

MANUEL SILVA SUÁREZ, ed.

**TÉCNICA E INGENIERÍA
EN ESPAÑA**

IV

EL OCHOCIENTOS
Pensamiento, profesiones y sociedad

| | |
|------------------------------|-----------------------------|
| Rafael Rubén Amengual Matas | André Grelon |
| Juan Carlos Ara Torralba | Jesús Pedro Lorente Lorente |
| Javier Aracil Santonja | Guillermo Lusa Monforte |
| Ángel Calvo Calvo | Carlos Jesús Medina Ávila |
| Horacio Capel Sáez | José Ignacio Muro Morales |
| Francisco Fernández González | Javier Ordóñez Rodríguez |
| Irina Gouzévitch | Manuel Silva Suárez |

REAL ACADEMIA DE INGENIERÍA
INSTITUCIÓN «FERNANDO EL CATÓLICO»
PRENSAS UNIVERSITARIAS DE ZARAGOZA

Publicación número 2.736
de la
Institución «Fernando el Católico»
(Excma. Diputación de Zaragoza)
Plaza de España, 2 · 50007 Zaragoza (España)
Tels.: [34] 976 288878/79 · Fax [34] 976 288869
ifc@dpz.es
<http://ifc.dpz.es>

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA SUÁREZ, Manuel
El Ochocientos: Pensamiento, profesiones y sociedad / Manuel Silva Suárez. —
Zaragoza: Real Academia de Ingeniería : Institución «Fernando el Católico» :
Prensas Universitarias, 2007

776 p. : il. ; 24 cm. — (Técnica e Ingeniería en España ; IV)
ISBN: 978-7820-920-0

1. Pensamiento-Sociedad-España-S. XIX. I. Institución «Fernando el Católico», ed.

© De los textos, sus autores, 2007.

© De las fotografías, sus autores. Eventualmente los servicios fotográficos de los archivos, bibliotecas, colecciones, fundaciones o museos que se citan.

© De la presente edición, Real Academia de Ingeniería, Institución «Fernando el Católico», Prensas Universitarias de Zaragoza, 2007.

Cubierta: La locomotora Mataró, de la primera línea de ferrocarril peninsular (Barcelona-Mataró, 1848), sobre un arco de fábrica. Flanquea la entrada al edificio de la Universidad de Barcelona por el «jardín anterior parte oeste», mientras que al este se encontraba una pequeña montaña de carbón de Sant Joan de les Abadesses, rematada con una vagoneta cargada con ese mineral. *Álbum de la Exposición Catalana de 1877* (fotos de Juan Martí). Ferrocarril, exposición y fotografía, tres rasgos característicos del singular desarrollo técnico del Ochocientos.

Contracubierta: Lámina (reordenada) de la monografía del ingeniero industrial (1856) Francisco de Paula Rojas Caballero-Infante, sobre «Calentamiento y ventilación de edificios», una de las primeras escritas sobre la materia en español (*Memorias de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid*, Madrid, vol. vi, 1868, pp. 221-283).

ISBN: 978-84-7820-814-2 (obra completa)

ISBN: 978-84-7820-920-0 (volumen iv)

Depósito Legal: Z-3885-07

Corrección ortotipográfica: Ana Bescós y Marisancho Menjón

Digitalización: María Regina Ramón y Cristian Mahulea

Maquetación: Littera

Impresión: ARPI Relieve, Zaragoza

IMPRESO EN ESPAÑA - UNIÓN EUROPEA

Reflexión sobre el ingeniero europeo en el siglo XIX: retos, problemáticas e historiografías

André Grelon
Centre Maurice Halbwachs,
EHESS, París

Irina Gouzévitch
Centre Alexandre Koyré,
EHESS, París

I

BALANCE DE LA SITUACIÓN

En la década de 1890, mientras presidía una ceremonia de entrega de premios a los mejores alumnos de un colegio privado de París, Gustave Eiffel, cuya fama estaba entonces en lo más alto, pronunció un discurso en el que afirmó: «Este siglo es el siglo del ingeniero». Este gran ingeniero, al contemplar retrospectivamente las transformaciones técnicas y científicas y el crecimiento económico global, podía efectivamente constatar con gran satisfacción las considerables diferencias que existían entre el comienzo y el final del siglo XIX y atribuir por ello un importante papel a los ingenieros. En todos los países de Europa, estos habían trabajado para mejorar el territorio, abriendo carreteras, construyendo vías férreas, canalizando los cursos de agua; se habían esforzado por desarrollar la producción industrial, construyendo fábricas, inventando y ensamblando máquinas, organizando el trabajo humano en los talleres; pero quizás, sobre todo, lo más importante era que habían concebido y explotado nuevas formas de energía que obtenían mejores resultados, como las máquinas de vapor, el gas ciudad y la nueva energía que en lo sucesivo, sin duda, estaba cargada de futuro, la electricidad. En este final de siglo lleno de cambios de todo tipo, los observadores más avezados podían pensar que el mundo había llegado al más alto de los perfeccionamientos. Hoy sabemos que no es así. Pero es cierto que el siglo XIX representa una verdadera ruptura con la época precedente, la de los ilustrados, gracias al inmenso proceso de industrialización que se extendió poco a poco por todos los países, los importantes cambios sociales, el nacimiento de nuevas clases sociales, las profundas transformaciones políticas a lo largo de toda Europa... Y es en este contexto cambiante en el que surge un nuevo perfil, el del ingeniero civil, que trabaja para la sociedad civil y la industria privada.

