instantáneo; eventos y variables de estado desempeñan, en estos sistemas, papeles duales<sup>173</sup>. La complejidad de comportamientos en los sistemas de eventos discretos, con frecuencia contraintuitivos pese a una cierta ingenuidad aparente, ha hecho que se valore sobremanera la existencia y el desarrollo de métodos formales, un auténtico acervo cultural de la ingeniería<sup>174</sup>.

Quizás designio de Fortuna, pues me gradué en Ingeniería Industrial, especialidad Química, gran parte de mi actividad investigadora se ha desarrollado en el marco de los sistemas de eventos discretos, ámbito de carácter transversal, en la encrucijada de disciplinas tan jóvenes, pero al mismo tiempo hoy firmemente asentadas, como la Automática, la Informática y la Investigación de Operaciones<sup>175</sup>. Ello nos ha proporcionado la oportunidad de traspasar fronteras, lo que dota a la aventura de la investigación del aliciente adicional de las pequeñas transgresiones. En contrapartida, a veces se nos han dejado oír expresiones cuyo «apesadumbrado» tenor se puede ilustrar con un «no sois ‘totalmente’ de los nuestros», simple indicador de que las ciencias son construcciones sociales, realizadas por comunidades, aunque éstas no posean constituciones ni reglas especialmente formalizadas.

Tradicionalmente, para las diversas fases del ciclo de vida de un cierto sistema se emplean formalismos *independientes*, no relacionados o muy débilmente relacionados entre sí, vislumbrándose, salvadas las distancias, una situación tildable de «babélica». Así ocurre si para la descripción funcional de sistemas secuenciales se emplean los *diagramas de estado* o los *ASM* (*algorithmic state machines*); para la evaluación de prestaciones las *cadena de Markov*, las *redes de colas* (innumerables variantes), o las *álgebras «max/+»*; para los problemas de planificación o de control de prestaciones (*scheduling*) los *PERT* o los *grafos conjuntivos/disjuntivos*; etc. Pero el progreso en la esfera de lo conceptual y lo operativo no consiste en amontonar formalismos y métodos particulares, sin el debido análisis crítico: la vacua diversidad es inflación, más bien un lastre. Reducir el pluralismo «aparente» es algo inherente a la evolución competitiva de la ciencia y la técnica. Quede constancia de que la idea esbozada no ha de llevar de ningún

modo a concluir sobre la existencia de un único marco conceptual integrador de todos los preexistentes, una especie de formalismo límite, universal, variante inmaterial de la *piedra filosofal*. La pretensión enunciada va, simplemente, en la línea de reducir la diversidad aparente, de aumentar la sistematicidad, de tratar de emplear formalismos que, aunque diferentes, estén relacionados y compartan un sustrato conceptual común, cuando sea posible. Ello redundará en economías conceptuales y operativas, fomenta sinergias y mejora las expectativas de su coherencia, dado que no ha lugar a replantearse *ex novo*, en cada fase, el modelado del sistema en estudio.

El término *paradigma* evoca en castellano la idea de «ejemplo o ejemplar» (*DRAE*). En el contexto de los trabajos de filosofía de la ciencia, bajo una perspectiva historicista, Thomas Kuhn le atribuye diversos significados, no siempre claramente explicitados. Entre ellos, en acepción sociológica, se refiere a una comunidad científico-técnica que comparte objetivos. En acepción más conceptual, un paradigma es «una forma de percibir, conceptualizar, actuar, validar y valorar asociada con una imagen particular de la realidad que prevalece en una ciencia o rama de ésta»<sup>176</sup>. En nuestra acepción, un *paradigma de modelado* es un marco conceptual que permite obtener formalismos diferentes pero «próximos», utilizables armónicamente en diversas fases del ciclo de vida de un proceso, que comparten principios y conceptos básicos. Por expresarlo en términos muy coloquiales, completamente alejados, meramente metafóricos, las lenguas romances, construidas sobre el sustrato del latín, permiten una comunicación «relativamente fácil» entre castellanos, catalanes, franceses, gallegos, italianos o rumanos (si no, piénsese, como contraste, en una reunión con personas que sólo hablan su lengua nativa, siendo éstas: árabe, castellano, chino, finlandés, quechua y suahili). El latín constituye ese sustrato compartido por las diferentes lenguas (metáforas de formalismos). Modelos como las redes de Petri *autónomas* (que admiten un no-determinismo total sobre las posibilidades que se describan), las muy diversas formas de *redes temporizadas* (estocásticas, deterministas, o a intervalos), o los *diagramas de mercado* pertenecen al mismo «tronco» conceptual, forman parte de un paradigma de modelado. Justamente a precisar y enfatizar el interés del paradigma de modelado de redes de Petri en su conjunto, a desarrollar conceptos y técnicas de análisis y síntesis, así como a tratar de interconectar resultados dispersos en ese marco, hemos dedicado una parte sustancial de nuestros esfuerzos, aproximación estratégica que nos ha exigido una importante motilidad relativa en la frontera de las disciplinas antes mencionadas.

### 4.3. El paradigma de redes de Petri

Entre los sistemas técnicos complejos que se conciben y realizan, son muy diversos aquellos a los que resulta inherente o singularmente adecuada una lógica (no monótona) de producción/consumo, lo que conlleva ideas como transformación, sincronización, conflicto, ensamblado, desensamblado, empleo de recursos pasivos... En suma, capacidad de modelar delicados entrelazamientos entre relaciones de cooperación (entre agentes) y de competencia (por recursos). Entre otros sistemas, se encuentran, por ejemplo, los de manufactura o procesamiento, las redes de transporte (de pasajeros, de mercancías, de energía, de datos...) o los sistemas de gestión de flujos de trabajo. En este punto he de confesar que mi adhesión a las redes de Petri, singularmente adecuadas al modelado de sistemas con una lógica preferente de producción/consumo, a su análisis (lógico y de prestaciones), síntesis (control supervisor, *scheduling...*), e implementación (eventualmente tolerante a fallos) ha sido una opción preferente, grandemente mayoritaria, aunque no exclusiva. Su belleza y simplicidad conceptual en conjunción con la potencia descriptiva, nos han atraído siempre<sup>177</sup>. No obstante, sabiendo de la diversidad de aproximaciones que se desarrollan —proponen y olvidan— en paralelo, resulta difícil predecir su supervivencia a largo plazo, aunque muy diversos indicadores se muestran favorables. En cualquier caso, el mantenimiento de su interés será, cuando menos, tan exigente como el requerido para la supervivencia en procesos de «selección natural», en cierto modo darwinianos, porque no se ha de ocultar la existencia de sistemas particularmente complejos no (fácilmente) modelables. Ahora bien, extensiones «menores» del formalismo básico (arcos inhibidores, prioridades, extensiones interpretativas temporales...) posibilitan la simulación de máquinas de Turing, incrementándose al unísono las capacidades descriptivas teórica y práctica, pero perdiéndose drásticamente en capacidad analítica. Es decir, las redes de Petri se pueden ver como un compromiso «frontera», aunque difícil, entre capacidad descriptiva y analizabilidad. Por último, quede apuntado que, entre otras cosas, pero muy principalmente por su «juventud» y polifaceticismo, no existe para los sistemas de eventos discretos un marco formal único, aceptado con idéntico consenso que las ecuaciones diferenciales en el marco de los sistemas modelados como continuos. Por ello han sido también objeto de nuestra atención las transformaciones o puentes interparadigmáticos, particularmente con las álgebras de Procesos<sup>178</sup>.

Sin adentrarnos en el devenir de su definición, conviene señalar que las redes de Petri se pueden presentar a partir de:

1. Presupuestos *axiomáticos*, la aproximación del propio Petri.
2. La noción de *sistema dinámico discreto* (con variables discretas), por analogía a las *ecuaciones de estado* en sistemas continuos (representación interna), lo que lleva en primera instancia a los *Sistemas de Adición de Vectores* (VAS, en inglés).
3. Por «extensión» de los *autómatas finitos*, añadiendo la identificación expresa de transiciones y la multiplicidad de relaciones locales.
4. Por codificación de los estados de un autómatas (*teoría de Regiones* en grafos).
5. A partir de la *Lógica Lineal* de Girard (cálculo de *Secuentes*).

Valga el comentario anterior para señalar que, desde muy distintos puntos de vista, se llega a formalismos de la familia (existen matices diferenciadores que no cabe apuntar aquí), de donde se puede afirmar una cierta *relevancia* para el marco conceptual, aun sabiendo de la existencia de limitaciones expresivas. Por otro lado, son frecuentes en la literatura los trabajos en los que, ante nuevas propuestas sobre formalismos para sistemas de eventos discretos o programación de computadores, se toman a las redes de Petri como herramienta para formalizar o ilustrar su semántica. En suma, tanto desde el punto de vista meramente conceptual como del aplicativo-conceptual, las redes de Petri muestran una inequívoca *centralidad*.

Resultaría imprudente en el contexto de esta lección abordar la definición de la redes de Petri, grafos bipartidos valorados y provistos de una determinada semántica, o esbozar sus teorías de análisis, de síntesis o de implementación, por lo que nos limitaremos a apuntar algunas de sus características básicas.

Entre los formalismos clásicos para sistemas de eventos discretos con un solo tipo de nodos y arcos, que expresan conexión causal, se encuentran los *diagramas de estado* o los PERT, por ejemplo. En el primer caso, los nodos representan estados globales del sistema dinámico, mientras que en el segundo corresponden a las actividades, siendo sobre los arcos donde se materializa, descentralizada y parcialmente, la función de estado. La lógica inherente al primer tipo de formalismos es «O/O»: desde un estado se puede ir a un estado «O» a otro (conflicto); a un estado se puede llegar desde uno «O» otro (atribución o convergencia). La lógica en los PERT es diferente, «Y/Y»: una tarea requiere diversos estados parciales (disponibilidad de recursos dados), y puede lanzar varias actividades en paralelo. Es decir, en el primer caso se tienen posibles encaminamientos por rutas alternativas y convergencias, pero no existe noción de para-

lelismo; por consiguiente, no hay sincronizaciones (*rendez-vous*) ni lanzamientos paralelos (*forks*). En el caso de los PERT, se tienen justamente las cualidades duales: paralelismo (con sincronizaciones y lanzamientos simultáneos), pero no encaminamientos alternativos (ni conflictos, ni atribuciones). Sin considerar cuestiones sobre la interpretación, en *redes de colas* de tipo Jackson o de Gordon-Newell, desde una óptica de sistemas basados en una lógica cliente/servidor, cada nodo del grafo representa un par «estación de servicio (que puede tener uno o varios servidores)-cola», estando determinado el estado (leyes estocásticas exponenciales) por el número de clientes en cada cola. Se trata de un formalismo tipo «O/O», pero con estado distribuido, compuesto por los estados parciales del conjunto de colas.

Provistas de las extensiones interpretativas adecuadas, las redes de Petri permiten generalizar ampliamente la capacidad descriptiva de los mencionados formalismos. Se basan en dos tipos básicos de nodos, denominados *lugares*, P (variables locales de estado, nodos «O»), y *transiciones*, T (transformadores locales de estado, nodos «Y»), de donde se pueden establecer lógicas «O/O», «O/Y», «Y/O» e «Y/Y». Por razones históricas, el valor de las variables de estado —que es distribuido— se denomina *marcado*. Aunque con mayor generalidad, las redes de Petri son *grafos bipartidos*, al igual que las *redes de colas*, donde coexisten colas y estaciones (con servidores), o como los *diagramas de Forrester*, donde, empleando el símil hidráulico, coexisten depósitos y válvulas. Sólo con el ánimo de situar algunas de sus características básicas conviene señalar los siguientes puntos:

1. Su evolución dinámica sigue una *lógica de producción/consumo*: se requieren los recursos (clientes, herramientas, servidores) en la conexión de lugares a transiciones (función *Pre*); se producen los recursos indicados por la función *Post*, de transiciones a lugares.
2. Los *estados (lugares)* y los *transformadores (transiciones)* son *locales*, de donde los modelos se pueden construir ascendente (*bottom-up*), o descendentemente (*top-down*). Corolario de su modularidad es la capacidad para *re-usar* diseños previos en instalaciones con funciones similares, y para crear funciones *no-primitivas* de interés práctico en diferentes dominios de aplicación. Ello ayuda a resolver un compromiso general en ingeniería entre los requisitos científicos, donde la minimalidad en el número de primitivas básicas (y su «ortogonalidad») es particularmente relevante para el desarrollo del marco conceptual, y los prácticos, donde singularmente se valora una rica «paleta» de objetos y operadores, apropiados para las situaciones más frecuentes.

3. Elevada *capacidad descriptiva*, a pesar de la minimalidad en el número de conceptos y objetos básicos: *secuencias, conflictos, atribuciones, sincronización y lanzamientos paralelos*. Ello lleva a un modelado directo de relaciones de *conurrencia* (por ejemplo, exclusión mutua en el empleo de un recurso compartido) y de *cooperación* (ensamblajes, tratamientos por lotes...).
4. *Compacidad en la descripción*, debido a la representación distribuida (numérica o simbólica, con base para tratamientos algebraicos) del estado, en comparación con las representaciones secuencializadas.
5. Capacidad de modelar la *conurrencia real* (no de entrelazado), de donde se deriva el *realismo temporal* (esencial para evaluación de prestaciones o síntesis de políticas de *scheduling* o control), también corolario de la localidad de estados y sus transformadores.
6. *Semántica formal/precisa*, por lo que es posible realizar análisis rigurosos, automatizar la generación de implementaciones o de la simulación (bien como interfase gráfica, bien para evaluar prestaciones).
7. *Extensibilidad* del formalismo permitiendo complementar su semántica de formas diversas con variadas *extensiones interpretativas*, donde se pueden incorporar eventos físicos, acciones, tiempos..., es decir, enriquecer su relación con el entorno. Con ello se pueden definir formalismos específicos para diversas fases del ciclo de vida.
8. Existencia de *teorías de análisis* (para redes autónomas o provistas con extensiones interpretativas) con tres aproximaciones complementarias: enumerativa, de reescritura (transformaciones) y estructural (basada en la teoría de grafos y en la programación matemática).
9. *Independencia de las tecnologías de implementación* (cableadas, microprogramadas, programadas...). Natural capacidad para su implementación *distribuida* (basada, una vez más, en la localidad de lugares y transiciones).

Desde nuestra perspectiva, el mencionado paradigma de modelado se conforma merced al conjunto de formalismos que define la composición: *interpretaciones posibles* vs. *niveles de abstracción* en redes (*elementales*-booleanas; *lugar/transición*-numéricas; *coloreadas* o *predicado/transición*-simbólicas; etc.)<sup>179</sup>. La idea germen nace de los esfuerzos por construir una teoría que enlace las correspondientes a modelos lógicos y de prestaciones<sup>180</sup>, sistematizando posteriormente

la definición de las diversas extensiones interpretativas por analogía a formalismos «clásicos» que se pueden «ver» como definidos a partir de grafos dirigidos no bipartidos<sup>181</sup>.

Asumiendo decidibilidad<sup>182</sup>, los métodos utilizados en la verificación de redes de Petri se pueden clasificar —en muy primera instancia— en enumerativos y estructurales. En las técnicas de enumeración, si el sistema es limitado (o acotado), el primer paso consiste en computar exhaustivamente el grafo de alcanzabilidad de estados. Asumiendo acotación, ese grafo puede ser empleado como modelo por un sistema de comprobación (*model checking*). Las dificultades de este tipo de aproximaciones son importantes por tres razones básicas: el carácter fuertemente explosivo que puede tener el tamaño del espacio de estados<sup>183</sup>, la validez restringida de todo el cálculo (que queda estrictamente limitada al estado inicial considerado) y la obtención de una visión secuencializada del comportamiento del sistema. No obstante, en ausencia de otras soluciones, es una aproximación de gran importancia práctica, que a diferencia de la simulación busca la demostración de propiedades. Sin embargo, si los métodos formales de derivación o cálculo no permiten concluir, la simulación puede (muchas veces tiene que) considerarse como «último recurso». En esencia, los simuladores generan «trayectorias particulares» del modelo, por lo que en general son de una racionalidad acotada: sus resultados pueden no ser en absoluto significativos del comportamiento del sistema en estudio, aunque, si el azar así lo dispone, pueden ser útiles para detectar violaciones de propiedades lógicas de *seguridad* (las que buscan demostrar que nada malo puede ocurrir), pero escasamente eficaces para demostrar otras de *vivacidad* (las que expresan que siempre algo bueno, deseable, puede ocurrir; denominación acorde con la máxima ciceroniana: «mientras hay vida, hay esperanza»)<sup>184</sup>. En su haber positivo, para modelos estocásticos se puede anotar su utilidad en el análisis de prestaciones si son ergódicos, o la existencia de técnicas de determinación de sensibilidades en las prestaciones a partir de datos de una única trayectoria<sup>185</sup>. En cualquier caso, si bien las simulaciones tienen una utilidad formal claramente acotada, en la práctica permiten ganar confianza en los análisis o en los diseños, sobre todo cuando no existen alternativas de análisis riguroso.

La existencia de sistemas informáticos en continua y espectacular mejora de capacidades computacionales ha permitido abordar, por enumeración o simulación, estudios hace muy pocos años inimaginables. Sin embargo, como efecto inducido, se está haciendo patente una sobrepresencia de métodos de análisis de «fuerza bruta» —aunque con algunos refinamientos—, integrados en herramientas informáticas, frente a la exploración de procedimientos basados en una comprensión más profunda de los comportamientos posibles. Si no fuera porque en el es-

tado actual de nuestros conocimientos —lo más probablemente, ¡por siempre jamás!— se pueden escribir fácilmente modelos no analizables rigurosamente, cabría reprochar a las simulaciones y métodos enumerativos una cierta pereza intelectual.

En los métodos estructurales de análisis, segundo rasgo estratégico distintivo de nuestra investigación, la idea básica es la obtención de información útil acerca del comportamiento, relacionándolo con la estructura de la red, tomando el marcado inicial (las condiciones iniciales) como parámetro. Las ventajas cruciales de este segundo tipo de aproximación son una mejor comprensión de las propiedades del sistema objeto de estudio, y la eventual obtención de algoritmos más eficientes. Ello no obsta para reconocer que la investigación en esta línea es un camino difícil, por terreno agreste y escarpado, donde junto a alguna fragante rosa silvestre, con frecuencia se hacen presentes las espinas.

Se podría decir que las técnicas de enumeración se «corresponden» con las de integración numérica de las ecuaciones diferenciales (o en diferencias), mientras que las estructurales, salvando las distancias, tratan de disponer de fórmulas (algoritmos) expresivas de propiedades, parametrizadas por el marcado inicial. Nuestro interés conceptual ha estado siempre más próximo a este segundo tipo de aproximación, aun sabiendo de su dificultad intrínseca. Por ejemplo, considerando redes autónomas (completamente no-deterministas, sin extensiones interpretativas), se han empleado conceptos y técnicas de transformación-reescritura, de teoría de grafos o de programación matemática<sup>186</sup>. Del mismo modo que en ecuaciones diferenciales, por ejemplo, se estudian subclases para obtener expresiones cerradas de su integración o propiedades cualitativas de interés (estabilidad, ausencia de ciclos límites...), desde sus comienzos en los años sesenta del pasado siglo, en el marco de las redes de Petri han sido importantes estudios semejantes.