Los ingenieros constituían, desde la Edad Media, en la que se acuñó esta palabra para denominarlos, profesionales relevantes que tenían conocimientos y habilidades técnicas reconocidos y que ponían estos conocimientos al servicio de los príncipes, para llevar a cabo tanto actividades militares como proyectos civiles. Sus competencias particulares habían llegado a ser hasta tal punto indispensables que los Estados se los habían apropiado organizando progresivamente cuerpos de ingenieros permanentes. Este es un modo de organización que llegó a ser habitual en el siglo XVIII, y que todavía se prolongó en el XIX. Pero, sobre todo, durante esta nueva centuria se multiplicó un tipo particular de actores técnicos que concebían y construían máquinas, que entraban en las fábricas y organizaban en ellas el trabajo, y que trabajaban para la esfera privada. El carácter original del fenómeno no es tanto la novedad del perfil, pues de él se conocen ejemplos en el siglo XVIII, como su generalización a lo largo de toda Europa ya en el Ochocientos¹. Esto representa claramente la aparición de una nueva profesión, pero será necesario todo un siglo para que se consolide como tal, se organice internamente, sea reconocida y colocada en un destacado puesto de la jerarquía social. Es este proceso el que nos proponemos describir a grandes rasgos.

Para estudiar esta cuestión resultan útiles los trabajos que se han llevado a cabo sobre sociología de las profesiones². A pesar de que en el seno de este eje disciplinar se cuenta con diferentes corrientes que se hacen la competencia entre sí, encontramos un cierto número de consideraciones comunes a todas ellas que nos sirven para caracterizar una profesión. Nosotros nos quedaremos con cuatro de ellas. En primer lugar, una profesión debe disponer de un sistema de formación adecuado que le sea

¹ Además de los famosos ingenieros ingleses Watt y Boulton, denominados como tales, se ve claramente que en el continente los constructores de molinos con habilidades particulares y conocimientos de geometría y dibujo técnico pueden ser asimilados a protoingenieros «civiles». Al final del siglo XVIII, las «máquinas de fuego» de los hermanos Perrier en Chaillot son claramente obras de «ingenieros» mecánicos. Vaucanson lo es sin duda, y su idea de reunir una serie de máquinas en su casa de Mortagne, si bien pone claramente de manifiesto el modo de aprehender el mundo de los enciclopedistas, no está por ello menos fundada sobre una idea de ingeniero. Ya se dispone, pues, en el siglo XVIII de perfiles que anuncian a los nuevos profesionales de la ingeniería. Pero estos no son más que grupos de individuos sin relaciones constitutivas entre ellos. Nada explícita aún la puesta en marcha de una nueva profesión.

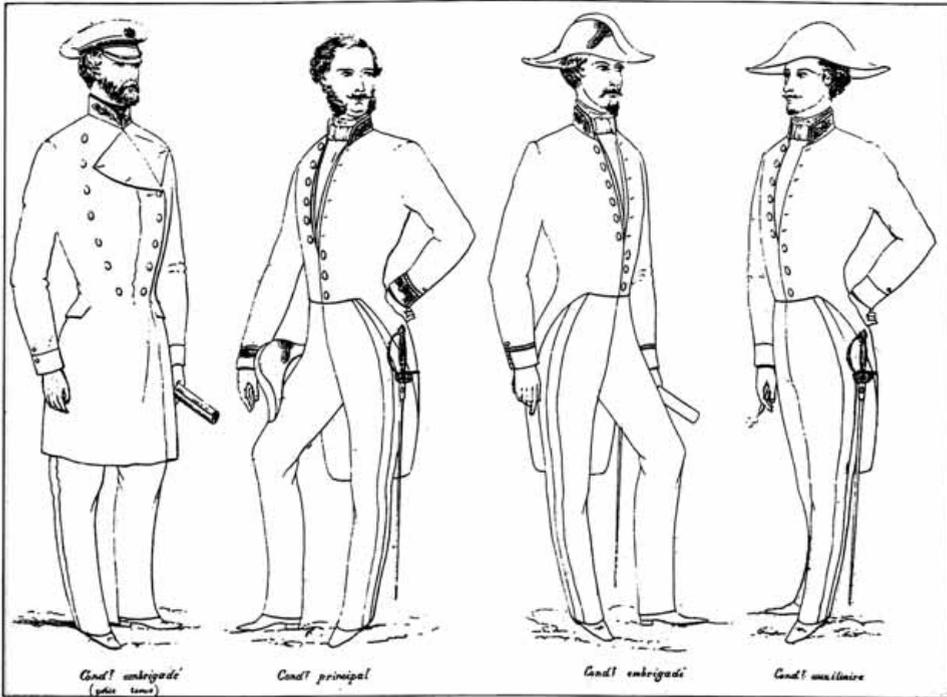
² La sociología de las profesiones es una de las ramas más fecundas de la disciplina sociológica. Nació antes de la segunda guerra mundial en el Reino Unido y en los Estados Unidos, ha conocido después un considerable desarrollo internacional. No es posible citar aquí ni siquiera una pequeña parte de los numerosos autores que han trabajado en este campo. Señalaremos entre las obras contemporáneas heurísticamente más fecundas a A. ABBOTT: *The System of Professions. An Essay on the Division of Expert Labor*, Chicago/Londres, The University of Chicago Press, 1988, y E. FREIDSON: *Professional Powers. A Study of the Institutionalization of Formal Knowledge*, Chicago/Londres, The University of Chicago Press, 1986. Para una visión de conjunto, una síntesis original y con nuevas perspectivas, podemos remitir a C. DUBAR y P. TRIPIER: *Sociologie des professions*, París, Armand Colin, 1998, y también a P.-M. MENDER (ed.): *Les professions et leurs sociologies. Modèles théoriques, catégorisations, évolutions*, París, Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, 2003.

propio, es decir, con enseñanzas específicas, y no simplemente una formación general, aunque sea de alto nivel. Este punto es muy importante, pues, una vez puestos en marcha los cursos de formación, se va a asistir a un proceso de segmentación en tres categorías: la primera, la de los que han cursado estos estudios con éxito y que dispondrán, pues, de un saber legítimamente reconocido, diferenciándoles de quienes han fracasado; la segunda, la de los procedentes de una formación de segundo nivel, pero que por méritos propios podrían esperar que se les considere como iguales de los ingenieros; y la tercera, la de los autodidactas, que ya existían antes de la creación de estas formaciones pero que, a causa de ellas, corren el riesgo de verse poco a poco marginados. Ahora bien, el siglo XIX se caracteriza precisamente por la implantación, en la mayoría de los países europeos, de centros de enseñanza especialmente dedicados a la formación de los ingenieros³. Por supuesto, existían escuelas de ingenieros desde el siglo XVIII, sobre todo en Francia, en los Estados italianos y en España, en Praga o en San Petersburgo, pero se trataba de instituciones destinadas al reclutamiento de jóvenes para los cuerpos civiles y, sobre todo, militares de los Estados. Sin embargo, las escuelas que se crean a lo largo del siglo XIX, sobre todo en su segunda mitad, tienen principalmente por objetivo desarrollar especialidades técnicas orientadas a los diferentes sectores de la economía⁴.

Al salir de la institución escolar, los jóvenes ingenieros civiles tienen que conseguir que se reconozca su aptitud para integrarse en el mercado de trabajo. Esta es la segunda condición. Sin embargo, para una profesión que se está constituyendo, la cosa no es tan fácil. Por un lado, las empresas tienen que aprender a integrar a estos nuevos profesionales. No es cierto que los emplearan de manera permanente, y, de hecho, muchos jóvenes ingenieros se iniciaron en la vida de la empresa a través de los gabinetes de consulta, que constituían una especie de puerta de acceso al mercado de trabajo. Una vez en la organización, estos se encontraban frente a unos «colegas» que se habían formado trabajando en el taller, que habían adquirido allí la experiencia y también algunas rutinas y que, por fuerza, no estaban preparados para que se les

³ Los trabajos que estudian la historia de la enseñanza de la ingeniería son muy abundantes. En la bibliografía al final del capítulo hemos reunido las principales obras que tratan este amplio tema.

⁴ A partir del último tercio del siglo XIX, con el desarrollo de estas nuevas formaciones de ingenieros, otro antiguo fenómeno comienza a cobrar una verdadera importancia. Se trata de la migración escolar, generalmente de los países del este de Europa y los Balcanes hacia los centros de formación de Europa occidental, sobre todo hacia Alemania, Bélgica y Francia. Hacemos referencia a ello por su importancia, a pesar de que no podemos tratarlo en el marco de este texto. Actualmente, este tema es objeto de estudio de numerosos trabajos de investigación. Véase F. BIRCK y A. GRELON, 2006, en particular el capítulo dedicado a los estudiantes de los Estados balcánicos de A. KOSTOV y el dedicado a los estudiantes del este de Europa de I. y D. GOUZÉVITCH. También, C. WEILL: *Étudiants russes en Allemagne, 1900-1914: quand la Russie frappait aux portes de l'Europe*, París/Montreal, L'Harmattan, 1996; N. TIKHONOV y H. RÜDIGER PETER (dirs.): *Universitäten als Brücken in Europa. Studien zur Geschichte der studentische Migration/Les universités: des ponts à travers l'Europe. Études sur l'histoire des migrations étudiantes*, Fráncfort, Peter Lang, 2003.