Dado que la gran complejidad de comportamientos representables con redes se debe a entrelazamientos intrincados entre las relaciones de cooperación y de competencia, parte de nuestra estrategia en el estudio estructural ha consistido en considerar subclases de modelos en los que aparecen de forma atenuada una u otra relación<sup>187</sup>. Provistas las redes con interpretaciones temporales estocásticas (asociando duraciones a los trabajos representados por las transiciones, estaciones con servidores según la terminología de redes de colas), las técnicas estructurales han permitido cálculos muy eficientes de cotas de prestaciones y, en algunos casos, de valores aproximados o exactos<sup>188</sup>. Ni que decir tiene, las aproximaciones enumerativas y estructurales se pueden combinar en la práctica para comprobaciones lógicas o calcular

las prestaciones de un sistema dado. Dos de los dominios técnicos a los que mayor atención les hemos otorgado son los sistemas de producción (manufactura)<sup>189</sup> y la ingeniería de programación (software)<sup>190</sup>.

En la lucha casi titánica contra la explosión en el número de estados a la que han de hacer frente el análisis y la síntesis de los sistemas de eventos discretos, la *continuización* de los modelos es una relajación prometedor, sobre todo si se trata de sistemas con poblaciones (piezas, herramientas, mensajes, etc.) cuantitativamente importantes. Ahora bien, el precio que se paga es, por un lado, la existencia de propiedades no analizables en los modelos relajados (la exclusión mutua, la diferenciación entre estados de acogida y reversibilidad...); por otro lado, no todo sistema discreto admite una razonable aproximación continua, incluso si se desea verificar propiedad tan relevante como pueda ser la ausencia de bloqueos. Dicho de otro modo, incluso propiedades lógicas importantes del modelo relajado pueden no ser necesarias ni suficientes para las del correspondiente modelo discreto, algo por completo similar a lo que ocurre si linealizamos una ecuación no-lineal arbitraria; sin embargo, en el lado positivo, en los modelos relajados algunas propiedades se hacen decidibles, o su cómputo puede llegar a ser incluso en tiempo polinomial.

Parte sustancial de nuestras preocupaciones en este ámbito durante el recientemente estrenado siglo XXI se ha dedicado a las redes de Petri continuas<sup>191</sup>. La introducción del formalismo se remonta a 1987, hace casi dos décadas, en la séptima edición del entonces denominado *International Workshop on Petri Nets Applications and Theory*, que se celebró en Zaragoza, singularmente en nuestro Edificio Paraninfo. La fuente de inspiración de René David para introducir semejante relajación fue la fluidificación de las redes de colas en investigación de Operaciones. Es justo una curiosa coincidencia que en el mismo encuentro, con José Manuel Colom, propusiéramos el empleo sistemático de la programación lineal para el análisis estructural de las redes de Petri (discretas), trabajando con la ecuación fundamental o de transición de estado. En realidad, nuestra simple propuesta, profusamente utilizada con posterioridad, puede ser rephraseada como relajar problemas de redes formulados en programación entera a programación lineal, para obtener condiciones suficientes (o necesarias) para el análisis de propiedades cualitativas, o cotas para las cuantitativas. En ambos casos se trataba de redes no temporizadas. La diferencia fundamental es que posteriormente David y Alla fluidificaron modelos temporizados a nivel de red, abriendo la posibilidad de estudiar el transitorio, mientras que con Javier Campos nos ocupamos, en ese punto, del cálculo de cotas del régimen permanente del

modelo discreto (ecuaciones algebraicas de balance). En cualquier caso, como el Monsieur Jourdain de Molière, sin saberlo, «hablábamos un dialecto muy próximo a las redes de Petri continuas», que, por otro lado, a pesar de su nombre, son modelos técnicamente híbridos<sup>192</sup>. En realidad, fui completamente consciente de ello hace unos pocos años: cuando preparaba una conferencia con la que fui honrado para abrir la jornada científica organizada para celebrar la jubilación de René David.

Rasgo diferencial de nuestra aproximación con las redes continuas, esencialmente analítico-algorítmica, ha sido tratar de integrar conceptos y métodos de las tres disciplinas fundamentales que contribuyen al análisis y síntesis de los sistemas de eventos discretos: la Automática, la Informática y la Investigación de Operaciones. De forma muy simplificada, en un primer tiempo se estudiaron los nuevos formalismos (se obtienen varios según la semántica de servicio —disparos— que se adopte) en el ámbito de la teoría de sistemas, estableciendo puentes con resultados en redes discretas<sup>193</sup>, comparándolos ulteriormente con propuestas alternativas como puedan ser los diagramas de Forrester o los sistemas positivos, eventualmente compartimentados; posteriormente, se ha acercado nuestra indagación a conceptos y métodos de la teoría de control automático<sup>194</sup>, aproximación que se ha completado últimamente con criterios de observabilidad y controlabilidad, así como con técnicas de construcción de observadores, o de leyes de control que garanticen la convergencia asintótica. En este punto conviene resaltar que, por ejemplo, la observabilidad de sistemas diferenciales lineales conmutados, clase a la que pertenecen los modelos de redes continuas, es un problema indecidible. Sin embargo, para las redes continuas bajo semántica de «infinitos servidores», que, por otra parte, muestran la «mejor aproximación» en la mayoría de casos prácticos, algo rigurosamente demostrado para determinadas subclases de redes, el problema es decidible. Dicho de otro modo, las redes continuas que consideramos —a pesar de estar obtenidas por relajación de las discretas— se presentan también como una clase de «formalismo frontera», cuyo análisis de propiedades básicas se torna fácilmente indecidible ante «pequeñas» generalizaciones. Aproximándonos a planteamientos más informáticos, con la inestimable colaboración de Serge Haddad, hace muy poco se ha demostrado que la expresividad teórica de las redes continuas temporizadas bajo semántica de infinitos servidores (en realidad, algo «tan simple» en apariencias como ecuaciones diferenciales ordinarias e invariantes, provistas de operadores de mínimo) es tan importante que se pueden simular máquinas de Turing. Consecuencia de ello, problemas tan básicos como la existencia de un régimen permanente para sistemas no forza-

dos (i. e., no controlados) es indecidible. A pesar de que este último lustro ha permitido significativos avances en la comprensión de las redes de Petri continuas, muchos problemas esenciales están aún sin resolver<sup>195</sup>.



En suma, visión global de los sistemas de eventos discretos, más recientemente también de los híbridos, a través del ciclo de vida, en el marco de un paradigma de modelado basado en redes de Petri y análisis estructural son las dos líneas estratégicas que caracterizan nuestra aproximación. Abogamos por la articulación de los formalismos, lo que no excluye la cooperación entre los de naturaleza radicalmente diferente. Nuestro objetivo, modesto sin duda, concierne a la integración de algunos intereses fragmentarios, de diversas visiones o disciplinas en un marco común. Nos interesa la búsqueda de estructuras y pautas que aporten orden y simplicidad a nuestro conocimiento. Pero ello no ha de llevar a posiciones reductoras, a una única clase de formalismos. La realidad es mucho más rica. El estudio de los objetivos que se pueden definir para un sistema complejo requiere, con frecuencia, diversos modelos, a distintos niveles de abstracción, reflejando «visiones» diferentes, manejando informaciones de distinta naturaleza. Del mismo modo que al acercarnos a una escultura tratamos de observarla desde distintos puntos de vista, a veces puede ser útil describir un sistema empleando formalismos pertenecientes a diferentes paradigmas de modelado. El establecimiento de puentes interparadigmáticos (o el conocimiento de su inexistencia) es tema de gran interés conceptual y práctico.

Segundo rasgo diferencial, pero no exclusivo, de nuestra aproximación es la búsqueda de relaciones, parametradas por el estado inicial, entre la estructura de los modelos y sus comportamientos. En definitiva, del desarrollo de técnicas analítico-algorítmicas basadas en la estructura de los modelos, enfatizando la búsqueda de «porqués» con respecto a propiedades de las trayectorias, frente a métodos enumerativos de comprobación o de simulación, a los que, sin embargo, concedemos un enorme valor práctico.

No obstante, las insuficiencias epistemológicas y prácticas que presentan los métodos formales son, por una parte, muestra palpable de que la ingeniería no se puede reducir a aplicación de conocimientos científicos; de que pese a su trascendencia, los métodos formales son sólo instrumentos; de que la intuición, la experiencia, el arte del ingeniero serán insustituibles. Por otra parte, ello evidencia un desafío inexcusable: la mejora de los fundamentos científicos

de la concepción —proyecto o diseño— y operación eficiente de sistemas; en suma, de esta profesión, intelectualmente muy exigente, al menos desde el Siglo de las Luces, en que se institucionaliza, y, sin embargo, joven en nuestra «plaza universitaria».

## 5. PARA TERMINAR...

Quisiera significar que esencialmente he pretendido transmitir que la situación y consideración actual de la universidad española, masificada si se quiere, con muy diversas dificultades, es singular en términos históricos. Que es nueva por su misión y por la extensión de saberes que contempla. Que, aunque tras complejo, controvertido, dilatado y relativamente reciente proceso, las enseñanzas técnicas están hoy plenamente integradas en el marco universitario. Que la autonomía de que gozamos es ante todo una llamada a nuestra mayor incumbencia y autoexigencia, para no defraudar la confianza depositada por la sociedad. Que en momentos de contracción de la demanda estudiantil, más que nunca, la renovación y creación de nuevos estudios debe basarse en una definición de objetivos «rigurosa» y diferencial, inexcusablemente la excelencia entre ellos. Que aun no correspondiéndome juzgar si la experiencia de creación de nuestra Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, hoy Centro Politécnico Superior, ha sido exitosa o no, no puedo dejar de pensar que la ausencia de adecuada planificación suele conducir a la pérdida de eficiencia, si no a azarosos resultados. Que, afortunadamente, son diversos los grupos de investigación de la universidad alineados con las corrientes internacionales de su especialidad y que participan activamente en las tareas de dirección de las comunidades respectivas. Que nunca se tuvo tan importante interacción con el entorno socio-económico y cultural.

Sin embargo, de ningún modo quisiera que en mis palabras se advierta autocomplacencia. Somos conscientes de que, si la mejora ha sido importante, largo es el camino por recorrer para llegar a los niveles globales que disfrutan las instituciones de referencia allende las fronteras. Que no basta con mejorar, porque los demás también mejoran, que hay que avanzar a mayor velocidad, pero teniendo presente que innovar no es sinónimo de mejorar. Que sabemos de empresas que han llegado a pasar dificultades importantes por «mal innovar». Que, por ejemplo, en ambientes cuasi-tropicales «innovar arquitectónicamente» ha conducido en algún caso estrambótico a copiar-adaptar edificios pensados para latitudes escandinavas, lo que ofrecía sin duda imágenes análogamente sugestivas. Pero frente a la economía de operación y a la sensación

de confort que se disfruta al entrar en una tal construcción cerca del ártico, el desasosiego que crea el efecto invernadero, buscado para el primigenio edificio, no es fácilmente superable en el segundo caso, amén del coste que supone la siempre insuficiente refrigeración necesaria. En otros términos, que un mismo objeto u ordenación puede ser confortable abrigo o dantesco recinto, en función de su entorno. Que no se deben llevar a cabo reformas trasplantando simplemente esquemas foráneos, cuando las realidades socio-económicas subyacentes no son similares. En otros términos, la innovación es condición necesaria pero no suficiente para el objetivo, que es progresar. Por ello, abogo por el mantenimiento de los elementos de nuestra tradición para los que no se constate fehacientemente su obsolescencia en nuestro entorno socio-cultural; tanto los misoneísmos como los filoneísmos radicales son patologías del comportamiento.

En fin, simplemente espero, como circunstancial mandatario para estimular «al estudio con una oración retórica», a pesar del «torpe aliño» de mis palabras, haber incitado para cumplir, en este año académico que ahora se inaugura, con la misión que la sociedad nos tiene encomendada.

He dicho.

## NOTAS

<sup>1</sup> No ha lugar precisar aquí el concepto de sistema. Una aproximación sugestiva se presenta en J. Aracil, *Máquinas, sistemas y modelos. Un ensayo sobre sistémica*, Tecnos, Madrid, 1986.

<sup>2</sup> Su empleo en castellano parece consolidarse gracias a Leonardo Torres Quevedo, impulsor y director del Laboratorio de Automática (creado en 1910 a partir del Laboratorio de Mecánica Aplicada, a su vez fundado en 1907) y por la publicación de su texto «Ensayos sobre Automática. Su definición. Extensión teórica de sus aplicaciones», *Revista de la Real Academia de Ciencias*, Imprenta Renacimiento, Madrid, 1914. Traducido al francés, se publica al año siguiente en la *Revue Générale des Sciences Pures et Appliquées*, vol. 2 («Essais sur l'Automatique. Sa définition. Étendue théorique de ses applications»).

<sup>3</sup> Con carácter general, las cifras entre paréntesis tras un término datan la aparición en castellano, según J. Corominas, en su *Breve diccionario etimológico de la lengua castellana*, Gredos, Madrid, 1973. Aunque algunas fechas podrían adelantarse, por uniformidad, a lo largo del presente texto siempre se empleará la misma referencia para la datación.

<sup>4</sup> Esta acepción recoge la herencia remota de los automatistas, mecánicos, de la época helénica (aparte de los trabajos de Arquímedes, Ketsibio y Filón de Bizancio, merecen especial mención las contribuciones y recopilaciones que Herón de Alejandría, 85 d. C., realiza en su *Autómata*). Se trata de aparatos, esencialmente entretenimientos más o menos complejos, que realizan un programa fijo. De forma más directa, la acepción castellana proviene de los automatistas franceses y suizos de los siglos XVII y XVIII, constructores de ingeniosos juguetes mecánicos, cuyos principios de funcionamiento se integran más tarde en las máquinas de la primera revolución industrial. Quizás sea J. Vaucanson (1709-82) el más significado automatista de esta época. Inspector de las manufacturas de la seda en Francia, a diferencia de los automatistas griegos, en él confluyen el divertimento y las preocupaciones técnicas por los procesos productivos; es decir, ejerce como auténtico ingeniero mecánico. Entre otros inventos se le debe el primer telar automático. Con J. M. Jacquard (1752-1834) se culmina, en cierto modo, el comienzo de la integración de la ingeniería de mecanismos en los procesos productivos: en 1801 aplica con éxito las tarjetas perforadas, como soporte de un programa de trabajo (conjunto de secuencia de operaciones). La selección de las tarjetas perforadas define el tipo de tejido que se desea realizar. Estos artefactos constituyen el precedente histórico de los sistemas de control numérico de las máquinas herramientas. J. Ortega y Gasset (v. *Meditación de la Técnica y otros ensayos sobre Ciencia y Filosofía*, Revista de Occidente, Madrid, 1939; reed.: Revista de Occidente, Alianza Editorial, Madrid, 1982, pp. 81 y ss.) enfatiza la diferencia entre instrumento y máquina, a la que considera instrumento que ha de actuar por sí mismo, haciendo que la técnica deje de ser «manipulación, maniobra, y se convierta *stricto sensu* en fabricación. [...] En la máquina, en cambio, pasa el instrumento a primer plano y no es él quien ayuda al hombre, sino al revés: el hombre es quien simplemente ayuda y suplementa a la máquina». A la máquina de hilar creada por Richard Roberts en 1825, denominada *self-acting mule* (de donde procede la palabra *selfactina*), Ortega le otorga el carácter de primera máquina en sentido propio: la mecanización como precursora de la automatización.

<sup>5</sup> Torres Quevedo divide «los autómatas en dos grupos, según que las circunstancias que regulan su acción actúen de un modo continuo, o que, por el contrario, lo hagan bruscamente, por intermitencias». Los primeros son sistemas continuos que considera en el marco de la Mecánica y con enlaces invariables. Afirma que sus problemas son «de la misma especie que todos los estudiados en la Cinemática aplicada a la construcción

de máquinas». Para los segundos, sistemas de eventos discretos, afirma que «es evidente que el estudio de esta forma de la automatización no pertenece a la Cinemática». Es más, señala que «esa deficiencia debería corregirse agregando a la teoría de las máquinas una sección especial: la *Automática*, que examinara los procedimientos que pueden aplicarse a la construcción de autómatas dotados de una vida de relación más o menos complicada». (A modo de anécdota se puede indicar que todavía a finales de los años setenta, en las oposiciones a las plazas del grupo XXXIII de Ingeniería Industrial, *Automática*, podían participar los profesores de *Cinemática y Dinámica de Máquinas*.) Para Torres Quevedo, «el principal objeto de la Automática es que los autómatas tengan discernimiento», lo que significa que deben trabajar con realimentación, en bucle cerrado con respecto al entorno. Estableciendo una analogía antropomórfica, explica que para ello deberán tener *sentidos* (además de *miembros y energía* suficiente).

<sup>6</sup> En ese ámbito existe una amplísima gama de autómatas, modelos formales para describir máquinas procesadoras de información (entre éstos, la máquina de Turing). En tal sentido, la definición de máquina en las dos acepciones primeras del *DRAE*: «Artificio para aprovechar, dirigir o regular la acción de una fuerza» o «conjunto de aparatos combinados para recibir cierta forma de energía y transformarla en otra más adecuada, o para producir un efecto determinado» es incompleta, pues trasluce una idea de máquina como dispositivo mecánico-energético, propia incluso de la revolución industrial, que no recoge la noción de información. Una definición más genérica de máquina, que se ajusta mejor al ámbito de nuestra actuación, es la de «sistema en el que existe una correspondencia específica entre una energía o información de entrada y la de salida» (*Dict. Le Petit Robert*, 1973).

<sup>7</sup> Grupo de Ingeniería de Sistemas de Eventos Discretos, integrado en el Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A) de nuestra universidad.

<sup>8</sup> Grupo de Robótica Percepción y Tiempo Real, también perteneciente al I3A.

<sup>9</sup> Básicamente mediante brochazos gruesos y algunas pinceladas sinuosas en colores complementarios, para obtener una trémula imagen, para animarla ante nuestros ojos.

<sup>10</sup> En realidad, las cuatro más que centenarias facultades de nuestra universidad —Derecho, Medicina, Filosofía y Letras, y Ciencias— representan un 24% del alumnado en la actualidad.

<sup>11</sup> Sólo se integran las escuelas técnicas superiores, mientras que las de grado medio se agrupan con las enseñanzas laborales. El Instituto Politécnico Superior de Madrid se crea por el mismo Decreto 209/1966, del 2 de febrero (*BOE* del 3).

<sup>12</sup> Con «literarias» se distinguen de las «Universidades de vecinos o concejiles». Recuérdese que las Cortes medievales y renacentistas se estructuran en «brazos», que son estados o cuerpos de diputados; entre ellos siempre estaba el «brazo de las universidades» (o popular), compuesto por diputados de las ciudades y buenas villas (es decir, de las comunidades). Los otros brazos son el eclesiástico y el militar o nobiliario, en Aragón dividido en dos (de la alta y de la baja nobleza). Por otro lado, Sebastián de Covarrubias, en su *Tesoro de la lengua castellana o española* (Luis Sánchez, Madrid, 1611), define *Universidad* como «comunidad y ayuntamiento de gentes y cosas, y porque en las escuelas generales concurren estudiantes de todas partes, se llamaron universidades, como la universidad de Salamanca, Alcalá, etc. También llaman universidades ciertos pueblos que entre sí tienen unión y amistad». En definitiva, porque *universidad* significaba antaño: «4. Conjunto de personas que forman una corporación; 5. Conjunto de poblaciones o de barrios que estaban unidos por intereses comunes, bajo una misma representación jurídica» (*DRAE*), la última particularmente empleada en la Corona de

Aragón. De este modo, *universidad de villa y tierra* quiere decir: «Conjunto de poblaciones o barrios que estaban unidos bajo una misma representación» (DRAE). Por ello, las primeras universidades —en tanto que instituciones académicas de rango superior— se especificaban como: *Universitas Magistrorum et Scholarium*. Se puede decir que hasta el Renacimiento se mantuvo la anterior denominación, *Studium Generale*. Joan Corominas, en su *Breve diccionario etimológico de la lengua castellana* (Gredos, Madrid, 1973), fija en castellano *universidad* con el sentido actual a comienzos del XVI (1505). Con respecto al calificativo *literario*, el *Diccionario de Autoridades* (DRAE, 1734) lo conceptúa como «lo que pertenece a las letras, ciencias o estudios»; es decir, *literario* sinónimo de *erudito*, el intelectual como *letrado*, amplitud de significado que se ha reducido con el tiempo. Tras la Guerra Civil, la primera edición del Anteproyecto para la Organización de las Universidades Nacionales (1941) las define como «corporaciones de maestros y escolares, gobernados por un rector, a las que el Estado encomienda la misión de realizar u orientar las actividades científicas, culturales y educativas».

<sup>13</sup> G. Fatás, *El Edificio Paraninfo de la Universidad de Zaragoza. Historia y significado iconográfico*, Zaragoza, 1993, p. 34.

<sup>14</sup> Como apunta, por ejemplo, J.A. Pérez-Rioja, *Diccionario de símbolos y mitos* (Tecnos, Madrid, 1997), «por producir la miel, la abeja se ha transformado en símbolo de dulzura y elocuencia, del trabajo y la obediencia». Téngase presente que, hasta la Restauración, la elocuencia es rasgo primordial, en tanto que comúnmente se admitía que dar clases era en gran parte retoricar.

<sup>15</sup> Un análisis de la emblemática de la ingeniería española puede consultarse en mi libro: *Uniformes y emblemas de la Ingeniería Civil española*, Institución «Fernando el Católico», CSIC, Zaragoza, 1999. Además, se puede matizar que la abeja no simboliza exclusivamente a la ingeniería Industrial española; por ejemplo, las abejas también se emplearon por la École Centrale d'Arts et Manufactures de Paris (C. Neuschwander, *École Centrale des Arts et Manufactures. Livre d'or*, R. Lacour, Casablanca, 1960).

<sup>16</sup> En 1910 se realizó su sustitución por el actual emblema con figuras que evocan las tres especialidades de la ingeniería Industrial definidas en el plan de 1907: mecánica-regulador centrífugo; química-tubo electrolítico en U; electricidad-solenoide (v. M. Silva Suárez, *Uniformes y emblemas de la Ingeniería Civil española*, op. cit., pp. 101-121).

<sup>17</sup> J. A. Armillas, «La Universidad de la Ilustración: Tradición e Innovación (1700-1808)», en *Historia de la Universidad de Zaragoza*, Editora Nacional, Madrid, 1983, p. 151.

<sup>18</sup> J. Aracil: «¿Es la Ingeniería meramente ciencia aplicada?», en J. Aracil (dir.), *Ingeniería y pensamiento*, Fundación el Monte, Sevilla, 2006, pp. 145-165.

<sup>19</sup> Creada a instancias del arquitecto e ingeniero real Juan de Herrera, responsable de la culminación de El Escorial (v. M. I. Vicente Maroto y M. Esteban Piñeiro, *Aspectos de la ciencia aplicada en la España del Siglo de Oro*, Junta de Castilla y León, Valladolid, 2005). El programa de estudios que se pretendió para la Academia —según Luis Cervera, «su concepción en lo científico era tan grandiosa como el monasterio escorialense en lo arquitectónico»— se presenta en Juan de Herrera, *Institucion de la Academia Real Mathematica*, Guillermo Droy, Madrid, 1584 (ed. y reprod. facs. a cargo de J. Simón Díaz y L. Cervera Vera, Instituto de Estudios Madrileños, Madrid, 1995). Para una visión con otras instituciones relevantes de la época: M. Esteban Piñeiro, «Instituciones para la formación de los técnicos», en M. Silva Suárez (ed.), *Técnica e Ingeniería en España (I): El Renacimiento*, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Pressas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza, 2004, pp. 165-202.

<sup>20</sup> A. Escolano Benito, *Educación y economía en la España ilustrada*, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 1988, p. 9.

<sup>21</sup> J. Nadal, «Carlos III, un cambio de mentalidad», en *España, 200 años de tecnología*, Barcelona, 1988, p. 19.

<sup>22</sup> Para ello se puede consultar el texto clásico de M. Peset y J. L. Peset, *La universidad española (siglos XVIII y XIX). Despotismo ilustrado y revolución liberal*, Taurus, Madrid, 1974. «Si bien se puede realizar para España una constatación rigurosa de la revolución burguesa antifeudal en el dominio político y en el cambio del predominio de las relaciones de producción —que fechamos entre 1834 y 1843—, en la estructura ideológica, por el contrario, la lucha es más larga y compleja» (J. L. Peset, S. Garma y J. S. Pérez Garzón, *Ciencias y enseñanza en la revolución burguesa*, Siglo XXI, Madrid, 1978, p. 5).

<sup>23</sup> Obsérvese que las enseñanzas técnicas, aun las superiores, se imparten desde el mismo siglo XVI en las lenguas romances, particularmente en castellano en los territorios de la Corona hispana (v. M.<sup>a</sup> J. Mancho Duque, «La divulgación técnica en la España del Quinientos: características lingüísticas», en M. Silva Suárez, ed., *Técnica e Ingeniería en España (I): El Renacimiento*, op. cit., 2004, pp. 307-340).

<sup>24</sup> Lo que materializa Pidal mediante un golpe «a la espadón»: nueve días después de la promulgación del Plan, una R. O. cesa fulminantemente a los rectores de las universidades y directores de la facultades de medicina y de los colegios del arte de curar, reemplazándolos por los respectivos «jefes políticos» de las provincias donde residen, que dependen directamente de él, en tanto que ministro de Gobernación.

<sup>25</sup> *Plan literario de estudios y arreglo general de las Universidades del Reino* (R. O. de 14 de octubre de 1824).

<sup>26</sup> Además: «Art. 97: Las facultades de Cirugía y de Farmacia con académico que tienen establecido, conforme a sus respectivas ordenanzas y soberanas disposiciones, y los que se dediquen al estudio de estas ciencias en sus establecimientos de enseñanza pública, y obtuvieren en ello los grados académicos literarios, gozarán, respectivamente, de las propias facultades, gracias, privilegios, prerrogativas y extensiones que los graduados en Medicina y demás facultades mayores en las Universidades de los dominios de S. M., según está mandado en las leyes».

<sup>27</sup> *Plan general de Instrucción Pública* (R. D. de 4 de agosto de 1836). Quedó en suspenso el 13 del mismo mes, al día siguiente del motín de los sargentos de La Granja, que obligaron a la reina a aceptar un gobierno radical y restaurar la Constitución de 1812, por la que los asuntos relativos a la instrucción pública pasan a ser competencia exclusiva de las Cortes. Paradójicamente, un pretendido impulso liberal, paraliza la reforma liberal de la enseñanza. Aunque no se aplicó, influyó de forma importante en su sucesora, la reforma «radical» que se redacta en 1845.

<sup>28</sup> «Los que hayan de emprender las carreras de Medicina y Cirugía, Farmacia y Veterinaria estarán graduados de bachilleres en Ciencias», al igual que los que «se dediquen a la carrera de arquitectos [...]. Para ser admitido en las Escuelas de Caminos y Canales y de Minas, deberá el alumno estar graduado de bachiller en Ciencias, y sufrir además un examen cuyas materias se determinarán por reglamento especial. [...] Para entrar en las demás Escuelas especiales bastará haber terminado sus estudios en un Instituto elemental».

<sup>29</sup> Concebido por Gil de Zárate, que había estudiado en Francia, habida cuenta del exilio político de sus padres, pasó a ocupar la Dirección General de Instrucción Pública, creada en 1846 (v. A. Gil de Zárate, *De la Instrucción Pública en España*, Madrid, 1855; edición facsímil, Pentalfa, Oviedo 1995).

<sup>30</sup> Los de «la construcción de caminos, canales y puertos; el laboreo de las minas; la agricultura; la veterinaria; la náutica; el comercio; las bellas artes; las artes y oficios; la profesión de escribanos y procuradores de los tribunales».

<sup>31</sup> Recupera ideas expresadas en el Reglamento de Instrucción Pública de 1821 (Trienio Liberal), en el Plan del Duque de Rivas (1836), en el Plan Pidal (1845), así como de un anteproyecto de Manuel Alonso Martínez, del que copia párrafos enteros.

<sup>32</sup> Heredera de los medievales estudios de Artes, donde en particular se enseñaban las siete artes liberales, divididas de acuerdo con la tradición romana en las tres relativas a la elocuencia, el *Trivium* (Gramática, Retórica y Dialéctica), y las cuatro relativas a la cantidad, el *Quadrivium* (Aritmética, Geometría, Astronomía o Astrología, y Música).

<sup>33</sup> Por Decreto de 8 de junio de 1843 (resolución adicional del 9), aunque de breve vigencia. Se crea en la Universidad de Madrid una Facultad completa de Filosofía. A las cátedras existentes en la universidad se le integran las del Museo de Ciencias Naturales y las del Observatorio Meteorológico. Un lustro después, en el Plan Pidal (art. 8.º) se decreta que «La segunda enseñanza elemental y la de ampliación constituyen juntas la *Facultad de Filosofía*, en la cual habrá grados académicos como en las Facultades mayores». Será en la estela del Plan Pidal, bajo la dirección de Nicomedes Pastor, en agosto de 1847, cuando la transformación se estabilizará.

<sup>34</sup> *Historia de la Universidad de Zaragoza*, op. cit., 1983.

<sup>35</sup> Sobre la facultad hermana, véase M. Tomeo Lacrué, *Biografía científica de la Universidad de Zaragoza*, Facultad de Ciencias de Zaragoza, 1962, especialmente pp. 128 y ss. De hecho, se podría interpretar su fundación en el curso 1868-69, al calor de los decretos revolucionarios de libertad de enseñanza (creación de «toda clase de establecimientos por Corporaciones populares», D. de 21 de diciembre de 1868, GM del 22), pero será prácticamente suprimida en 1874. En marzo de 1882 se amplían de nuevo los estudios, dando lugar a la que se conoce como Facultad «provisional». En «septiembre de 1893 queda definitiva y oficialmente establecida la Facultad de Ciencias en Zaragoza» (p. 132), año en el que además estrena su nueva casa, junto con Medicina: el actual Edificio Paraninfo de la Universidad.

<sup>36</sup> Su tristemente célebre circular de 28 de febrero de 1875 fue derogada por R. O. de 3 de marzo de 1881, ya con Sagasta en el Gobierno.

<sup>37</sup> Art. 64.1: «Las Universidades gozaran de autonomía y determinarán por si mismas los procedimientos de control y verificación de conocimientos, el cuadro y el sistema de sus enseñanzas y su régimen de docencia e investigación dentro de las disposiciones de la presente ley y de las normas que se dicten para su desarrollo». Art. 70.1: «Los departamentos son las unidades fundamentales de enseñanza e investigación en disciplinas afines que guarden entre si relación científica. Cada departamento tendrá la responsabilidad de las correspondientes enseñanzas en toda la Universidad y en el estarán agrupados todos los docentes de las mismas». Art. 72.1. «Las facultades y escuelas técnicas superiores son centros de ordenación de las enseñanzas conducentes a la colación de grados académicos de todos los ciclos de una determinada rama del saber». No obstante, tanto el rector (por decreto), como los decanos de facultades y directores de escuelas técnicas son nombrados por el Ministerio de Educación y Ciencia. Sin embargo, los nombramientos de directores de departamentos le corresponden al rector.

<sup>38</sup> Es sabido que hay universidades donde han hablado más no quienes más sabían o más tenían que decir, sino quienes, teniendo menos responsabilidades académicas y científico-técnicas, disponían de más tiempo «libre».

<sup>39</sup> M. Peset y J. L. Peset, *La universidad española (siglos XVIII y XIX)*..., op. cit., 1974, pp. 450 y 481, respectivamente.

<sup>40</sup> *Doctor* no es término que etimológicamente tenga que ver de forma directa con investigación, sino que proviene de *doceo*, ‘enseñar’. Fue equivalente, pero terminó desplazando a *magister*, ‘maestro, el que enseña’, con propiedad ‘jefe, director’.

<sup>41</sup> A. Miguel Alonso, «Los estudios de doctorado y el inicio de la tesis doctoral en España, 1847-1900», *Archivos e Historia de las Universidades*, Instituto Antonio de Nebrija de Estudios sobre la Universidad, Madrid, 2003 (puede accederse a partir de <<http://www.cervantesvirtual.com/seccion/historia/>>).

<sup>42</sup> «Art. 7.º En los estudios superiores se enseñará en dos cursos académicos lo siguiente: *Octavo año*. Mecánica racional, metafísica; *Noveno año*. Historia de la filosofía, astronomía.

<sup>43</sup> Además indica (art. 34): «El que haga los estudios necesarios para ser doctor en Ciencias y doctor en Letras, podrá tomar el título de *doctor en Filosofía*».

<sup>44</sup> Según la normativa previa de 1853, «cuando se confiera en un solo acto la investidura del grado de doctor en la misma Facultad a más de un candidato (por ser hermanos los que lo solicitan), sólo uno de ellos presentará y leerá el discurso». Entendiendo que una investidura conjunta de dos hermanos se puede interpretar como una reducción de costes para la familia, que de este modo sólo organiza un único conjunto de festejos; la situación trae a la memoria, por ejemplo, las primeras comuniones de hermanos. Pero lo singular es que aquí sólo uno habría «de comulgar» por los dos, ¡a pesar de haber hecho cada uno la preparación necesaria!

<sup>45</sup> A. Miguel Alonso, «Los estudios de doctorado y el inicio de la tesis doctoral en España, 1847-1900», op. cit., Madrid, 2003.

<sup>46</sup> S. Ramón y Cajal, *Los tónicos de la voluntad*, Espasa-Calpe, Col. Austral, Madrid, 1986, p. 157. Una vez más un loable y necesario proceso de asimilación de la ciencia y la técnica desarrolladas allende nuestras fronteras, como en el Siglo de las Luces.

<sup>47</sup> E. Bernad Royo, «La Universidad de Zaragoza de 1898 a 1923: Regeneracionismo e industrialización», en *Historia de la Universidad de Zaragoza*, op. cit., 1983, pp. 325-326.

<sup>48</sup> *Plan General de Estudios del Reino*, R. D. de 14 de octubre de 1824 (artículos 284 y 285). Representa la reacción conservadora después de la lamentablemente fallida experiencia del Trienio Liberal.

<sup>49</sup> «Trages que deben usar los estudiantes de todas las Universidades del Reyno. Carlos III, Real resol. de 16 de febrero de 1773; Carlos IV, por resol. comunicada en circular del Consejo de 31 de agosto de 1797». En *Novísima Recopilación de las Leyes de España, dividida en XII libros [...]. Mandada formar por el Señor Don Carlos IV* (tomo III, pp. 194-195), Impresa en Madrid, 1805. Debo en este punto agradecer la siempre generosa ayuda de Guillermo Redondo Veintemillas, buen amigo y exdecano de nuestra Facultad de Filosofía y Letras, impulsor de los estudios de emblemática, que, desde los tiempos en que me vi envuelto, por sorpresa, en la redacción del libro sobre *Uniformes y emblemas de la Ingeniería Civil española*, siempre me ha regalado su consejo u oportuna fotocopia.

<sup>50</sup> Art. 226 del «Reglamento para la ejecución del Plan de Estudios decretado por S. M. en 8 de Julio de 1847», R. D. de 19 de agosto de 1847 (en el marco de la reforma del Plan Pidal, de 1845). Símbolo de modernidad, el art. 227 «prohíbe a todo alumno fumar dentro del edificio», aunque a continuación señala que «Los Catedráticos tampoco podrán hacerlo, excepto en los cuartos de descanso».

<sup>51</sup> R. D. de 2 de octubre de 1850 (corrige uno previo de 6 de marzo del mismo año, en el que, entre otras cosas, a los licenciados no se les permitía llevar muceta).

<sup>52</sup> S. de Covarrubias *Tesoro de la lengua española o castellana* (1611). La Real Academia Española, en su *Diccionario de Autoridades* (1734), aún la define como «cierto género de vestidura à modo de esclavina, que se ponen los prelados sobre los hombros, y se abotona por la parte de adelante. Trahenla también los eclesiásticos de la Corona de Aragón y de algunas partes, en el coro; pero abierta». Más de un siglo después, en la edición de 1843, la definición de la RAE sigue siendo esencialmente la misma, pero en la de 1852, tras el reglamento de los liberales de octubre de 1850, se añade: «También es distintivo de doctor en una facultad». La edición del *DRAE* de 1899 matiza por primera vez la definición explicando que la «usan como señal de dignidad los prelados, los doctores, los licenciados y aun ciertos eclesiásticos»; es decir, en 1899 los licenciados también aparecen como usuarios de la muceta, aunque ese derecho les fuera concedido en el mencionado reglamento de 1850 (¡casi medio siglo de retraso!). Los bachilleres no tienen derecho a llevar muceta.

Claro ejemplo de la transformación que han sufrido algunos elementos del traje académico, hasta perder por completo su significado, la cogulla de la muceta era una suerte de capucha, prenda grande puntiaguda que servía para proteger la cabeza de las inclemencias del tiempo o para ocultarse, frecuente en la ropa que vistían diversos órdenes religiosos monacales. La portaban los manteos que antaño vestían eclesiásticos y estudiantes universitarios. En la actualidad, la cogulla se presenta atrofiada, como una suerte de manga informe que cuelga por dentro, a la que por desconocimiento, se le ha llegado a atribuir la finalidad de «portatítulos».

<sup>53</sup> Frente al bonete, gorro más eclesial, normalmente de cuatro puntas, el birrete definido es hexagonal (posteriormente, parece ser que en 1914, se fija como octogonal para los doctores), similar al de los abogados, que es «de color negro [...] llevan en los actos judiciales solemnes» (*DRAE*, 1947), aunque la borla puede diferir ostensiblemente.