4.1. Uniformes de los «conducteurs» (ayudantes de obras públicas): (1) Miembro de brigada en uniforme de diario («petite tenue»); (2) Ayudante principal; (3) Miembro de brigada; (4) Auxiliar. (L'ingénieur, Journal Scientifique et Administratif, 1852).

cuestionaran sus conocimientos y maneras de hacer las cosas. Por otro lado, una parte de los cometidos que podrían serles atribuidos a los ingenieros civiles eran desempeñados por los pertenecientes a los cuerpos del Estado: bien como labor esporádica, o bien, si se encontraban en excedencia de su administración, actuando como consejeros de los jefes de empresa. La nueva profesión hubo de emplearse a fondo para conquistar poco a poco unos derechos sobre las actividades profesionales que estimaba que le correspondían. Después intentó garantizarse el monopolio de estas actividades.

Una tercera dimensión de este proceso de profesionalización de los ingenieros civiles consiste en dotarse de agrupaciones que se encarguen de dos tareas: una exterior, de representación ante la sociedad civil, los poderes públicos y los actores económicos, y otra interna, para reforzar el perfil profesional de sus miembros con informaciones sobre el estado del arte, con conferencias y debates sobre cuestiones técnicas o científicas, pero también con discusiones sobre los medios que debían emplearse para defender, ilustrar y promover la profesión. La creación de tales asociaciones es un indicador sólido de que se ha superado una etapa en el camino de la constitución de una nueva profesión. Pero estas organizaciones no reúnen siempre, ni mucho menos, al

conjunto de todos aquellos que pueden ser denominados *ingenieros civiles*. Por otro lado, otras formas de agrupación pueden prevalecer, como, por ejemplo, las sociedades técnicas que federan a los miembros de una misma especialidad o de un mismo sector industrial (la mecánica, la electricidad), o también las de los antiguos alumnos de una institución de enseñanza que cultivan un «patriotismo» de escuela.

Finalmente, hemos de interesarnos por la idea que estos ingenieros se forman de su papel en la sociedad, por la imagen que quieren dar de sí mismos y por el concepto que de ellos se hacen las sociedades en las que viven. Este reconocimiento social es extremadamente importante, pues indica a los interesados si han obtenido o no el estatus de profesión reconocida. Esta es, pues, una última etapa en el largo y dificultoso proceso de profesionalización. Ahora bien, desde el punto de vista social, los ingenieros del siglo XIX están atrapados entre dos obligaciones. Es una época en la que las naciones de toda Europa se están reafirmando, ya se trate de la independencia de Grecia, de la cuestión de la unidad alemana o de la italiana, o incluso de las reivindicaciones nacionalistas de Bohemia, por no citar más que algunos ejemplos. Los ingenieros participan en este movimiento tanto por el sistema de formación, que no es más que un modo de afirmación del carácter específico de una nación⁵, como por sus asociaciones, que pueden manifestar su patriotismo a través de diferentes medios. Al mismo tiempo, la profesión de ingeniero tiene una vocación universal: las leyes de la mecánica no tienen carácter nacional, las misiones de peritaje atraviesan las fronteras y los enviados de las firmas internacionales que vienen a establecer fábricas o a trazar vías férreas cooperan con los ingenieros locales, con quienes comparten un lenguaje común, el de la técnica. Es esta difícil tensión entre nacionalismo e internacionalismo algo que los ingenieros del siglo XIX tendrán que gestionar.

Formación, carreras, organizaciones representativas, relaciones con la sociedad: estos son los cuatro puntos que hemos decidido abordar, sabiendo que se podrían haber tratado muchas otras cuestiones. Los ingenieros de los que vamos a hablar son, esencialmente, aquellos que en el siglo XIX eran denominados *civiles*. Este término puede parecer confuso en la medida en que su sentido varía considerablemente de un contexto nacional a otro. Es importante, pues, precisar aquí cómo lo entendemos. Cuando John Smeaton y sus amigos fundaron la Society of Civil Engineers, la primera institución de este tipo en Inglaterra, en 1771, querían diferenciarse de los ingenieros militares que formaban la parte esencial de los cuerpos del Estado en su país. Este es un primer significado que se encuentra igualmente, por ejemplo, con algunos matices y algunas décadas de separación, en Suecia y en Portugal, donde la función marca la diferencia, pues se denomina *ingenieros civiles* a los del Estado que, teniendo una formación militar, se encargan de las obras públicas (canales, carreteras, vías férreas,

⁵ Así, la Ley Hasner de 1869 instituye la división de la Escuela Técnica Superior de Praga en dos politecnicas: una en lengua checa y la otra en lengua alemana. Véase M. EFMERTOVÁ, 1999.

etcétera)⁶. Cuando en 1818 se crea en Inglaterra la nueva Institution of Civil Engineers, está claro que sus fundadores quieren posicionarse como dependientes de la sociedad civil, para reunir ingenieros especialistas de obras públicas, pero también mecánicos y metalúrgicos, y no ingenieros funcionarios del Estado. Es este exactamente el sentido que dan a la profesión los fundadores de la École Centrale des Arts et Manufactures (ECAM) de París en 1829 para distinguirla del conjunto de escuelas que, agrupadas en torno a la École Polytechnique, preparan a los cuerpos de ingenieros del Estado⁷. Y el término es igualmente empleado por los constructores inventores autodidactas que presentan sus producciones en diferentes campos técnicos y se hacen publicidad en periódicos especializados. Es decir, esta es la significación más frecuente en el siglo XIX. Finalmente, de manera más restringida, *ingeniero civil* puede designar solamente al especialista del cuerpo de ingeniería civil: esta es la acepción que prevalece en varios países y sobre todo en Rusia, pero igualmente se puede ver el empleo de este uso particular de la expresión en Italia y en Francia durante este periodo. Nosotros nos atendremos al sentido corriente que denomina a esta nueva categoría profesional, a saber, *ingenieros que trabajan para la sociedad civil*, prestando una atención particular a su núcleo más característico: los que trabajan en la industria privada. No podremos examinar simultáneamente otras ramas de esta profesión que surgen igualmente en el siglo, a saber, los dedicados al mundo rural (forestales, agrónomos, del cuerpo de ingenieros rural) que tienen por misión introducir ahí la modernidad y van a desempeñar progresivamente un papel significativo en la transformación de los campos, esencialmente en el siglo XX⁸. Sin embargo, tampoco podremos abordar más que someramente la delicada cuestión de las relaciones entre ingenieros civiles e ingenieros del Estado, fenómeno importante y complejo que merecería un estudio en sí mismo⁹.

⁶ En Portugal, forman por sí solos un cuerpo especializado —Corpo de Engenharia Civil e Auxiliares—, que desgraciadamente no tuvo una larga vida; creado en 1864, fue disuelto por el Gobierno en 1868, hecho que marcó el comienzo de una larga batalla de los ingenieros portugueses por el reconocimiento de sus competencias y de su estatus legal (véase M. P. DIAGO, 1996). En cuanto a Suecia, los ingenieros militares y los civiles, es decir, los encargados de las obras públicas, se forman juntos en el seno de la Academia militar de Marieberg, creada en 1818, incluso si el título de «ingeniero civil», que tiende a diferenciar a los representantes de este grupo de los militares propiamente dichos, no es adoptado hasta 1844 (véase B. BERNER, 1996, p. 171).

⁷ Véase A. GRELON, 2005.

⁸ Estas ramas de la profesión de ingeniero parecen haber suscitado menos estudios que los mencionados ingenieros civiles, el mundo de las empresas industriales y las cuestiones de transformación del territorio, especialmente por la implantación de las vías férreas. La bibliografía sobre los ingenieros del mundo rural aparece, a nuestro entender, muy disgregada en el plano europeo. Un primer trabajo realizado en Francia, pero limitado a los pertenecientes a los cuerpos del Estado, es ASSOCIATION DES INGÉNIEURS DU GÉNIE RURAL, DES EAUX ET DES FORÊTS, 2001.

⁹ Para estas cuestiones, ver, por ejemplo, en Francia, la obra fundamental de A. THÉPOT (1998) relativa a los ingenieros de minas en el siglo XIX; los efectivos de este cuerpo podían abandonar la Administración por largos periodos, con su autorización, con el fin de servir de consejeros a los industriales o banqueros de negocios. Sobre Rusia, véase D. e I. GOUZÉVITCH, 2001.

Lo que caracteriza a la profesión de ingeniero de la nueva era es el nacimiento y crecimiento de esta nueva categoría de actores sociales, de manera concomitante con la aparición y el desarrollo de la gran industria¹⁰. Por sí mismos, los ingenieros del Estado, sujetos a una jerarquía rígida y en una lógica de cuerpo dependiente de un departamento ministerial, protegidos además por su estatus de funcionarios de los imprevisos de la libre empresa, ¿podían construir esta profesión? En el siglo XIX, para un funcionario de un cuerpo del Estado, el término *ingeniero* no es a priori un título por el que pague un industrial, sino un grado, una etapa en la escala jerárquica: se empieza siendo subingeniero, luego ingeniero ordinario, luego se llega a ingeniero principal y, si se tiene suerte, se puede pasar de esta condición a los grados superiores de inspector y de inspector general. Además, el término *ingeniero* no siempre es empleado para estas funciones técnicas: en los Estados alemanes, los especialistas en construcción o en minas son denominados con los términos *Baubeamte* ('funcionarios de la construcción') y *Bergbeamte* ('funcionarios de minas'). Sin embargo, se puede sostener la hipótesis de que, gracias al lugar que los ingenieros civiles ocupan poco a poco en el paisaje económico, los ingenieros del Estado han tomado conciencia de que, aunque funcionarios, pertenecen —con características claramente particulares— a la misma profesión de ingeniero. Beneficiándose de su nombramiento en el seno del aparato del Estado, sus conocimientos, respaldados por una formación de alto nivel, su experiencia y su autoridad, adquiridas en las relaciones entre la Administración y los sectores económicos, se integran en el tejido empresarial, pudiendo renunciar temporalmente para poblar los consejos de administración de las empresas u ocupar cargos directivos y contrariar así la progresión de los «nuevos ingenieros», que veían en esto una competencia desleal en un mercado de trabajo todavía estrecho y que emitieron protestas por medio de las asociaciones que fundaron¹¹.