<sup>54</sup> Fórmula que, expresada en latín, emplea el padrino en las ceremonias de investidura de los doctorados honoris causa en nuestra universidad; se refiere a la protección en la lucha por la mejora de la ciencia.

<sup>55</sup> Variante reglamentada para los doctorados honoris causa en Ingeniería o Arquitectura (O. de 30 de noviembre de 1967, *BOE* de 18 de diciembre).

<sup>56</sup> R. D. de 2 de octubre de 1850. Conviene aclarar que los colores emblemáticos no son internacionales, incluso pueden existir variaciones importantes de una universidad a otra dentro del mismo país. Por ejemplo, en las universidades estatales francesas, las humanidades (Filosofía y Letras) emplean el amarillo de oro, mientras que Medicina y Farmacia usan el grosella, y Ciencias el amaranto. Por otro lado, para sus doctorados honoris causa existen dos tradiciones. A veces se emplean los colores de la disciplina que corresponde, pero más frecuente es que, independientemente de adscripciones a áreas del saber, la «epitoga» (sobrepuesto que se lleva encima de la toga que, desprovista de connotaciones eclesiales, es la insignia doctoral gala) sea del color o colores heráldicos de la ciudad, y por ende de la universidad. (Además, cabe señalar que el traje académico de catedráticos y de profesores titulares —*maîtres de conférence*—, aun teniendo los mismos colores por especialidad, difieren ostensiblemente.) En Oxford, por el contrario, el *Doctor of Letters* y el *Doctor of Sciences* emplean un mismo rojo escarlata, lo que les iguala en origen, mientras que los *Masters* respectivos usan un azul; es decir, los colores no están definidos sólo según las facultades, sino que interviene de forma determinante el grado académico (D. R. Venables and R. E. Clifford, *Academic Dress of the University of Oxford*, Sheperd & Woodward, Oxford, 1985). En cualquier caso, las diferencias de los trajes académicos en las universidades europeas suelen tener explicación a partir de las tradiciones religiosas y litúrgicas respectivas. Para una visión de conjunto: H. H. Smith and K. Sheard, *Academical dress and insignia of the world*, A. Balkema, Cape Town, 1970.

<sup>57</sup> R. D. de 22 de mayo de 1859; *GM* del 25.

<sup>58</sup> Desde hace bastantes años, han sido muchas las conversaciones sobre estas temáticas con José Francisco Val Álvaro, compañero de la Facultad de Filosofía y Letras, amigo desde los tiempos en que hubimos de co-ordinar la nave del CONAI, Consejo Asesor de Investigación de la Diputación General de Aragón, por lo que le quiero agradecer la información y los buenos ratos compartidos.

<sup>59</sup> *Ingeniero y arquitecto*, son términos analizados con mayor detenimiento en M. Silva Suárez, «Sobre Técnica e Ingeniería: en torno a un *excursus* lexicográfico», en M. Silva Suárez (ed.), *Técnica e Ingeniería en España (I): El Renacimiento*, op. cit., 2004, pp. 23-62. Una versión previa, en M. Silva Suárez, *De la Ingeniería y de los sistemas de eventos discretos*. Discurso de entrada a la Real Academia de Ingeniería, Madrid, noviembre de 2000 (2.ª edición, 2001).

<sup>60</sup> Recuérdese: las cifras entre paréntesis dan la datación de su aparición en castellano propuesta por J. Corominas, en su *Breve diccionario etimológico de la lengua castellana*, Gredos, Madrid, 1973.

<sup>61</sup> Por ejemplo, *matemático* (1440), *médico* (1490), *catedrático* (1495) o *farmacéutico* (1706). En las artes liberales del *Trivium*, se tiene *gramático* y *retórico* (fin siglo XII) y *dialéctico* (1440); en las relativas a las matemáticas, el *Quadrivium*, aparecen *músico* (1438) y *aritmético* (1570).

<sup>62</sup> El elemento compositivo *logo* se emplea en *astrólogo* (h. 1200) o *teólogo* (1251), ambos derivados directos del griego a través del latín, siendo particularmente productivo a partir del XVIII: *filólogo* (1732), *zoólogo* (1832), *geólogo* (1843), *biólogo* y *psicólogo* (1884), etc.

<sup>63</sup> La geometría y la astronomía (o astrología) son dos de las cuatro disciplinas del *Quadrivium*, artes liberales de índole matemática, lo que da pista a otros dos elementos compositivos que tienen que ver con las ciencias: *-metría*, que significa ‘medida’ o ‘medición’, mediante el cual se forma, por ejemplo, *econometría*; y *-nomía*, que expresa ‘conjunto de leyes o normas’, construyéndose *astronomía*, *dasonomía* o *agronomía*. Sin pretender agotar el tema, *-grafía* es elemento compositivo que denota «descripción» (*corografía*), «tratado o ciencia» (geografía, etnografía), «representación gráfica» (*cartografía*, *topografía*), o «escritura» (*criptografía*, *taquigrafía*).

<sup>64</sup> M. Cortelazzo e P. Zolli, *Dizionario etimologico della lingua italiana*, Zanichelli, Bologna, vol. I-1979, vol. V-1988.

<sup>65</sup> M. Alonso, *Diccionario medieval español (siglos X a XV)*, Universidad Pontificia de Salamanca, 1986.

<sup>66</sup> H. Vérin, «Le mot: ingénieur», *Culture Technique*, n.º 12: 19-29, p. 20. Se añade que «el *ingegnere* italiano será tomado del francés, primero bajo una forma común, después erudita». Ello es plausible en tanto que el sufijo francés *ier* (*ieur* en el caso concreto que nos ocupa, para distinguirlo del verbo *ingénier*) pasa como préstamo al italiano, particularmente en la terminología militar, bajo la forma *iere*, que se puede simplificar en *ere*. A modo de contrapunto, cabe recordar que, en latín, ‘ingeniero militar’ era *munitor-oris*, lo que hacía referencia al trabajo de fortificación, refuerzo. Por contra, ‘ingeniero civil’ era *machinator-oris*, donde ‘máquina’ hace referencia a invención ingeniosa.

<sup>67</sup> Véase, por ejemplo: A. Bonet Correa, F. Miranda y S. Lorenzo, *La polémica ingenieros-arquitectos en España. Siglo XIX*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Turner, Madrid, 1985.

<sup>68</sup> William Whewell (1794-1866) fue un polígrafo, hombre universal que escribió de temas tan distantes como arquitectura, mecánica o mineralogía, por un lado, filosofía moral, economía política, o historia y filosofía de las ciencias, por otro. Cofundador y presidente de la British Association for the Advancement of Science, miembro de la Royal Society, inventó también para M. Faraday los términos *ánodo*, *cátodo*, e *ion*.

<sup>69</sup> El *DRAE* todavía mantiene ésta como primera acepción de *maquinista*. No obstante, el uso del lenguaje ha ido privilegiando la idea del operario que la controla o conduce, frente a la idea del diseñador de la máquina, hoy prácticamente en desuso. El *Webster's Encyclopedic Unabridged Dictionary of the English Language* (Gramercy Books, New York, 1994) recoge bajo *engineer* la misma idea de maquinista: (1) «persona versada en el diseño, construcción y uso de motores o máquinas, o en cualquiera de las diversas ramas de la ingeniería»; (2) «persona que maneja un motor o una locomotora». Además, añade: «Miembro de un ejército, armada o fuerza aérea especialmente cualificado en trabajos de ingeniería».

<sup>70</sup> S. de Covarrubias, *Tésoro de la lengua castellana o española*, op. cit., 1611.

<sup>71</sup> J. Ortega y Gasset, *Meditación de la Técnica y otros ensayos sobre Ciencia y Filosofía*, 1939; reed.: Revista de Occidente en Alianza Editorial, Madrid, 1982, op. cit., p. 19.

<sup>72</sup> Por *ingeniero* no nos referimos sólo a quienes han sido así titulados. Funciones de ingeniero han sido realizadas por profesionales de otras ramas técnicas, como la Medicina, profesión numerosa desde tiempo inmemorial, que en términos relativos siempre ha dispuesto de una amplia base científico-técnica. Por ejemplo, en el marco de la técnica española del XVI-XVII, se encuentra el médico medinense Gómez Pereira que en 1564 patentó un molino de sifón experimentado años antes con el inventor Francisco Lobato del Campo; dos médicos-metalurgistas importantes son: Nicolás Bautista Monardes, que escribió el *Diálogo del hierro* (1574), única obra dedicada a este metal antes del siglo XVIII, y Lope de Saavedra Barba, pacense, que entrado el XVII diseñó y experimentó con éxito unos hornos para sustituir a las antiguas jabecas, en el beneficio del cinabrio. Saltando a finales del XVIII está, por ejemplo, el ovetense Francisco Consul Jové y Tineo, que se dedicó a la agronomía. Adaptó el sistema de cultivo propuesto por el abogado y hacendado Jethro Tull a Galicia y Asturias (*Memoria sobre el conocimiento de las tierras y método de cultivarlas*, 1786), describió máquinas y sistemas de elevación y transporte del agua para riego (*Ensayo sobre la hidráulica rústica*, 1788), y clasificó los suelos según sus características físicas, proponiendo el uso de diferentes abonos (*Memoria físico-económica sobre el mejoramiento de los lienzos en Galicia*, 1794). En el tránsito del XVIII al XIX están los barceloneses Francesc Santponç i Roca y Francesc Salvà i Campillo, que conjuntamente construyeron y publicaron sobre una máquina que reducía el polvo generado en el agramado del cáñamo y del lino, lo que afectaba a las vías respiratorias. Santponç contribuyó a la mecánica, diseñando las primeras máquinas de vapor de doble efecto que se construyeron en España (variantes de las de Bélidor y Prony, que a su vez se basaban en el diseño del ingeniero canario Agustín de Betancourt, que realizó la primera en el ámbito continental europeo). Muy significativamente, a Salvà se le debe una memoria *Sobre la electricidad aplicada a la telegrafía* (1795), que fue muy conocida en Europa. Francesc Carbonell i Bravo, también de Barcelona, aplicó la nueva química no sólo a la medicina y a la farmacia, sino también a la agricultura y a la industria, sobre todo a las tinturas, el análisis de aguas y la destilación de alcoholes. Muy conocida fue su *Pintura al suero* (1802). Como puede observarse emblemáticamente, los tres médicos barceloneses se dedicaron a la mecánica, a la química y a la electricidad, las tres especialidades básicas de la Ingeniería Industrial.

<sup>73</sup> Que, de ser escuchada, era frecuentemente expresión de haber sido salpicado, ¡al menos!

<sup>74</sup> J. D. García Bacca, *Elogio de la Técnica*, Anthropos, Barcelona, 1987, p. 104.

<sup>75</sup> E. Terreros y Pando, *Diccionario castellano con las voces de Ciencias y Artes*, Viuda de Ibarra, Madrid, 1786-1793 (ed. facsímil por Arco/Libros, Madrid, 1987).

<sup>76</sup> El tema se desarrolla en parte en M. Silva Suárez, «Sobre Técnica e Ingeniería: en torno a un *excursus* lexicográfico», en M. Silva Suárez (ed.), *Técnica e Ingeniería en España (I): El Renacimiento*, op. cit., 2004, pp. 23-62.

<sup>77</sup> B. Gille, *Les Ingénieurs de la Renaissance*, Hermann, 1964, p. 8.

<sup>78</sup> Lynn White, Jr, «The flavor of Early Renaissance Technology», en *Developments in the Early Renaissance* (B. A. Levy, ed.), Albany, 1972, p. 41.

<sup>79</sup> En Francia, como en España, los ingenieros de los cuerpos del Estado tienen responsabilidades técnicas y administrativas. Esto permite comprender que, ante la pregunta (D. Diderot et J. d'Alembert, *Discours préliminaire de l'Encyclopédie*, Gauthier, París, 1965, p. 162): «¿habría que colocar la ingeniería con las matemáticas y la física, o más bien hacerla depender de las ciencias morales y económicas, ciencias sociales en cierto modo?», los enciclopedistas decidan no ofrecer una respuesta cerrada, dejando al lector la elección (véase un análisis con diferentes matices en I. Gouzevitch y H. Vérin, «Sobre la institución y el desarrollo de la ingeniería: una perspectiva europea», en M. Silva Suárez (ed.), *Técnica e Ingeniería en España (II): El Siglo de las Luces*, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Pressas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza, 2005, pp. 115-163).

<sup>80</sup> M. Jacob, en «The Cultural Foundations of Early Industrialization» (en M. Berg and K. Bruland, eds., *Technological Revolutions in Europe: Historical Perspectives*, Cheltenham, 1998), los describe como «autodidactas» y «apenas profesionalizados».

<sup>81</sup> G. Lusa Monforte, «La enseñanza industrial durante la primera fase de la industrialización española: la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona», *XX Congreso Internacional de Historia de la Ciencia*, Liège, julio 1997. Valga como referencia adicional la singular colección que edita: *Documentos de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona*, de la que desde 1991-92 publica anualmente un número con ocasión de las inauguraciones de curso. Sobre la profesión en su conjunto, en texto que acusa hoy en día su fecha de publicación, pero que sigue siendo esencial en diversos aspectos: J. M.<sup>a</sup> Alonso Viguera, *La Ingeniería Industrial española en el siglo XIX*, Publicaciones de la ETSII (2.<sup>a</sup> edición), Madrid, 1961. Una perspectiva de conjunto sobre la formación de capital humano para la industria: J. M. Cano Pavón, *Estado, enseñanza industrial y capital humano en la España isabelina (1833-1868)*. *Esfuerzos y fracasos*, Málaga, 2001.

<sup>82</sup> R. Fox and A. Guagnini (eds.), *Education, technology and industrial performance in Europe, 1850-1939*. Cambridge University Press, Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, Cambridge, 1993.

<sup>83</sup> Sobre los ingenieros militares, el texto clásico es H. Capel, J. E. Sánchez y O. Moncada, *De Palas a Minerva. La formación científica y la estructura institucional de los ingenieros militares en el siglo XVIII*, Serbal, CSIC, Barcelona, 1988.

<sup>84</sup> Una visión de conjunto del proceso, incluida la Arquitectura, en: M. Silva Suárez, «Institucionalización de la ingeniería y profesiones técnicas conexas: misión y formación corporativa», en M. Silva Suárez (ed.), *Técnica e Ingeniería en España (II): El Siglo de las Luces: De la Ingeniería a una nueva navegación*, op. cit., 2005, pp. 165-262.

<sup>85</sup> Hay que reconocer que, desde el punto de vista de la creación científica y técnica, el periodo isabelino, heredero directo del «monte quemado» que deja Fernando VII, es menos atractivo que la Ilustración o la Restauración-Edad de Plata. Sin embargo, en estos años se produce la fundación de las escuelas especiales de ingeniería (Camino, 1834; Minas, trasladada/refundada en 1835; Montes, 1848; Industriales, 1850; Agrónomos, 1855), así como del Cuerpo de Telégrafos (1855) o de la Facultad de Ciencias de Madrid (1857). Aunque pudo haberse hecho bastante más, es época en la que se enraza la recuperación que fructificará posteriormente. En palabras de López Piñero, es etapa de «figuras intermedias».

<sup>86</sup> Un bosquejo histórico de la ingeniería española a partir de las reformas liberales, articulado en torno a su patrimonio emblemático, se presenta en M. Silva Suárez, *Uniformes y emblemas de la Ingeniería Civil española*, op. cit., 1999. La diferencia emblemática entre los trajes académicos y los uniformes de la ingeniería civil española, que eran de obligado uso en las funciones académicas en particular, puede apreciarse en el álbum que se ofrece como apéndice.

<sup>87</sup> Herederos «morales» de los *non natos* ingenieros de Bosques (1835), su labor de conservación de las masas forestales de interés público ante las brutales posiciones de algunos políticos liberales exaltados les hizo ganarse su enemiga. En las Cortes se llegó a proponer la disolución de estos «frailes del siglo XIX», cuyos argumentos para la conservación del patrimonio forestal son calificados de «místicos», frente a las urgencias de la Hacienda y a los intereses «arboricidas» de los especuladores. Por otro lado, la controversia entre ingenieros de Montes, responsables de una cierta conservación y explotación sostenible, y agricultores, esencialmente preocupados por una roturación de campos y explotación más intensiva, a veces respaldados por ingenieros agrónomos, se hace presente. No obstante, las grandes talas y extensas roturaciones promovidas por los liberales dieron al traste con enormes recursos forestales, al tiempo que favorecieron importantes procesos de erosión del suelo.

<sup>88</sup> Además de las escuelas, los cuerpos dirigen instituciones para el desarrollo de la técnica y su difusión. El ejemplo más próximo es el de la Granja-modelo de Zaragoza (1881-1936), que desarrolla un amplio programa de difusión e investigación agropecuaria (posteriormente será integrada en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, INIA), siendo germen del actual Campus de Aula Dei. La Diputación Provincial pone los medios necesarios e incluso envía al arquitecto Félix Navarro a visitar centros análogos en el extranjero. Para su labor investigadora y de difusión técnica dispone de biblioteca, observatorio meteorológico, museo, gabinetes y campos de ensayo (secano y regadío). En su seno se crea, además, una Escuela Provincial de Agricultura (1896). Destacará en (1) el fomento de los fertilizantes, siendo significativo el apelativo que los agricultores dan a los abonos: «los polvos embusteros de la Granja»; fruto de esta innovación es la creación, en 1899, de La Industrial Química de Zaragoza; (2) el desarrollo de diversos cultivos: la remolacha azucarera, la alfalfa, o de tipo forrajero, como el trébol rojo, base del desarrollo ganadero; la mejora del cultivo de la remolacha induce la creación del sector industrial azucarero, por lo que en 1894 se funda La Azucarera Aragonesa, con lo que se consigue una buena posición competitiva frente a la crisis de abastecimientos subsiguiente al desastre del 98; (3) la mecanización de las tareas agrícolas, introduciéndose arados de vertedera (tipo Bravant), trilladoras a vapor (tipo Horusby) y segadoras, lo que contribuye a la consolidación del sector metalúrgico y de maquinaria agrícola en la región. De este modo, buena parte de la naciente industria química y metalúrgica finisecular aragonesa se encuentra impulsada desde la Granja, gracias a la renovación de la agricultura (Jordi Cartaña i Pinén, «Las Granjas Experimentales: Un nuevo enfoque de la enseñanza, la divulgación y la investigación agronómica», en *Actes de les IV Trovades d'Història de la Ciència i de la Tècnica, SEHCT*, Alcoi-Barcelona, 1997, pp. 213-222; E. Fernández Clemente, «La Granja Agrícola de Zaragoza», en *Actas de las III Jornadas de Estado Actual de los Estudios sobre Aragón*, ICE, Zaragoza, 1981, tomo II, pp. 1135-1155).

<sup>89</sup> En aras de la completitud, hay que anotar que en 1896 (R. D. de 13 de marzo) se crea, además, un Cuerpo de Ingenieros Mecánicos de las Divisiones de FF. CC; en 1905 (R. D. de 6 de octubre), los ingenieros industriales obtienen la concesión de ingreso con carácter exclusivo, reconociéndose en ello la idoneidad de su formación; pero llevando las cosas a sus justos términos, hay que reconocer que se trata de un cuerpo muy pequeño, que inicialmente contó con 17 plazas y para el que le conocemos un máximo de 27 (en 1904); en 1950 se encontraba reducido a 16 plazas.

<sup>90</sup> Conste explícitamente que los títulos de Ingeniero Químico (de primera y segunda clases) se crean en España en 1850 (aunque rápidamente fueron sustituidos). Hago este apunte porque en dos prestigiosas universidades españolas, de cuyos nombres no quiero acordarme, ambas pertenecientes al selecto grupo de las diez de distrito que autorizaron los Gobiernos liberales moderados, he oído que la denominación *Ingeniero Químico* aparece por primera vez en el paquete de la reforma de los estudios de 1989. ¡Ciento treinta y nueve años nos separan de la verdad!

<sup>91</sup> Art. 20: «Tendrá también a su cargo y como dependencias anejas al mismo: 1.º El Conservatorio de Artes. 2.º Un Museo industrial que se creará al efecto. 3.º Escuelas subalternas de artes y oficios, que al propio tiempo sirvan para los ejercicios prácticos de la escuela elemental».

<sup>92</sup> Frente a la universidad, de la juventud —entre 10 y 17 años— y del menor nivel de extracción social del alumnado medio de las escuelas industriales de ampliación se puede inferir el siguiente artículo (n.º 91) del *Reglamento de la Escuela Industrial Barcelonesa* de 1852 (R. O. de 23 de septiembre): «Los alumnos concurrirán a la Escuela con traje decente, estándoles prohibido el uso de palos y bastones, y guardarán dentro de las clases el mayor silencio, moderación y compostura».

<sup>93</sup> Art. 440: «La enseñanza profesional de Comercio se dará en la Escuela de Madrid agregada al Real Instituto Industrial».

<sup>94</sup> J. Nadal, *El fracaso de la revolución industrial en España, 1814-1913*, Ariel Historia, Barcelona, 1975.

<sup>95</sup> R. Serrano García, *El fin del Antiguo Régimen (1808-1868)*, Síntesis, Madrid, 2001, p. 16.

<sup>96</sup> J. M.ª Alonso Viguera, *La Ingeniería Industrial Española en el siglo XIX*, op. cit., 1961, pp. 167-187. Véase también: A. Moreno González, *Una ciencia en cuarentena. La física académica en España (1750-1900)*, CSIC, Madrid, 1988. De este puente entre la Ingeniería Industrial y las ciencias decimonónicas me parece oportuno, aunque con sesgo cierto, destacar aquí a Gumersindo de Vicuña y Lezcano (RII, 1862; fundador en 1883 y director de la revista *La Semana Industrial*), a Francisco de Paula y Rojas (RII, 1856; fundador en 1883 y director de la revista *Electricidad*) y a Ramón de Manjarrés y Bofarull (EIB, 1869; introductor de la primera dinámica). Los tres, que participaron muy activamente en la asimilación y desarrollo de la teoría y la técnica de la electricidad en España, llegaron a ser decanos en facultades de ciencias. Por otro lado, Cipriano S. Montesino y Duque de Estrada, director de la compañía de Caminos de Hierro MZA (Madrid-Zaragoza-Alicante), fue académico fundador (1847), vicepresidente (1875-1882) y presidente (1882-1901) de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

<sup>97</sup> Ya en la Restauración, la segunda «cuestión universitaria» (1875) que provocó su intransigencia conservadora tuvo, muy a su pesar, la virtualidad de impulsar la creación de la Institución Libre de Enseñanza.

<sup>98</sup> J. M.ª Alonso Viguera, *La Ingeniería Industrial Española en el siglo XIX*, op. cit., 1961, p. 180.

<sup>99</sup> Diez días después. Reproducida en el *Anuario de la Sociedad Central de Arquitectos*, año II, 1868, p. 23. (Citado de A. Bonet Correa, F. Miranda y S. Lorenzo, *La polémica Ingenieros-Arquitectos en España. Siglo XIX*, op. cit., 1985, p. 390.)

<sup>100</sup> *Revista Tecnológico-Industrial*, n.º 12, diciembre de 1881, pp. 272-278. Citamos por G. Lusa, «Alarma en Barcelona: el traslado a Madrid de la Escuela de Ingenieros Industriales (1881)», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, vol. II, 1997, pp. 99-153, particularmente, pp. 103-105.

<sup>101</sup> *Boletín Industrial*, año XXXI, mayo de 1912, n.º 5, p. 66.

<sup>102</sup> *Ib.* p. 68.

<sup>103</sup> El pasado mes de julio, en *El Periódico de Catalunya*, la periodista Julia Navarro, en entrevista a Pere Horts, profesor de Filosofía de la Ciencia y astrónomo, nos dice bellamente que «hemos encendido tantas luces que las estrellas no se ven». Como relata Horts, la contaminación lumínica «nos escamotea el derecho de observar una parte del paisaje natural».

<sup>104</sup> Como se ha afirmado con anterioridad, en 1896 se crea un reducido Cuerpo de Ingenieros Mecánicos de las Divisiones de FF.CC, para el que en 1905 los ingenieros industriales obtienen concesión exclusiva de ingreso.

<sup>105</sup> Decreto-Ley de 16 de diciembre de 1931 (GM del 17). La Dirección General de Enseñanza Profesional y Técnica se creó por D. de 10 de febrero de 1932 (GM del 13). Finalmente se dispone que dependan de la nueva Dirección General (O. de 10 de marzo de 1932; GM del 12): «A) Las Escuelas de Ingenieros de Caminos, Minas, Montes, Agrónomos e Industriales y las de Ayudantes de Obras públicas, Capataces de Minas, y Peritos agrícolas. — B) Las Escuelas Superiores y Elementales del Trabajo. Las Escuelas, Oficinas y Laboratorios de Orientación y Selección profesional [...]». En un par de meses se cumplen 75 años de este intento de regular globalmente las enseñanzas técnicas. En 1934, la presión del Cuerpo de Caminos, Canales y Puertos hace que su escuela retorne al Ministerio de Obras Públicas. Con ello puede estar manifiestamente mejor financiada que cuando dependía del Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes.

<sup>106</sup> Decimocuarta entre las «Disposiciones finales y transitorias».

<sup>107</sup> Dirección General de Enseñanza Técnica Superior: *La Enseñanza Técnica Superior en España en el decenio 1957-66*, Ministerio de Educación y Ciencia, Madrid, 1967, p. 22.

<sup>108</sup> Valga como botón de muestra la opinión de J. M.<sup>a</sup> López de Azcona, decano del Cuerpo de Ingenieros de Minas, que llega a afirmar: «Inspirada por equipo asesor con varios miembros fracasados en sus intentos de ingreso en las escuelas de ingenieros, se pretendió rebajar el nivel cultural y social de la ingeniería» (en «La enseñanza de la minería en el mundo hispánico», *Revista del Instituto Geológico y Minero de España*, 1978).

<sup>109</sup> Además, la promulgación de esta Ley supone «la ruptura del monopolio estatal en las enseñanzas técnicas superiores» (M.<sup>a</sup> Á. Sotés Elizalde, *Universidad franquista: Debate sobre la libertad de enseñanza (1939-1962)*, Ediciones Universidad de Navarra, Pamplona, 2004, p. 21). En particular, la gran beneficiaria de la apertura institucional es la Iglesia (en primera instancia el ICAI, perteneciente a los jesuitas). Tras difíciles y vertiginosas negociaciones, en realidad no se llegó a acuerdo, la votación hubo de ser nominal, por temor a que se obtuviese un resultado adverso o, aun siendo positivo, excesivamente ajustado. El Gobierno obtuvo: 300 votos a favor y 49 en contra (p. 439).

<sup>110</sup> Los que llegan a ingresar invierten de media unos cuatro años; no obstante, los exámenes de las diferentes escuelas, aún siendo similares, no se pueden convalidar. Durante el decenio 1947-48 a 1956-57, el porcentaje medio de alumnos que ingresan efectivamente en las escuelas especiales frente a los matriculados para los exámenes de ingreso, es escandalosamente bajo, no llega al 6,5% (Elaboración con datos tomados del cuadernillo «divulgativo» editado por la D.G.E.T.S., *La Enseñanza Técnica Superior en España en el decenio 1957-66*, op. cit., 1967, p. 15).

<sup>111</sup> En febrero de 1957 Alberto Ullastres y Mariano Navarro Rubio, ambos miembros del Opus Dei, entran en el Gobierno como ministros de Comercio y de Hacienda, respectivamente, reemplazando a la Falange como familia política hegemónica. Apoyados por Laureano López Rodó, también del Opus Dei, secretario general técnico de la Vicepresidencia del Gobierno, iniciaron la preestabilización. En mayo de 1958 España entra

en el Fondo Monetario Internacional y en el Banco de Reconstrucción y Fomento, signo de que la autarquía se acaba. El Plan de Estabilización será la base para una posterior política «desarrollista», que afectará decisivamente a la profesión de ingeniero, de manifiestas consecuencias económicas, instrumentalizada por medio de sucesivos planes de desarrollo. Con ellos, España entra en «el selecto club» de los países industrializados.

<sup>112</sup> Ley de 20 de julio de 1957. Las referencias textuales que siguen están tomadas de esta misma ley.

<sup>113</sup> Por ejemplo, Industriales se encontraba previamente en Educación Nacional, pero Caminos pertenecía a Obras Públicas, y Telecomunicación (perteneciente al Cuerpo de Telégrafos) a Gobernación. El por qué de esta última adscripción se puede intuir si se repara que «la información es poder». Pero expresado en términos actuales, el ministerio de Gobernación estaba, esencialmente, interesado por ciertos «contenidos» (información sobre políticos disidentes, huelgas...), más que por el desarrollo de la técnica correspondiente a esa rama de la ingeniería.

<sup>114</sup> La situación, con incidencias que no hemos tenido tiempo de investigar, se origina en la propia Ley Moyano (art. 337 [sic], en realidad 237): «Los Reglamentos determinarán las circunstancias que han de tener y las condiciones á que habrán de sujetarse los Profesores de las Escuelas superiores y de las Ciencias, que sean individuos de los Cuerpos facultativos sostenidos por el Estado; así como los de las Escuelas dependientes de las mismas, de que trata el art. 54 [de ‘Ayudantes y demás subalternos de los Cuerpos de Ingenieros, así como los aspirantes á Ingenieros industriales y los Peritos agrícolas’]. Pero estos Profesores no figurarán en la escuela general, ni disfrutarán otro haber que el que les corresponda por los Reglamentos del Cuerpo á que pertenezcan».

<sup>115</sup> Además se le otorgó la Medalla de Oro del Profesorado (*Revista de Telecomunicación*, Dirección General de Correos y Telégrafos, n.º 40, junio de 1955, p. 7). El título de doctor honoris causa se establece para las ETS en la Ley 99/1966 de 28 de diciembre (BOE del 29), reglamentándose el trámite para la concesión mediante Orden de 30 de noviembre (BOE de 18 de diciembre) de 1967.

<sup>116</sup> Artículo titulado: «La Paradoja Universitaria», publicado en 1982 (citamos por R. Riaza Pérez, *El ingeniero y la técnica en el ensayo y en la novela españoles*, Discurso leído en la solemne entrega de diplomas académicos, ETSI Industriales, Madrid, 1984). De hecho, hay que reseñar que desde la profesión no se aceptaba de buen grado la creación del grado de doctor ingeniero, categoría que se asumía aparejada al título básico, por dureza y extensión de los estudios.

<sup>117</sup> Reflejo de la mentalidad del momento, según el *Boletín del Colegio de Ingenieros Industriales de Barcelona* (julio de 1957), «diríamos que la misión del universitario es descubrir nuevos horizontes a la ciencia, mientras que la del técnico es realizar y producir. Ambos se mueven en esferas distintas: aquéllos en la esfera de las ideas y de la especulación, éstos en el terreno de la concreta realidad material. Ambos deben complementarse, pero no interferirse». Las primeras cátedras de ETS ocupadas por no ingenieros lo serán muy a finales de la década de los sesenta, tras la Ley de Reordenación de 1964, sobre la que se incidirá a continuación.

<sup>118</sup> M. Lora-Tamayo, *Lo que yo he conocido. (Recuerdos de un viejo catedrático que fue ministro)*, Federico Joly, Cádiz, 1994, p. 156. El capítulo XI, pp. 155-165, lo dedica a «Enseñanzas Técnicas»; en cualquier caso, justo es resaltar que en la memoria de varios ingenieros activos en la época, reciente por otro lado, los hechos relatados, y sobre todo las ambiciones subyacentes, podrían tener matices muy diferentes.

<sup>119</sup> Prof. Manuel Lora-Tamayo, Ministro de Educación Nacional, *Discurso en el Acto de Apertura de Curso en la Universidad de Sevilla* (4 de octubre de 1965), Madrid, 1965.

<sup>120</sup> Se refiere en este caso concreto a la ETS de Ingenieros Industriales hispalense, que administrativamente dependía de forma directa de la Dirección General de Enseñanzas Técnicas, no de la de Enseñanzas Universitarias, ni de la Universidad sevillana.

<sup>121</sup> D. 209/1966, de 2 de febrero de 1966 (BOE del 3).

<sup>122</sup> D. 210/1966, de 2 de febrero de 1966 (BOE del 3).

<sup>123</sup> Artículo quinto del D. 1774/1968 de 27 de julio de 1968 (BOE del 30), siendo ministro Villar Palasí.

<sup>124</sup> En honor al necesario rigor, hemos de confesar que se define con suma precisión: « $X = 13,33; Y = 10,49; Z = 5,16$ ». Pequeño *aggiornamento*, pero de gran interés simbólico, la muceta «carecerá de la antigua capucha o embudo portatítulos» (en realidad, como se dijo en la nota 52, el mencionado «embudo» es una degradación de la cogulla o capuchón), lo que puede leerse como una simplificación, acaso un pequeño distanciamiento de tradiciones de raíz eclesial. Sin embargo, de su vértice posterior «pende una borla alargada, que para los Doctores es dorada, siendo negra en el caso de Arquitecto o Ingenieros Superiores».

<sup>125</sup> La placa de doctor se define en 1914 (mediante R. O. de 23 de julio, que completa otra de 29 de mayo del mismo año): «se dispone que la placa [de doctor por facultad] puede ser también, además de bordada, de metal, componiéndose de un flameado de oro de ocho pesetas, en el centro del cual y sobrepuesta, lleva una reproducción de tamaño natural del anverso de la Medalla doctoral; el escudo central [las armas «territoriales» de España: cuartelado de Castilla, León, Aragón y Navarra, entado en punta de Granada, con el escusón de los borbones sobrepuesto al centro], la corona y el fileteado y palmas serán de plata, y el resto esmaltado del color de la respectiva facultad; debajo de la corona se fijará la siguiente leyenda: “Doctores del claustro extraordinario”, en una cintilla que cruza la parte superior de la medalla de derecha a izquierda». Sin embargo, las placas de doctor ingeniero o de doctor arquitecto llevan el emblema de la rama profesional que corresponda, estando esmaltada con los «colores propios» de la rama. Para los ingenieros se especifican según el siguiente catálogo: Aeronáuticos-azul ultramar, Agrónomos-verde claro, de Caminos-morado, Industriales-gris luna, de Minas-rojo, de Montes-verde oscuro, Navales-azul marino, y de Telecomunicación-naranja (a nivel nacional, ingenierías como Informática, Química o de Materiales no tienen oficialmente regulada su emblemática); los arquitectos han de usar el blanco.

<sup>126</sup> Los había industriales, agrónomos, de telecomunicación, de minas..., aunque no tuve la perspicacia de indagar sobre los «extraños» emblemas que llevaban en sus gorras de plato y hombreras.

<sup>127</sup> De ninguna de las maneras se me hubiera ocurrido pensar que tres décadas después me vería redactando la mencionada monografía: *Uniformes y emblemas de la Ingeniería Civil española*, op. cit., 1999, donde se argumenta in extenso sobre «El emblemático [para los ingenieros] morado», pp. 71-83.

<sup>128</sup> Se me ha comentado que bodas así las ha habido en los Estados Unidos, por ejemplo. Aunque con poca convicción por mi parte, lo dejo anotado.

<sup>129</sup> Como se ha dicho (v. nota 125), el color morado pervive —aunque marginalmente— en el traje académico de los ingenieros de Caminos, en la placa de doctor, al ser éste su «color propio» dentro de las enseñanzas técnicas superiores. No obstante, dado el peso de la tradición, las becas de las tunas, equipamientos deportivos universitarios, etc., siguen manteniendo el morado como color distintivo de la Ingeniería, cosa que se puede comprobar en nuestra universidad. No sabemos por qué se eligió el marrón para el traje académico de las enseñanzas técnicas, aunque se trasluce una clara intención de ruptura con la tradición profesional, porque si no se hubiera adoptado un violeta, carmesí, o color similar, matiz en la gama.

<sup>130</sup> D. L. «sobre medidas urgentes de reestructuración universitaria» de 6 de junio de 1968, en el que además se crean las Universidades Autónomas de Madrid y Barcelona, así como la de Bilbao.

<sup>131</sup> Por Decreto 1377/1972, de 10 de mayo, se integran en la universidad como escuelas universitarias de Arquitectura Técnica e Ingeniería Técnica, respectivamente, las antiguas escuelas de igual denominación, dándose cumplimiento de este modo a las previsiones contenidas en la Ley 14/1970. La Orden de 16 de diciembre (BOE del 24) de 1976 establece las directrices para los planes de estudio universitarios.

<sup>132</sup> En la autorizada opinión de Francesc X. Puig Rovira, pues en esos tiempos era director de una Escuela Universitaria (la de Manresa), la integración en la universidad de sus estudios no dejó de plantear problemas, dado que «no formaban parte de forma clara del sistema de enseñanza superior» (F. X. Puig, «Análisis de la incorporación de los estudios de ingeniería industrial en la universidad», en A. Rebotó, dir. y coord., *Ingeniería Industrial, 150 años en España*, Secretariado de Publicaciones, Universidad de Valladolid, 2000, p. 418).

<sup>133</sup> *Arista* (revista estudiantil conjunta de las tres escuelas industriales), enero de 1957. Semejante reflexión de los alumnos aún tiene parte de vigencia, porque si nosotros hemos mejorado, en el extranjero también.

<sup>134</sup> D.G.E.T.S., *La Enseñanza Técnica Superior en España en el decenio 1957-66*, op. cit., 1967, p. 52.

<sup>135</sup> La ley de 28 de diciembre de 1966 eleva el número de profesores encargados de laboratorios a 160 para todo el país, de los cuales, se afirma, «realizarán» investigación 112 (D.G.E.T.S., *La Enseñanza Técnica Superior...*, op. cit., p. 54). Con anterioridad (ley de julio de 1963), sólo 48 tenían funciones «investigadoras».

<sup>136</sup> Según la LRU (artículo 45.1), el profesorado universitario ejercerá sus funciones preferentemente en régimen de dedicación a tiempo completo.

<sup>137</sup> Hoy Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, en homenaje del que fue su carismático director.