¹⁰ Otro punto que no se puede tratar en este marco es el de la aparición de la mujer ingeniero. Ciertamente, en el siglo XIX el mundo de los ingenieros era exclusivamente masculino. Sin embargo, al final del periodo considerado se comienzan a ver en los bancos de los anfiteatros algunas mujeres interesadas por los avances de la ciencia y de la técnica. En Rusia se verá incluso desde 1906 la creación de un instituto politecnico femenino que reunirá en cuatro facultades (Construcciones, Química, Mecánica, Electricidad) a un centenar de jóvenes siguiendo los cursos de los mejores profesores de las grandes escuelas del Estado. Véase D. e I. GOUZÉVITCH: «The Difficult Challenges of the No Man's Land or the Russian Way Towards Women's Engineering Professionalization (1850s-1920s)», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, IV, 2000, pp. 173-241. Para la primera historia de las mujeres ingenieros en Europa, véase la obra fundamental A. CANEL, R. OLDENZIEL y K. ZACHMANN (dirs.): *Crossing boundaries, building bridges: comparing the history of women engineers, 1870s-1990s*, Londres/Nueva York, Routledge, 2003. Otra publicación importante a destacar es una colección de textos bajo el título común «Histoire de pionnières», *Travail, Genre et Sociétés: La Revue du Mage*, 4, 2000.

¹¹ La organización de los Estados europeos en el siglo XIX está lejos de ser homogénea, y el papel del poder público puede diferenciarse enormemente de un país a otro. En Francia, en España, en Rusia, el Estado se ha dotado de unos cuerpos técnicos influyentes y competentes cuyo papel en el

Hablamos del siglo XIX, pues este es el periodo que vamos a examinar. Sin embargo, se sabe que los saltos de un siglo a otro rara vez corresponden con los principios o finales de un periodo histórico. Es un corte cronológico de orden administrativo cómodo, pero los reyes no se avienen en general a morir en función del calendario, y las guerras no esperan al comienzo de un siglo para desencadenarse. Esto mismo ocurre con la historia de los ingenieros. Encargadas en 2004 de abordar el siglo XVIII de los ingenieros, Hélène Vérin e Irina Gouzévitch habían optado por un «gran» siglo XVIII que terminaba en 1815, al final del periodo napoleónico¹². Nosotros proponemos análogo tratamiento para el siglo XIX. No parece acertado comenzar de manera abrupta en el mismo punto en el que quedaron cronológicamente los ingenieros europeos en el volumen II de esta colección; preferimos realizar un repaso parcial del periodo anterior para encadenar en un continuo histórico procesos complejos nacidos en un siglo y desarrollados en otro. Pero es necesario, a pesar de todo, poner unos límites. Y puesto que uno de nuestros importantes ejes de análisis tratará sobre la formación superior de los ingenieros en lugares de enseñanza especializada y sobre la relación entre esta enseñanza y la carrera de ingeniero, proponemos comenzar simbólicamente en 1794. En Francia, en París, en plena Revolución, que era un laboratorio europeo de lo político, en el momento mismo de la tormenta más intensa, el Estado crea paralelamente dos instituciones plenas de futuro, que todavía existen más de doscientos años después: la École Polytechnique (EP), de una parte, y el Conservatoire National des Arts et Métiers (CNAM), de otra. El neologismo *politécnica*, creado sin duda por el sabio Gaspard Monge, ha sido reutilizado y empleado en todas las lenguas y por todo el mundo, precisamente para designar instituciones de enseñanza técnica, incluso aunque ninguno de estos centros haya retomado el particular principio académico de la escuela parisina, que sigue siendo único en su género¹³. Para el

desarrollo económico es importante. No sucede lo mismo en las Islas Británicas. Volvemos a encontrar estas diferencias en la interpenetración entre la Administración y el mundo empresarial. En *Le patronat de la Seconde Industrialisation*, bajo la dirección de Maurice Lévy-Leboyer (1979), son claramente explicadas. Si Hartmut Kaelble indica que la Administración pública alemana estaba considerada como un modelo para la gestión de las empresas, lo que llevará a reclutar funcionarios para ocupar funciones dirigentes, si Rolf Torstendal, en la misma época, pone de relieve una movilidad horizontal de los técnicos suecos, incluyendo a los funcionarios que pasan al sector industrial, los dirigentes británicos de la industria de los ferrocarriles estudiados por Terry Gourvish han realizado un desarrollo profesional anterior en el mismo sector industrial. En el mundo de la relojería suiza examinada por François Jéquier, la tradición familiar es hegemónica, y uno se forma sobre todo en el puesto de trabajo. Según Henri Morsel, el patronato de las empresas eléctricas alpinas francesas en el siglo XIX reclutaba entre los jóvenes formados en los laboratorios universitarios, ya que en la época se consideraba a los politécnicos demasiado costosos. Pero esta situación cambiará en el siglo XX con la llegada de los altos consejeros provenientes de los cuerpos del Estado.

¹² I. GOUZÉVITCH y H. VERIN, 2005, pp. 124-126.

¹³ Para el análisis de la polisemia histórica sobre «el modelo de la Escuela politécnica», véase I. GOUZÉVITCH, 2000. En lo relacionado con la no reproducción del «modelo politécnico» francés, el artículo que ha llegado a ser un clásico: R. FOX, 1995.