<sup>138</sup> En la escuela hispalense se crea en 1982 una singular Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía «F. de Paula Rojas» (AICIA), cuyos fines estatutarios son «impulsar, orientar y desarrollar la investigación industrial, haciendo especial énfasis en la publicación de sus resultados para favorecer el avance tecnológico en Andalucía y colaborar en una mejor capacitación profesional de los ingenieros andaluces». Por otro lado, la Fundación Universidad-Empresa de Madrid data de 1973. Así como la creación de la AICIA o de la FEUZ se debe en gran medida a «la presión en la caldera», al impulso desde abajo, la FUE de Madrid, muy anterior, con ámbito sobre «todas» las universidades del distrito (inicialmente, la Complutense, la Autónoma, la Politécnica y la UNED; hoy son catorce, siete públicas, y otras tantas privadas), surge desde la Cámara de Comercio e Industria madrileña como un potencial cauce previsto.

<sup>139</sup> De análoga fecha, en Sevilla se cursaba un plan experimental, tanto en los contenidos como en los métodos docentes, también de cinco años, diseñado y supervisado por la OCDE.

<sup>140</sup> Pienso en un intento de apropiación de denominación («las palabras nunca son inocentes»), de profesiones con unos ciertos estándares académicos, por otras relacionadas. Muy probablemente será exitoso, porque «eso es ser progresista». Como me confiaba personalmente hace unos meses un ex-responsable de colegio profesional técnico, en esencia, «rebajando las exigencias académicas y profesionales, ingenieros podremos ser todos».

<sup>141</sup> Ministerio de Educación y Ciencia, *Datos y cifras del Sistema Universitario, curso 2005/2006*, Madrid, 2006.

<sup>142</sup> La veterinaria española comienza su institucionalización académica en la tardo-Ilustración. El Real Colegio-Escuela de Veterinaria de Madrid, inicialmente bajo un régimen militar, aunque con algunos estudiantes civiles, abre sus puertas en octubre de 1793. Promovido por el duque de Rivas, el *Plan General de*

*Instrucción Pública* de 1836 (R. D. de 4 de agosto), aunque apenas tuvo vigencia, crea una Facultad de Veterinaria. Por el *Plan General de Estudios* de 1845, impulsado por Pedro José Pidal (R. D. De 17 de septiembre) la enseñanza de la Veterinaria se realiza en los establecimientos *especiales*, creándose en 1847 las escuelas subalternas de Veterinaria de Córdoba y Zaragoza (R. D. de 19 de agosto, GM del 26), que otorgan el título de «veterinario de segunda clase»; la de León en 1852 y la de Santiago de Compostela en 1882, que cerrará en 1924 por falta de alumnado. La Ley Moyano (9 de septiembre de 1857) clasificará a la Veterinaria entre las enseñanzas profesionales, junto con la Náutica o Profesor mercantil. En 1871 se unifican los estudios de Veterinaria subsistiendo un único título (Reglamento de 2 de julio, promulgado por Amadeo de Saboya a instancia del ministro de Fomento, Manuel Ruiz Zorrilla). En 1931, con el advenimiento de la II República, se crea la Dirección General de Ganadería e Industrias Pecuarias. Las escuelas de Veterinaria dejarán el Ministerio de Instrucción Pública para pasar a depender del de Fomento, donde se define un título de Ingeniero Pecuario, una suerte de doctorado (un curso docente y dos de investigación) que sólo se podía cursar en Madrid, pero poco después retornan a Instrucción Pública olvidándose el proyecto. En 1943, por Decreto Ministerial, las enseñanzas veterinarias adquieren el rango de licenciatura universitaria, creándose el respectivo tipo de facultad. Para una detallada exposición sobre nuestra facultad, véase: J. Gómez Piquer y J. M. Pérez García, *Crónica de 150 años de estudios veterinarios en Aragón (1847-1997)*, Institución «Fernando el Católico», Zaragoza, 2000.

<sup>143</sup> En palabras de Ibáñez Martín, ministro de Educación: «las Cortes y el Gobierno no hicieron más que reconocer de hecho, al aprobar la integración de la Facultad de Veterinaria en el Orden de la Universidad, la realidad de una categoría lograda por vuestro esfuerzo y vuestro mérito. Por ello, habéis entrado en la *Alma Mater* con plena dignidad y con preclaros títulos, que son orgullo legítimo de vuestra ejecución» (Manuel Moraleda Benítez, *Aspectos históricos de las Asociaciones y Colegios Veterinarios de España*, discurso en la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Madrid, 20-10-2004). Finalmente, entre las Disposiciones adicionales y transitorias de la aludida ley de 1943 se dice: «Los Profesores de Escuelas de Veterinaria continuarán en su Escalafón actual, que será declarado a extinguir. Los que ingresen una vez promulgada esta Ley, pasarán a formar parte del Escalafón general de Catedráticos de Universidad».

<sup>144</sup> Con carácter previo, los estudios de Economía se imparten de forma muy acotada en las facultades de Derecho, a veces también en escuelas especiales de Ingeniería. Durante la Segunda República, bajo el impulso del Ministerio de Instrucción Pública, en mayo de 1931, se intenta la creación de una Facultad de Economía en Madrid, pero la oposición de las facultades de Derecho y de Ciencias, así como la de la Escuela Superior de Comercio madrileñas, lo impidieron. Dos años después, el proyecto de Ley de Bases de la Reforma Universitaria (17 de marzo de 1933) crea la Facultad de Derecho y Ciencias Económicas y Sociales, pero la cerrada reacción en contra de las escuelas superiores de Comercio supuso el abandono de la iniciativa en Madrid. Sin embargo, bajo el régimen de autonomía universitaria republicano, la Facultad de Derecho de Barcelona se transforma en Facultat de Dret i Ciències Econòmiques i Socials, y en 1937 se crea la Facultat de Ciències Jurídiques, Polítiques i Econòmiques en la Universidad de Valencia. Una amplia y documentada perspectiva sobre *La consolidación académica de la economía*, es el objeto del volumen 7 de la monumental colección *Economía y economistas españoles*, dirigida por Enrique Fuentes Quintana (Galaxia Gutenberg, Círculo de Lectores, 2002). Por decreto de 29 de enero de 1944, los estudios facultativos se dividen en dos secciones: Ciencias Políticas y Economía. Análogamente a las ingenierías, de acuerdo con Fuentes Quintana, puede afirmarse que «los estudios de economía habían llegado demasiado tarde [a la Universidad]» (p. 11). Para una ex-

posición sobre las dos primeras décadas de nuestra facultad, véase el libro: *La Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Historia y actividad investigadora, 1974-1994*, Universidad de Zaragoza, 1994. Agradezco a Eloy Fernández Clemente, compañero y exdecano de nuestra Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, como se apuntará, nacida en el mismo parto que nuestra escuela, su solicitud y eficiente respuesta ante mis peticiones de información, en diversas ocasiones.

<sup>145</sup> «La introducción de la economía de la empresa [en la Universidad] se produjo tarde, y su evolución posterior fue mucho más lenta que la de los estudios de economía general», en parte «por la influencia de las escuelas de comercio» que habían sido integradas, así como por «la progresiva masificación de sus estudios», entre otras causas posibles (E. Fuentes Quintana, op. cit., pp. 104 y 108). En este punto, justo es mencionar el importante papel desempeñado por algunos centros privados en el desarrollo de la formación empresarial superior en España: la Universidad Comercial de Deusto (fundada en 1916, sus títulos sólo tendrán reconocimiento oficial en 1973); el Instituto de Estudios Superiores de la Empresa (IESE, postgrado creado en Barcelona, en 1958), perteneciente al Estudio General de Navarra, posteriormente Universidad; la Escuela Superior de Administración y Dirección de Empresas (ESADE, Barcelona, 1958); y el Instituto Católico de Administración y Dirección de Empresas (ICADE, fundada en Madrid en 1960; los títulos de Ciencias Económicas y Empresariales, impartidos por la Universidad de Comillas, tendrán el respaldo oficial en 1979, de conformidad con lo estipulado en el Convenio entre la Santa Sede y el Gobierno Español en 1962). Si el IESE se crea en el seno del Opus Dei, tanto la Universidad Comercial de Deusto como el ESADE y el ICADE son iniciativas propias, o coparticipadas, por la Compañía de Jesús, históricamente tan presente en los círculos formativos de la elites profesionales españolas desde comienzos del siglo XVII.

<sup>146</sup> Decreto 2483/1971, de 17 de septiembre.

<sup>147</sup> El verde fue utilizado antaño por los canonistas (*Historia de la indumentaria académica. Medalla. Atributos. Símbolos. Himnos*, Universitat d'Alacant, 1999). Curiosamente, en 1850, desde el Ministerio de Comercio, Instrucción y Obras Públicas se impulsó un R. D. de 6 de marzo por el que se le asignaba a una *non nata* Facultad de Ciencias. El decreto fue diligentemente sustituido por otro (de 2 de octubre), en el que, entre otros cambios, la mencionada «curiosidad» había sido suprimida.

<sup>148</sup> Decreto de 7 de julio de 1944 sobre la *Ordenación de la Facultad de Ciencias Políticas y Económicas*. Se me ha llegado a afirmar, desde círculos de la Facultad de Derecho de la Universidad Complutense, que el naranja fue elegido porque, siendo color no utilizado, las exportaciones del cítrico representaban en esos momentos el mayor aporte de divisas a las arcas del Estado, cuestión de enorme trascendencia económica. Quede, simplemente, apuntado.

<sup>149</sup> Para que no haya dudas, el decreto especifica «que quedará integrada, en el ámbito académico-administrativo, en la Universidad de Zaragoza con la misma estructura y régimen de funcionamiento de los Centros en ella existentes». El turolense Cruz Martínez Esteruelas es el ministro de Educación.

<sup>150</sup> Un sintético balance hasta la fecha en que se cumplieron XXV años de su funcionamiento, redactado por el secretario del CPS, en J. Mastral, *Memoria del XXV aniversario del Centro Politécnico Superior*, Universidad de Zaragoza, noviembre de 1999.

<sup>151</sup> Se refiere a nuestra Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial, de raíces centenarias, así como a la adscrita E. U. de Ingeniería Técnica de la Almunia de Doña Godina.

<sup>152</sup> Sustituyendo adecuadamente las bolas, ¡permitía hasta emplear cursivas y alfabeto griego! No obstante, hay que señalar que a su lado debía permanecer, pacientemente, el encargado de la impresión. A cada respetuosa parada de la máquina de escribir había que cambiar oportunamente la bola, en función de la fuente tipográfica requerida, o bien introducir un nuevo folio. Como en *Tiempos Modernos*, magnífico film de Charlot, éramos esclavos de la máquina. Desde posiciones de autocomplacencia «a lo feliz liberto», en forma ciertamente distinta, hoy seguimos atados a las máquinas; pero ésa es reflexión que no ha lugar en este momento.

<sup>153</sup> Éramos sabedores de que la Escuela debía ir al entonces denominado «Campus del ACTUR», hoy Campus Río Ebro, en las proximidades de Juslibol (barrio rural de Zaragoza de donde partieron las tropas de Alfonso el Batallador para conquistar la Saraquista almorávide, al grito cruzado «Deus lo vol», de donde «Deus li vol», Juslibol). Por ello, con humor, en el primer borrador se le llamó al propuesto instituto «The JIT», por Juslibol Institute of Technology.

<sup>154</sup> Se pronunció en diversas ocasiones, por ejemplo, en *Heraldo de Aragón* (28 de mayo de 1988): «Es un plan de directrices generales meditado, equilibrado, complejo, sujeto a previsiones y estimaciones ponderadas y realistas...Y —maravilla de las maravillas— con una previsión afortunadísima, imprescindible, anticarpotvetónica: en ciertas especialidades invertir hasta ¡tres años! en la formación profesoral antes de ponerlas en marcha para los estudiantes».

<sup>155</sup> Para ello se realiza un pionero, quizás el primero, plan estratégico para la transformación de un centro en la universidad española. Los siguientes documentos principales permiten formarse una idea del trabajado proceder. El primero que ve la luz, en el marco de la inauguración del edificio central del CPS (el 20 de abril de 1988), hoy denominado Torres Quevedo, es el *Informe previo sobre el Centro Politécnico Superior: Nuevos estudios, estrategia de implantación, recursos necesarios* (Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Zaragoza, abril de 1988, 42 pp.); los tres objetivos básicos que se sustentan son «evitar o paliar la fuga de estudiantes de carreras técnicas [...], generar investigación en un ámbito pluridisciplinar y actuar como catalizador del desarrollo industrial del entorno». Además, reza su introducción: «el Plan Nacional de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico presenta para el próximo cuatrienio una importante financiación. Ahora bien, si en la Universidad de Zaragoza no se genera una infraestructura adecuada en perfiles técnicos superiores, el mencionado Plan no repercutirá en la medida deseable en las comunidades autónomas del Distrito. Por tanto se perderá una ocasión única de incidir en el desarrollo tecnológico del entorno productivo, aumentando con ello los desniveles existentes». El segundo es el documento formal sometido al rectorado: *Memoria-Proyecto de Modificación de Centro Universitario: Centro Politécnico Superior de la Universidad de Zaragoza* (ETSI Industriales, Universidad de Zaragoza, noviembre de 1988, 85 pp.); algo ingenuos, para elaborar con cierta precisión los presupuestos dimos por válidas las propuestas de estructura y asignaturas troncales recogidas en las denominadas «lechugas» (documentos ministeriales así conocidos por el intenso color verde de sus cubiertas). En un poco útil pero bonito «ejercicio politécnico», las enseñanzas se estructuran arborescentemente según se avanza entre las diferentes ramas de la Ingeniería y especialidades. Pero como todo plan estratégico ha de ser revisado en función de su avance y variaciones en el entorno, y como es muy conveniente la integración del máximo de agentes, «inventamos» una conmemoración: los 1000 ingenieros industriales titulados. Se realizan diversas actividades, entre las que resulta la redacción del tercer documento: *Ingenieros para un nuevo siglo: Perfil y objetivos de formación en el CPS*, Universidad de Zaragoza, 1993 (99 pp.). Además, se presenta el estudio sobre *Seguimiento profesional de los ingenieros industriales titulados en la Universidad de Zaragoza*, dirigido por el profesor

Fernando Torres Leza. Finalmente, con la estrecha colaboración de la Confederación Regional de Empresarios (presidida por Miguel Ángel Hidalgo Arribas) y el Instituto Aragonés de Fomento (dirigido por Benito López Sánchez), se publica, aunque con cierto retraso, un último documento, en la esperanza de convencer de la utilidad de las nuevas inversiones necesarias, sobre la base de un plan claramente articulado y justificado: *Impacto socioeconómico de la ampliación del CPS*, Junio 1993 (270 pp.). Entre los muy diversos estudios que hubo que realizar para su materialización: *Estimación de costes- CPS-2000* (CPS, Universidad de Zaragoza, enero de 2003, 3.ª versión).

<sup>156</sup> Bioingeniería (de dos años académicos), Informática e Ingeniería de Procesos Agroalimentarios (el patrocinio de Previa, del Gobierno de Aragón, y de la Caja de Ahorros de la Inmaculada, respectivamente, nos permitieron avanzar en esa dimensión). Dos años después, en el curso 1990-91, comenzaron los de Ingeniería del Medio Ambiente y de Organización Industrial (patrocinados inicialmente por Dow Chemical y el Gobierno de Aragón). Posteriormente, han sido muchas las actuaciones; valga como resumen en este curso 2006-07 la oferta de 9 másteres, 7 postgrados y 5 cursos de especialización.

<sup>157</sup> Segunda ingeniería «clásica» del CPS, se enraíza en el Cuerpo de Telégrafos. A iniciativa del ingeniero militar José María Mathé se crea en 1846 la Escuela Práctica de los Torreros. Posteriormente, en 1855 (R. O. de 22 de abril) se funda el Cuerpo de Telégrafos, del que Mathé es nombrado director (junio de 1856). Inicialmente, los torreros, así como el grupo de ingenieros, provenían del ejército. La reorganización de los servicios decretada en 1864 (R. D. de 14 de diciembre) lleva a la creación de un efímero Cuerpo Facultativo no Auxiliar, en el que se ingresa como ingeniero de segunda, y una Academia del Cuerpo, destinada a la preparación de su personal facultativo (estudios en tres años), que abocará a un título de Ingeniero de Telégrafos. Antes de dos años, el ministro Orovio (R. O. de 3 de junio de 1866) cierra la Academia, establece la caducidad del mencionado título y organiza el cuerpo con una sola escala facultativa. En 1920 se crea el título de Ingeniero de Telecomunicación. Los estudios se desarrollan en la Escuela Superior de Telegrafía (R. O. de 22 de abril de 1920), heredera directa de la Escuela General de Telegrafía (R. O. de 3 de junio de 1913), creada tras el Congreso Internacional de Radiotelegrafía (Londres, 1912) y sucesora de la Escuela de Aplicación (1909, ley de 14 de junio), en la que comienzan los estudios superiores de telegrafía. Todas ellas pertenecientes al Cuerpo de Telégrafos, lo que entonces supone que los aspirantes a los estudios superiores han de ser previamente telegrafistas. Hasta 1930 no se elimina la mencionada restricción, al crearse una nueva organización y denominación para la escuela del cuerpo: Escuela Oficial de Telecomunicación. Mediante ley orgánica de 23 de noviembre de 1940 se crea el Cuerpo de Ingenieros de Telecomunicación al Servicio de la Administración, del que dependerán los servicios de explotación, inspección e intervención de la Administración Civil del Estado. Las enseñanzas de Ingeniería de Telecomunicación se imparten hasta 1957 en la Escuela Oficial de Telecomunicación, dependiente del Cuerpo de Telégrafos (Ministerio de Gobernación). En ella también se desarrolla la docencia de los restantes niveles técnicos (ayudantes, radiotelegrafistas).

<sup>158</sup> En mi discurso con motivo de la Conmemoración del X Aniversario de los Estudios de Ingeniería Informática del Centro Politécnico Superior: *Sobre la génesis de las enseñanzas de Ingeniería Informática en la Universidad de Zaragoza*, Universidad de Zaragoza, 2003 (35 pp.), resumo algunos aspectos del proceso, así como dificultades habidas, debido a ese intento reiterado de introducir estudios «a coste [casi] cero», versión universitario-administrativa del clásico problema del «movimiento continuo». Desde una perspectiva más general, tomando los datos de las *Memorias económicas de la Universidad de Zaragoza*, promediando durante el quinquenio 2000/01-2004/05 el coste por titulación de cada uno de los centros superiores con más de 25 años (simple

media aritmética), asignando el valor relativo 1 al CPS, se obtiene la siguiente distribución: Derecho, 0,70; Económicas y Empresariales, 0,81; CPS, 1,00; Filosofía y Letras, 1,44; Medicina y Cirugía, 1,61; Veterinaria, 1,82; y Ciencias, 1,84. Sabiendo que, en general, en casi todas las facultades existen déficits, resulta claramente inaprensible el que las ingenierías superiores constituyan el tercer bloque en que menos se invierte.

<sup>159</sup> Título creado por primera vez en España en 1850.

<sup>160</sup> Pierre Borne, coordinador, y Jean Claude Gentina, director del Institut Industriel du Nord (después transformado en École Centrale) de Lille, buenos amigos, pusieron su mejor empeño en el éxito de la operación. Años después, con la ECL se firmó el primer doble diploma del CPS.

<sup>161</sup> La felicitación navideña desde la dirección del CPS de diciembre de 1992 es un mapa de Europa con la constelación de estrellas correspondiente a las universidades extranjeras con las que se intercambian estudiantes. Más de cincuenta cuerpos celestes radiantes reflejan la red de conexiones establecida en esos años, ampliamente mejorada con posterioridad.

<sup>162</sup> Jornadas de acogida y orientación a los nuevos estudiantes, asignación de tutores a los recién llegados, sistema de evaluación curricular, o reforzamiento de las prácticas en empresas, entre muy diversas actuaciones.

<sup>163</sup> A. Muñoz Molina, «La rebelión de las cosas», *El Semanal*, 12 de octubre de 2005.

<sup>164</sup> Las *Réflexions sur la puissance du feu et sur les machines propres à développer cette puissance* (1823), del ingeniero *polytechnicien* Sadi Carnot (1796-1832), se pueden considerar como referente científico seminal.

<sup>165</sup> Los trabajos sobre la estabilidad del regulador centrífugo (o «de bolas») proporcionan las referencias científicas iniciales de la disciplina, aunque se empleaban con anterioridad: la *British Patent n.º 1628*, de Th. Mead, 1787, presenta uno para controlar molinos de viento; pretendía «la mejor y más regular recogida y desplegado de las aspas de los molinos sin la asistencia constante de un hombre». Además, parece ser que el dispositivo era conocido incluso previamente (v. O. Mayr, *The Origins of Feedback Control*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1970, pp. 100-105). Entre los trabajos científicos pioneros se han de destacar los debidos al físico inglés J. C. Maxwell, *On Governors* (1868), y al matemático e ingeniero ruso J. A. Vyshnegradskii, *Mémoire sur la théorie générale des régulateurs* (1876).

<sup>166</sup> Por Thomas Hales en 1998, tras cuatro siglos abierta, aunque la prueba no es incondicionalmente aceptada, dado el uso intensivo que hace de programas informáticos (250 páginas y tres gigabytes de datos y códigos). En cualquier caso, cálculos enumerativos, de «fuerza bruta», permiten eventualmente demostrar la corrección de ciertas conjeturas, pero puede que no ayuden a explicar los porqués.

<sup>167</sup> Versión revisada de su discurso de ingreso en la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (el 5 de diciembre de 1897), publicada en 1898 y 1912 (col. Austral, Espasa Calpe, 1941).

<sup>168</sup> En realidad, las relaciones son aún bastante más complejas, habiendo sido frecuente que, existiendo teorías «explicativas» a ciertos niveles, los desarrollos técnicos e innovaciones no fuesen usuarios de ellas, por su desconocimiento o manifiesta inadaptación. En cualquier caso, la reducción de tecnología a ciencia aplicada olvida que un artefacto es mucho más que la simple concatenación de resultados científicos que pueden ayudar a su concepción, que existen objetivos y restricciones, las socio-económicas en particular, que la ciencia no considera. Además, el planteamiento unidireccional ignora la existencia de conocimientos técnicos empíricos, no integrados en teorías científicas, a veces originados en trabajosos protocolos de ensayo y error o en la mejora cotidiana del saber hacer, transmitidos dentro de la cultura particular de la empresa o corporación que los genera. No obstante, el impulso de renovación técnica de finales del siglo XIX es deudor de los avan-

ces científicos realizados a lo largo de esa centuria, algo que es especialmente cierto en las industrias química y eléctrica, hecho que llegó a tener expresiones directas en el lenguaje. Así, al sector eléctrico se le conocía como la «industria científica», con lo que se enfatizaba su carácter de técnica moderna, que «acababa de ser no previsible», emblema del cambio de siglo.

<sup>169</sup> E. Ashby, *La tecnología y los académicos*, Monte Ávila, Caracas, 1968, p. 79.

<sup>170</sup> C. Mitcham, *¿Qué es la filosofía de la tecnología?*, Anthropos, Barcelona, 1989, p. 101. Con carácter previo, realiza una enumeración parcial de ideas y teorías tecnológicas, afirmando que «El concepto de máquina (en sus muchas modificaciones desde Aristóteles pasando por Vitruvio hasta Franz Reuleux y Alan Turing), las ideas de conmutador, invención, eficiencia, optimización, la teoría aerodinámica, la cinemática y la cibernética, las teorías de autómatas, de la información, de los sistemas lineales, del control, etc., son todas esencialmente tecnológicas. Tales ideas no se encuentran en las ciencias de la física, la química o la biología, sino en disciplinas tales como la ingeniería mecánica, civil, eléctrica, electrónica y de organización industrial». En un marco más amplio, reflexiones de este tipo se tratan en H. A. Simon, *The Sciences of the Artificial*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1996. Tiene interés el número monográfico de *Teorema (Revista Internacional de filosofía)*, dirigido por J. A. López Cerezo y J. L. Luján, sobre *Filosofía de la Tecnología*, vol. XVII/3, 1998.

<sup>171</sup> Entre los medios generales para representar ideas o comunicarlas, soportes para el razonamiento informado, tienen interés general: la *lengua*, a veces impropriamente denominada lenguaje «natural», pura construcción artificial sujeta a la dinámica de la cultura; el *dibujo*, privilegiado medio de representación que permite disociar diseño y ejecución; y las *matemáticas*, útiles para predecir comportamientos (resistivos, dinámicos...). Véase, por ejemplo, M. Silva Suárez, «Lenguajes de la técnica en tiempos de revoluciones», en M. Silva Suárez (ed.), *Técnica e Ingeniería en España (III), El Siglo de las Luces: De la industria al ámbito agroforestal*, op. cit., Zaragoza, 2005, pp. 7-46.

<sup>172</sup> Habida cuenta que la inmensa mayoría de los problemas de interés no son estáticos, por economía, el calificativo *dinámico* se suele suponer implícito.

<sup>173</sup> En el sintagma preposicional de *eventos discretos*, el adjetivo califica a los eventos, que son por naturaleza discretos, pero no al núcleo del sintagma nominal, *sistemas*. La razón de que *sistemas de eventos discretos* se haya así lexicalizado hay que buscarla en un abuso previo del lenguaje que aún persiste: el frecuente pero impropio empleo de la denominación *sistemas discretos* para designar a los que simplemente son sistemas continuos discretizados en el tiempo, algo que con gran propiedad y economía léxica se denomina también, aunque cada vez menos, (continuos) *muestreados* (*sampled*, en inglés; *échantillonnées*, en francés). En cualquier caso, el lenguaje lo conforma el uso, pudiéndose afirmar que el sintagma *sistema de eventos discretos* se halla plenamente lexicalizado, aunque *sistema discreto* es más corto y lingüísticamente más preciso. Sobre el sintagma *sistemas de eventos discretos*: M. Silva, «Terminología», *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 3 (2): 122-123, 2006.

<sup>174</sup> Sobre su trascendencia y limitaciones, de la organización de saberes en paradigmas y de la concreción de estas reflexiones en la clase de sistemas anunciada, versa parte de mi discurso de entrada en la Academia de Ingeniería de España: *De la Ingeniería y de los sistemas de eventos discretos*, op. cit., 2000, pp. 37-49.

<sup>175</sup> Trato de no emplear la denominación administrativa española, *Investigación Operativa*, mala traducción de *Operations Research*, quizás de *Recherche Opérationnelle*. La preposición (débil) *de* hace que el sintagma preposicional *de operaciones* tenga un claro papel caracterizador para *investigación*. En efecto, la esencia en esta disciplina es investigar operaciones posibles (militares en su origen; después industriales, económicas...), no que se ejecuten operaciones en la resolución de los problemas planteados.

<sup>176</sup> Th. S. Kuhn, *La estructura de la revoluciones científicas*, Fondo de Cultura Económica, México, 1962. En cierto modo, *paradigma* es una noción que se puede aproximar al concepto de *ideología*, en tanto que «conjunto de ideas fundamentales que caracteriza el pensamiento de una [...] colectividad o época, de un movimiento cultural» (*DRAE*).

<sup>177</sup> De hecho, con los trabajos de nuestra tesis doctoral, *Contributions à la synthèse programmée des systèmes logiques* (Institut National Polytechnique de Grenoble, juin, 1978), se introdujo el estudio y aplicación de esta clase de formalismos en el Laboratoire d'Automatique de Grenoble. Poco después, desde nuestra universidad, establecimos la disciplina en España (v. M. Silva Suárez, *Las redes de Petri en la Automática y la Informática*, Editorial AC, Madrid, 1985; reimpresión: Thomson, Madrid, 2002). En 1999, con motivo de celebrarse el XXV aniversario de la creación de nuestra ETSI Industriales, entonces ya transformada en Centro Politécnico Superior, la Universidad de Zaragoza distinguió con su doctorado honoris causa al profesor Carl Adam Petri.

<sup>178</sup> Basadas en lenguajes textuales, provistas con nociones muy importantes como acciones observables o no, o de transformación entre expresiones equivalentes (similares, bisimilares...) para comportamientos dinámicos, su penetración en ambientes de ingeniería es dificultosa, debido a lo abstracto de su formulación, algebraica por definición. Sin entrar en detalles, cabe decir que el trasvase de conceptos y métodos de las redes de Petri a las álgebras de Procesos, y viceversa, ha sido muy eficiente.

<sup>179</sup> Las referencias que siguen no pretenden más que vislumbrar rasgos diferenciales de la aproximación que la «escuela de Zaragoza», en intensa interacción con la comunidad internacional, ha desarrollado. Para ello limitamos los apuntes a trabajos nuestros, restringiéndonos —por ofrecer normalmente perspectivas más amplias— a algunos correspondientes a conferencias plenarias en congresos, conferencias o simposios, o cursos internacionales especiales (razón por la que, en contra de nuestra costumbre de firmar en último lugar los trabajos, en éstos encabezamos la autoría; en algunos casos han sido re-publicados por invitación expresa en revistas, en cuyo caso se pone esta última referencia). El lector interesado en acceder a la literatura de la disciplina en su conjunto puede hacerlo a través de las referencias en éstos. La primera visión global sobre el paradigma de redes de Petri se presenta en: M. Silva and E. Teruel, «A System Theory perspective of Discrete Event Dynamic Systems: The Petri Net Paradigm», in procs. of *IMACS/IEEE-SMC, CESA'96, Symposium on Discrete Event and Manufacturing Systems*, pp. 1-30, Lille, July, 1996.

<sup>180</sup> M. Silva, «Interleaving Functional and Performance Structural Analysis of Net Models», *Applications and Theory of Petri Nets 1993*, LNCS 691: 17-23, Springer-Verlag, Berlin, 1993. (Conferencia plenaria del *13th International Conference on ATPNs*, Chicago, June, 1993.)

<sup>181</sup> M. Silva and E. Teruel, «DEDS Along Their Life-Cycle: Interpreted Extensions of Petri Nets», *IEEE Int. Conf. on Systems, Man and Cybernetics*, San Diego, October, 1998.

<sup>182</sup> Una revisión sobre resultados básicos en torno a decidibilidad y redes autónomas se presenta en J. Esparza and M. Nielsen, «Decidability issues for Petri nets. A survey», in *Bulletin of the EATCS*, 52: 245-262, 1994.

<sup>183</sup> Se pueden tener tamaños finitos pero inabordables para cualquier capacidad imaginable de cómputo. El problema puede ser aliviado, a veces, despreciando estados que no son relevantes para las propiedades que se desean estudiar, aprovechando la existencia de simetrías comportamentales (entre clientes, recursos, etc.), o empleando estrategias de «divide y vencerás», o técnicas de reducción o transformación.

<sup>184</sup> Desde la perspectiva de la *Lógica Temporal*, las propiedades se clasifican en de *seguridad* y de *vivacidad*. Las primeras se pueden demostrar formalmente mediante invariantes; las segundas, más difíciles, requieren además

el empleo de mecanismos de inducción (ver, por ejemplo, Z. Manna and A. Pnueli, «The anchored version of the temporal framework», in *Linear time, branching time and partial order in logics and models of concurrency*, LNCS 354: 201–284, Springer-Verlag, Berlin, 1995).

<sup>185</sup> Incluso para sistemas discretos, donde se enmarca el denominado *Análisis de Perturbaciones*, dominio que ha evolucionado hacia el desarrollo de esquemas algorítmicos de aprendizaje, basados en la información extraída a partir de una única trayectoria (v. Y. C. Ho and X. Cao, *Perturbation Analysis of Discrete Event Dynamic Systems*, Kluwer Academic, Boston, 1991).

<sup>186</sup> Un resumen de resultados en esta última línea se compendia en M. Silva, E. Teruel and J. M. Colom, «Linear algebraic and linear programming techniques for the analysis of P/T net systems», in *Lectures on Petri Nets I: Basic models*, LNCS, 1941: 309–373, Springer-Verlag, 1998 (curso invitado, *3rd Advanced Course on Petri Nets*, Dagstuhl, September, 1996); y M. Silva, L. Recalde and E. Teruel, «On linear algebraic techniques for liveness analysis of P/T systems», *Journal of Circuits, Systems, and Computers*, 8 (1): 223–265, 1998.

<sup>187</sup> Limitando la cooperación se ha definido una jerarquía de redes, que se pueden englobar en los hoy denominados *sistemas de asignación de recursos*, ámbito que se cubre en J. M. Colom, «The Resource Allocation Problem in Flexible Manufacturing Systems», in *Application and Theory of Petri Nets 2003*, LNCS 2679: 23–35, Springer Verlag, Berlin, 2003. (Conferencia plenaria del *23th International Conference on ATPNs*, Eindhoven, June, 2003.) Dualmente, limitando la competencia se ha definido otra jerarquía de modelos, esta vez apropiados para sistemas distribuidos comunicados asincrónicamente (mediante «buzones»). Aunque no es tema monográficamente tratado en conferencia plenaria de ningún congreso, apuntamos por su generalidad el trabajo: L. Recalde, E. Teruel and M. Silva: «Structure theory of multi-level deterministically synchronized sequential processes», *Theoretical Computer Science*, vol. 254(1-2):1–33, 2001.

<sup>188</sup> A nivel conceptual, sobre extensiones interpretativas que llevan a modelos de prestaciones: M. Silva and J. Campos, «Performance models based on Petri Nets», in procs. of the *2nd. IMACS/IFAC Int. Symp. on Mathematical and Intelligent Models in System Simulation*, pp. 14–21, Brussels, April, 1993. Sin considerar los detalles del cálculo estocástico, sobre aproximaciones para la descomposición computacional: M. Silva and J. Campos, «Performance Evaluation of DEDS with Conflicts and Synchronizations: Net-Driven Decomposition Techniques», in procs. of the *4th Int. Workshop on Discrete Event Systems, WODES'98*, IEE Press, pp. 398–413, Cagliari, August, 1998.

<sup>189</sup> M. Silva and E. Teruel, «Petri nets for the design and operation of manufacturing systems», *European Journal of Control*, 3(3): 182–199, 1997 (conferencia plenaria del *Fifth Int. Conference on Computer Integrated Manufacturing and Automation Technology, CIMAT'96*, Grenoble, May, 1996); L. Recalde, M. Silva, J. Ezpeleta and E. Teruel, «Petri nets and manufacturing systems: An examples-driven tour», in *Lectures on Concurrency and Petri Nets. Advances in Petri Nets*, LNCS 3098: 742–788, Springer Verlag, 2004. (Curso invitado, *4th Advanced Course on Petri Nets*, Eichstaett, September, 2003.)

<sup>190</sup> Realizando a su vez un puente a UML (*Universal Modelling Language*): J. Campos and J. Merseguer, «On the integration of UML and Petri nets in software development», in *Petri Nets and Other Models of Concurrency*, LNCS 4024: 19–36, Springer-Verlag, Berlin, 2006. (Conferencia plenaria del *27th International Conference on ATPNs*, Turku, June, 2006.)

<sup>191</sup> Los párrafos que siguen los readaptamos de nuestro prólogo al libro de R. David and H. Alla, *Discrete, Continuous and Hybrid Petri Nets*, Springer Verlag, Berlin, 2005, pp. V–VII.

<sup>192</sup> Modelos conceptualmente híbridos se obtienen simplemente mediante fluidificación *parcial* (de un subconjunto de transiciones) del posible modelo de eventos discretos inicial.

<sup>193</sup> M. Silva and L. Recalde, «Petri Nets and Integrality Relaxations: A view of Continuous Petri Net Models», *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 32 (4): 314–327, November, 2002. (Conferencia plenaria del *1er IEEE/CNRS Colloque International Francophone d'Automatique, CIFA 2000*, Lille, Septiembre, 2000.)

<sup>194</sup> Una primera visión, donde se toma plena conciencia del carácter híbrido de los modelos obtenidos: M. Silva and L. Recalde, «On fluidification of Petri Nets: from discrete to hybrid and continuous models», *Annual Reviews in Control*, 28: 253–266, 2004. (Conferencia plenaria del *First IFAC Conference on Analysis and Design of Hybrid Systems, ADHS'03*, Saint-Malo, June, 2003.)

<sup>195</sup> A modo de invitación a la comunidad internacional a trabajar en ellos, se presenta una lista de algunos en: M. Silva and L. Recalde: «Continuisation of Timed Petri Nets: From Performance Evaluation to Observation and Control», in *Application and Theory of Petri Nets*, LNCS 23536: 26–47, Springer Verlag, Berlin, 2005. (Conferencia plenaria del *25th International Conference on Application and Theory of Petri Nets*, Miami, June, 2005.)



## Abejas, trajes académicos universitarios y uniformes de la ingeniería civil en España

97

Apéndice

El presente apéndice trata de visualizar «coloridamente» dos culturas académicas españolas que, tras marchar fundamentalmente de forma disjunta, se unen entre 1957 y 1970: desde la Ley de Reforma de las Enseñanzas Técnicas (este curso se cumple su cincuentenario) hasta la Ley General de Educación.

Si bien la cultura universitaria era francamente minoritaria en la sociedad española del comienzo del periodo, la formada por las Escuelas Especiales de Ingeniería y de Arquitectura podríamos decir que era «minoritaria», científico-técnicamente elitista en extremo. Su integración en la Universidad supuso una significativa transformación de esta institución de raíces medievales, siendo así que las enseñanzas técnicas representan hoy en día más del 30 % del estudiantado de la nuestra.

De ningún modo debe considerarse este álbum —limitado a las transformaciones que comienzan con los liberales— como un análisis emblemático; cual trazos goyescos, simplemente trata de impactar presentando algunos elementos de dos tradiciones que se remontan en gran parte —nunca de forma exclusiva— a la Iglesia y a la milicia. En cualquier caso, ha de precisarse que los uniformes de los ingenieros eran reglamentariamente, entre otros usos, sus singulares trajes académicos.

De las catorce ilustraciones, nueve están tomadas del libro, hace tiempo agotado, *Uniformes y emblemas de la Ingeniería Civil española, 1835-1975* (Zaragoza, Institución «Fernando el Católico» / CSIC, 1999), en el que —por razones que en su proemio explico— me vi inesperadamente abocado a escribir.