Gobierno francés se trataba de dotar al Estado de unos buenos expertos técnicos con una formación científica de base común (enseñada en la Polytechnique), seguida inmediatamente de una formación especializada en las diferentes escuelas llamadas *de aplicación*, sean de carácter civil o militar. Estas últimas eran de hecho las antiguas formaciones de ingenieros creadas en el transcurso del siglo XVIII y hasta entonces orgullosas de su independencia. La fundación de la École Polytechnique rubrica, pues, claramente el final de un modelo, si bien es necesario recordar que esta no otorga diplomas de ingeniero, al menos durante el siglo XIX y buena parte del XX¹⁴.

El CNAM, cuya estructura será retomada en parte y adaptada algunos años más tarde en España¹⁵, no tiene ninguna vocación de formar a los ingenieros del Estado. Al contrario, como ocurrió con las reales sociedades económicas de amigos del país y las juntas de comercio españolas, está abierto a los industriales y artesanos, queriendo ofrecer en todos los sectores económicos la posibilidad de adquirir los conocimientos técnicos más recientes, fundados sobre bases científicamente establecidas, y sobre todo la ocasión de aplicarlos¹⁶. Al igual que a la Polytechnique, el Estado lo dota de los mejores profesores disponibles en las diferentes materias, profesores que no solamente son teóricos eminentes, sino también expertos reconocidos¹⁷. A diferencia de la Polytechnique y de sus escuelas de aplicación, cuyos cursos se imparten durante el día, en el marco de un plan de estudios cerrado, limitado a un número de años, el Conservatoire proporciona enseñanzas nocturnas para que los industriales, artesanos y obreros parisinos puedan ir a instruirse a la salida de su jornada de trabajo: los cursos son gratuitos y no hay inscripción previa. Estamos, pues, ante un segundo tipo de formación cuya importancia es difícil de calcular estadísticamente, a falta de archivos, pero que desempeña, sin duda, un papel en lo que hoy llamaríamos *formación profesional continua* de adultos. Será con estos técnicos experimentados con los que se enfrentarán los nuevos ingenieros en las empresas. He aquí uno de los problemas clásicos de toda profesión en proceso de constitución: el tenso encuentro entre unos autodidactas sólidos y competentes y unos diplomados que quieren imponer una nueva legitimidad.

Y puesto que nuestro siglo XIX ha comenzado tomando prestados algunos años al precedente, lo llevaremos a término desbordándolo sobre el XX. Dejaremos a nuestros ingenieros en la víspera de la movilización, justo antes del comienzo de la gran guerra de 1914-1918, primer conflicto tecnológico mundial, aunque el campo de batalla sea europeo. Los ingenieros de los dos bandos desempeñarán entonces un papel importante tanto en la invención y fabricación de nuevas armas, cuyos resultados

¹⁴ A. FOURCY, 1987; B. BELHOSTE, A. DAHAN-DALMEDICO y A. PICON, 1994; J. P. CALLOT, 1982; etcétera.

¹⁵ Véase a este respecto el capítulo de P. J. RAMÓN y M. SILVA: «El Real Conservatorio de Artes (1824-1887), cuerpo facultativo y consultivo auxiliar en el ramo de industria», en el siguiente volumen de esta colección. También, P. J. RAMÓN TEJELLO, 2003; A. CAPITAN DÍAZ, t. 1, 1991.

¹⁶ M.-Y. BERNARD, 1994; R. FOX, 1974; *Les Cahiers d'Histoire du CNAM*, 1991-1996; A. MERCIER, 1989.

¹⁷ C. FONTANON y A. GRELON, 1994.

se miden por el número de muertos que estas máquinas y productos pueden causar, como en la organización de la producción en la retaguardia, el segundo frente, cuyo buen funcionamiento era crucial para permitir que la guerra prosiguiese. Los historiadores económicos, sociales y políticos se ponen de acuerdo en general para decir que en este momento comienza una nueva época.

Para preparar esta visión de conjunto, hemos tenido que apoyarnos en una historiografía¹⁸. Se plantean varios problemas con respecto a ella. No existe, hablando con propiedad, historia de los ingenieros europeos en la que fundarse. Los estudios se han desarrollado particularmente sobre los países llamados *del centro de Europa* y se centran prioritariamente en ciertas temáticas. Los trabajos relativos a Gran Bretaña, o más exactamente Inglaterra, cuna de la industrialización, son evidentemente los más numerosos¹⁹. Alemania tiene igualmente una rica tradición historiográfica en la materia²⁰. El caso francés ha sido estudiado, sobre todo, por investigadores anglosajones que parecen haber experimentado una verdadera fascinación por el modelo del politécnico, a veces considerado como el ingeniero típico francés —en detrimento de todos los demás—²¹. Sin embargo, después de las primeras olas historiográficas, otros países europeos han sido progresivamente objeto de serias investigaciones: Bélgica o Suiza, por ejemplo²². También han investigado el tema las fecundas escuelas históricas española²³ y portuguesa²⁴. Muchas obras se centran en estudiar un caso: un personaje, una institución, una administración²⁵.

Los estudios comparados tratan a menudo sobre la enseñanza, campo que está, por otro lado, muy cubierto por la bibliografía, no solo para los países tradicionales²⁶.