Pero no todo habían sido vías cuasidisjuntas. La dos primeras ilustraciones visualizan un emblema singularmente compartido por la Universidad de Zaragoza y la Ingeniería Industrial: la abeja, símbolo de la laboriosidad inteligente, de la industria.



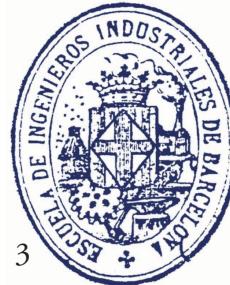
1. **Cátedra del Paraninfo de la Universidad de Zaragoza (1893)**, antigua Facultad de Medicina y Ciencias. La cátedra «muestra, en relieve dorado, la figura de una abeja en su centro, como símbolo de la laboriosidad inteligente y ordenada y de la diligencia productiva» (G. Fatás, *El Edificio Paraninfo de la Universidad de Zaragoza. Historia y Significado Iconográfico*, Zaragoza, Universidad de Zaragoza, 1993, p. 34). También es emblema clásico de la elocuencia.



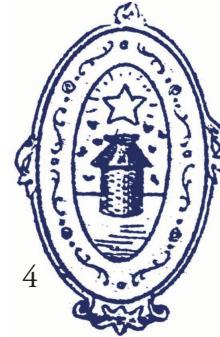
1



2



3



4



5

2. **Las abejas en la emblemática de la Ingeniería Industrial del Ochocientos:** 1) Primer sello de la Escuela Industrial barcelonesa (aprox., 1860-1870): colmena con abejas y rueda dentada. 2) Primer sello de la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona (aprox., 1867). 3) Emblema de la Escuela Especial de Ingenieros Industriales de Barcelona (aprox., 1870; operativo hasta 1919): el emblema de la Diputación de Barcelona preside un «paisaje industrial» (colmena con abejas; rueda dentada; martillo y yunque) y ferroviario (locomotora de vapor). 4) Venera de la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona (1891): colmena con abejas (la industria) y estrella de cinco puntas (el genio). 5) «Paisaje industrial» (*Nicolás Megia fecit*) que se empleó en los diplomas de ingeniero como distintivo de la Ingeniería Industrial, desde finales del siglo XIX (al menos desde 1894, no antes de 1892) hasta los años veinte del XX (al menos hasta 1919, no después de 1927): colmena con abejas, botella con líquido y conducción (lavador de gases o destilador), rueda dentada y horno de carga horizontal. La composición sugiere, en su conjunto, la silueta de una locomotora de vapor.

**3. Doctor en Farmacia  
por el Colegio de Farmacia  
de San Victoriano  
de Barcelona (c. 1846).**

El retratado es Antonio  
Moreno y Ruiz (1796-1852),  
Boticario de Cámara del Rey,  
de la Real Academia de  
Ciencias Exactas, Físicas y  
Naturales (1847).

Viste toga, muceta y birrete.

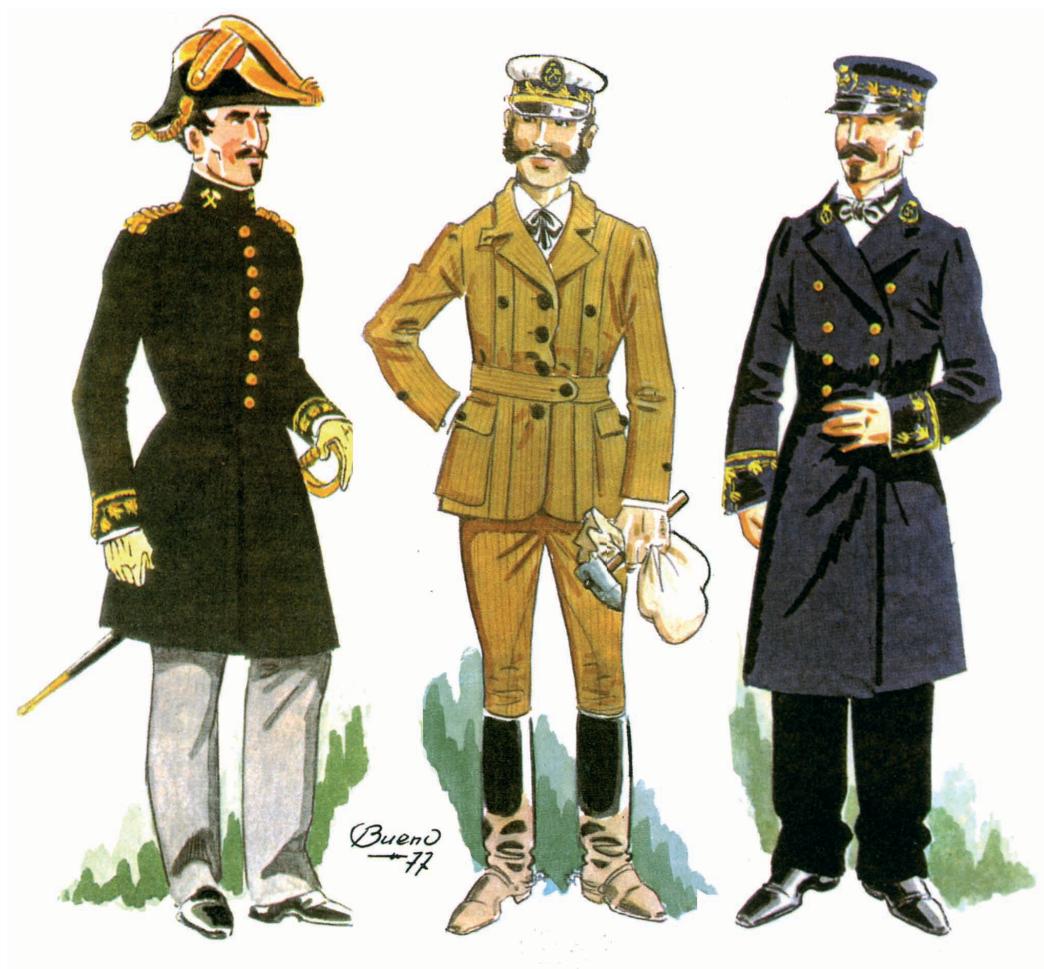
La muceta es señal  
de dignidad empleada por  
los prelados, y ciertos  
eclesiásticos, extendida a los  
doctores universitarios  
(también a los licenciados).

El color distintivo básico que  
aquí se emplea es el rojo de  
fuego, ribeteado de violeta.

Habida cuenta de que el  
color distintivo de Derecho  
es rojo de grana, Farmacia  
adoptó posteriormente el  
morado, impidiendo a las  
ingenierías el uso de su color  
emblemático profesional  
en el ámbito académico.

(Reproducido de J. L.  
Caamaño, *Páginas de  
Historia de la Farmacia*,  
Madrid, Farma, 1993, p. 433.)





4. Uniformes del Cuerpo de Ingenieros de Minas y de Caminos, Canales y Puertos (1842 y 1865). El primero lleva uniforme de residencia (levita), con bicornio y espada. Sobre el cuello se distingue el emblema del Cuerpo de Ingenieros de Minas. Los dos últimos corresponden a la norma de 1865; el central es ingeniero en servicio de campo (sólo son reglamentarias la gorra y las botas de montar negras); el tercero es ingeniero jefe con levita y gorra de plato, en uniforme de residencia. (Reproducido de J. M. López de Azcona, *Los Uniformes de la Minería, 1777-1977*, ETSI de Minas. Madrid, 1977.)

**5. Uniforme del Cuerpo de Ingenieros de Montes (1857).**

Provisto de tricornio (es el único uniforme decimonónico de la ingeniería civil que no usa bicornio) y espada, la graduación exhibida corresponde a la de ingeniero de primera clase. En los extremos del cuello lleva el escudo del cuerpo.





## 6. Doctor en Ciencias (1865).

El color emblemático es el azul turquí, que recuerda su procedencia de las Facultades de Filosofía, por segregación en 1857 (Ley Moyano). Un error en el R. D. de 7 de marzo de 1850 asigna a una inexistente Facultad de Ciencias el color verde, lo que se corrige en el R. D. de 2 de octubre del mismo año. Señal de dignidad, se indica expresamente que «los doctores usarán sobre la toga una muceta de raso del color de la facultad, forrada de seda negra con gran cogulla». También la podrán utilizar los licenciados. La mencionada cogulla o capuchón es prenda grande puntiaguda que sirve para proteger la cabeza de las inclemencias del tiempo (también para ocultarse o favorecer la incomunicación), por ello particularmente innecesaria reminiscencia de hábitos eclesiásticos, ya que como universitario ha de cubrirse la cabeza con el birrete. Al cuello trae la venera o medalla de catedrático. Ilustración reproducida de Antonio Benavides et al., *Historia de las órdenes de caballería y de las condecoraciones españolas*, Madrid, Imprenta de Tomás Rey, 1865. (El prof. Guillermo Redondo la empleó como portada del libro *Programas de Doctorado*, Universidad de Zaragoza, curso 1990-1991.)

### 7. Mariano Royo Urieta (1825-1900).

Viste el uniforme de 1865 de inspector general de primera clase del Cuerpo de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos (lleva banda y placa de la Gran Cruz de la Orden de Isabel la Católica, que le fue otorgada por las obras de la embocadura del Canal Imperial de Aragón).

Impulsó la creación de la Junta del Canal Imperial de Aragón (1873), de la que fue su primer director. Su libro *Cartas sobre riegos* (Zaragoza, 1873), recoge diversos artículos publicados en prensa bajo seudónimo, tuvo gran impacto en la política hidráulica.

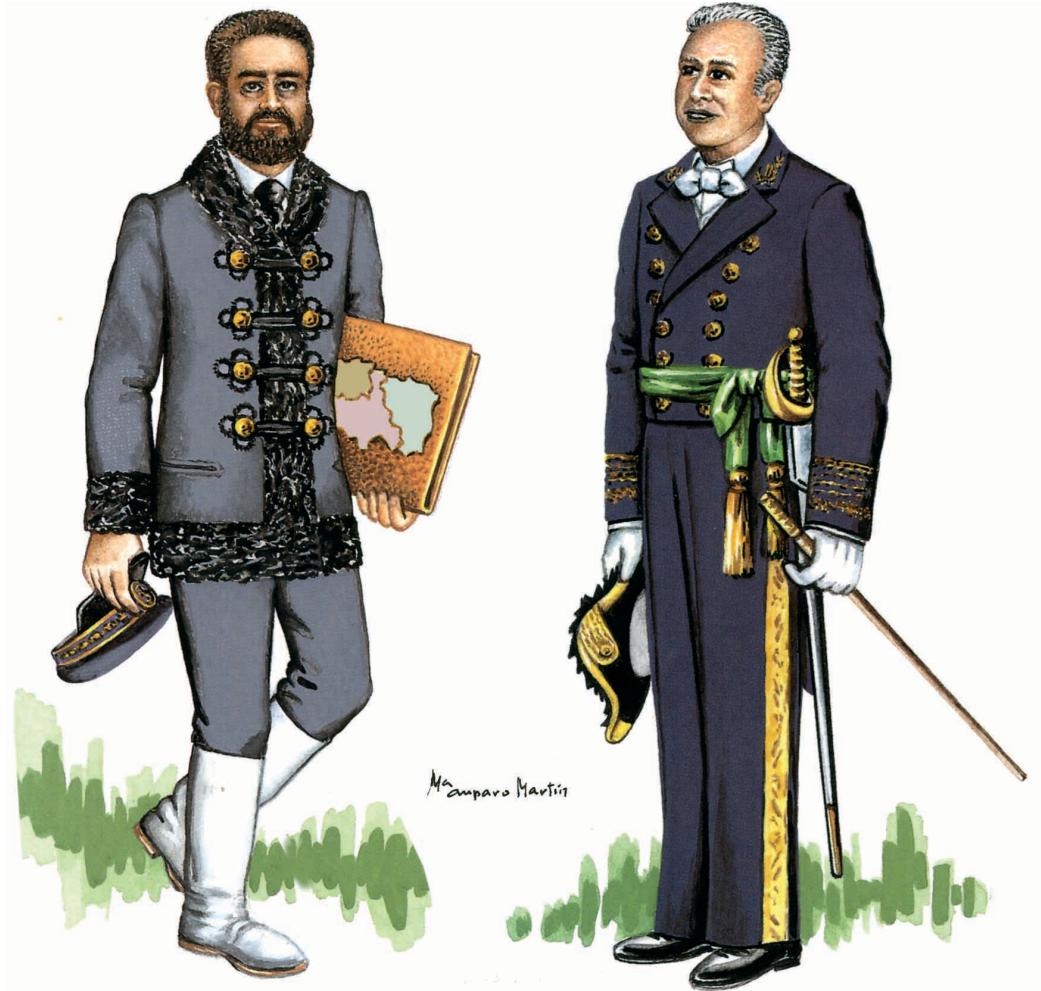
Desde la Real Sociedad Económica Aragonesa de Amigos del País impulsó la Exposición Agrícola, Industrial y Artística de Zaragoza (1868), así como la creación de la Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Zaragoza, Aragón y Rioja (hoy Ibercaja). También colaboró en la fundación de la Azucarera Ibérica.

Fue el padre de Ricardo Royo Villanova, eximio catedrático de Patología Médica (desde 1894) y rector (1913-1928) de nuestra Universidad. (Retrato postmórtem de Francisco Pradilla y Ortiz, 1905, Museo de Bellas Artes de Zaragoza.)





**8. S. M. D. Alfonso XIII,**  
con el uniforme de gala de  
inspector general  
de primera clase  
del Cuerpo de Ingenieros  
de Minas (1886).  
(Óleo realizado por  
M. Olivier Aznar, en 1925.  
Antigua galería de retratos  
del Consejo Superior  
de Minería y Metalurgia,  
Ministerio de Industria,  
Turismo y Comercio.)



9. **Uniformes del Cuerpo de Ingenieros de Montes (1891).** En el de campo —reconstruido a partir de diversos textos, de tela gris— sobrasalen la polonesa y las botas altas de color blanco, tratándose del mismo uniforme definido para el Cuerpo de Ingenieros Agrónomos en su norma inicial (1878). El uniforme de gala es análogo al de Caminos de 1876 (basado en un frac), pero el fajín es de color verde, color distintivo del Cuerpo de Montes (en 1910 todos los cuerpos de ingeniería serán uniformizados con el morado como único color emblemático); el bicornio no lleva plumero llorón en este caso.



10. **Rector Hipólito Casas y Gómez de Andino.** Catedrático de Literatura y Rector de la Universidad de Zaragoza (1907-1910). Viste toga negra con muceta de terciopelo del mismo color (los vuelos de encaje sobre fondo de color rosa). Porta una banda (en forma de pico, lo que es preceptivo cuando se emplean trajes eclesiásticos y universitarios) y placa de la Gran Cruz de la Orden de Isabel la Católica (compárese con la forma normal de la banda, que lleva el ingeniero Mariano Royo Urieta, ilustración 7). Además, trae la venera de Rector y, pendiente del pico de la banda, la de la Orden de Isabel la Católica; porta bastón de mando, al igual que los oficiales militares con mando en plaza, los ingenieros con mando en demarcación o los alcaldes, por ejemplo. (Óleo realizado por José Luz, 1947; Paraninfo de la Universidad de Zaragoza.)

**11. S. M. D. Alfonso XIII,** con el uniforme de gala de inspector general de primera clase, modelo unificado para todas las ingenierías en 1918. En esencia es el de Caminos de 1876. (Óleo realizado por Luis Gracia, académico de Bellas Artes de San Luis, en 1926. Propiedad del Canal Imperial de Aragón, fue ejecutado a partir de la fotografía que abre el n.º 1 de la revista *Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro*, en julio de 1927.)





**12. Rector Antonio de Gregorio Rocasolano (1873-1941).** Es el más significado representante de la Escuela de Química de Zaragoza. Catedrático de Química General en la Facultad de Ciencias, fue rector de la Universidad de Zaragoza (1929-1931) y, tras la Guerra Civil, vicepresidente del CSIC. Viste toga negra de rector, portando epitoga de su doctorado honoris causa por la Universidad de Toulouse (debiera ir sobre el hombro izquierdo; como segunda licencia pictórica, va colocada al revés, con el ensanche delante, en busca de un mayor impacto visual). De acuerdo con la ordenación francesa, la epitoga de un doctor honoris causa suele ser del color de la ciudad o universidad, no de la especialidad que profese; en este caso es roja. Sobre el pecho la placa de la Gran Cruz de la Orden de Alfonso X el Sabio, cuya banda asoma por debajo de la muceta. (Óleo realizado por Ciriaco Parraga, 1944; Paraninfo de la Universidad de Zaragoza.)

### 13. Uniformes de ingeniero industrial:

1) Uniforme de gala (norma unificada de 1918); frac con tahalí (para el espadín, que no se exhibe), fajín y bicornio con pompón de 23 cm. de alto, ambos del profesionalmente emblemático morado. (Obsequio del Ilustre Colegio Oficial de Ingenieros Industriales de Aragón y Rioja, con motivo de las celebraciones que organizamos al superar los 1000 ingenieros titulados, actividad de carácter cultural y social pensada como parte del proceso de revisión del Plan Estratégico de nuestro Centro Politécnico Superior).

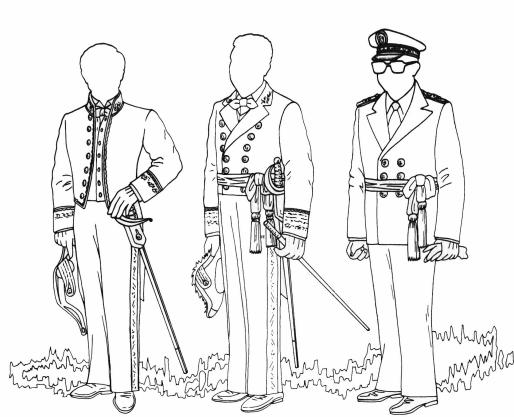


2) Uniforme frecuentemente empleado como de gala a partir de los años cincuenta; es, en esencia, el de diario de 1924 al que se complementa con el fajín del emblemático morado. (Donación de D. Juan Antonio Ramón, exprofesor de la Escuela y exdirector de la FEUZ). Estos uniformes eran (y aún lo son) frecuentemente empleados en actos sociales relevantes, bodas muy en particular. (Sala de profesores del CPS, Universidad de Zaragoza.)





**14. Último uniforme de gala reglamentado: Ingeniero del ICAI (1964).** Chaqueta azul turquí con hombreras ribeteadas con un cordoncillo dorado y fajín morado con borlas doradas. Salvo los matices relativos a lo que va en dorado, es en esencia el uniforme de diario de la ingeniería de 1924, más el mencionado fajín. La diferenciación entre las ramas de la ingeniería siempre se hace merced a los emblemas correspondientes. Las ingenierías de Caminos, Minas e Industriales no tienen derogados sus uniformes de gala de 1918 (ver ilustraciones 11 y 13.1).





Universidad  
de Zaragoza



**GOBIERNO  
DE ARAGON**

Departamento de Ciencia,  
Tecnología y Universidad