¹⁸ Además de la selección de obras representativas de la bibliografía véase, como complemento, A. TERNIER: «Bibliographie», *Culture Technique*, 12, 1984, pp. 343-374; «Selected Bibliography», en R. FOX y A. GUAGNINI, 1993, pp. 277-287.

¹⁹ Por no dar más que algunos ejemplos, citemos los trabajos de R. A. BUCHANAN, A. W. SKEMPTON o C. DIVALL.

²⁰ Véanse, por ejemplo, los trabajos de W. KÖNIG, P. LUNDGREEN, H.-J. BRAUN, R. FEIGE y E. DORN BROSE.

²¹ Entre estos es necesario señalar primero los trabajos de R. FOX, G. WEISZ, A. GUAGNINI, S. CRAWFORD y E. KRANAKIS.

²² R. BRION, 1986; J. BAUDET, 1986; S. PAQUIER, 1998; M. COSANDEY, 1999.

²³ Podemos citar la obra de J. M.^a ALONSO VIGUERA (1944), o también las de R. GARRABOU, S. RIERA y TUEBOLS, G. LUSA MONFORTE, A. ROCA-ROSSELL, C. PUIG-PLA y R. ALBERDI, entre otros.

²⁴ Véanse en particular los numerosos trabajos de M. P. DIOGO, A. CARDOSO DE MATOS, M. L. SANTOS y M. de L. RODRIGUES.

²⁵ Para no dar más que unos pocos de los numerosos ejemplos, citemos la obra de M. Z. BROOKE (1970) sobre Le Play, o la de M. LETTE sobre Le Chatelier; la de A. F. GARÇON (2004) sobre la *École des mineurs de Saint-Étienne*; la de A. D. GARNER y E. W. JENKINS (1984) sobre los «English Mechanics' Institutes»; etcétera.

²⁶ Véase, además del volumen que enumera diferentes casos nacionales de R. FOX y A. GUAGNINI (1993), los trabajos de M. EFEMERTOVA y de K. ZEITHAMMER que tratan sobre los países checos; de A. KOSTOV sobre los países balcánicos, de K. CHATZIS sobre Grecia, de T. MYLLYNTAUS sobre los países nórdicos, etcétera.

¿Es por el interés de este campo o porque, en la mayoría de los casos, los centros han conservado o depositado sus archivos, y el historiador puede entonces disponer de un corpus bien delimitado para comenzar sus investigaciones? Lo uno no excluye lo otro, sin duda. Los trabajos sobre las carreras de ingenieros son menos numerosos, no los de los personajes emblemáticos, en cada país el honor de la profesión, sino los de los ingenieros normales, los que cada día hacen funcionar los talleres o llenan los despachos de estudios. Se trataría, sin embargo, de investigaciones de sociología histórica del más alto interés. En cuanto a la cuestión de los modos de pensamiento, los valores, las ideologías de los ingenieros, esta queda todavía por descifrar en su mayor parte, a pesar de algunos estudios pioneros²⁷. Es cierto que en todos los países el acceso a los archivos de las empresas no es en general fácil, e incluso, cuando se logra entrar a ellos, los investigadores no siempre tienen la posibilidad de acceder a los expedientes de personal, y menos a los de los directivos.

Ante tal historiografía, se aprecia claramente la existencia de a veces importantes desfases temporales entre los países, en lo relativo a creaciones de centros de enseñanza, a la fundación de asociaciones profesionales o en cuanto a la institucionalización de la nueva profesión y a su renombre social. Pero también, que el proceso es más o menos largo según las características económicas, políticas y sociales de cada Estado. Veremos además que sobre todas estas cuestiones, durante la mayor parte del periodo considerado, el Reino Unido conserva una posición original con respecto a la Europa continental. Sin embargo, más allá de todos estos contrastes, queda una característica básica común para esta nueva categoría de actores: no se percibe diferencia de naturaleza entre los ingenieros de los distintos países europeos. Y esto no es casualidad: han buscado parecerse, se han alimentado recíprocamente de sus experiencias por medio de sus revistas científicas, por los viajes de estudios, de negocios o incluso... de espionaje industrial²⁸; todos han comulgado con la misma esperanza de un mundo más racional, luego más organizado y, en consecuencia, orientándose hacia un progreso social gracias a las ciencias y a las técnicas; todos se han entusiasmado con las grandes realizaciones técnicas y todos han admirado los avances de la ciencia presentados en las exposiciones universales.

No es, pues, ilícito para el historiador el esbozar aquí una aproximación de los ingenieros de Europa en el siglo XIX. Por supuesto, este retrato será trazado a grandes rasgos, sin entrar en detalles. Nos apoyaremos solamente en algunos ejemplos, tomados de diversos países, que nos parezcan emblemáticos.

²⁷ Véase, por ejemplo, el libro de A. PICON (2002) sobre los «saint-simonistas».

²⁸ Estas preguntas se han abordado sobre todo en el coloquio «De la diffusion des sciences à l'espionnage industriel: xv^e-xx^e siècle», organizado en Lyon los días 30 y 31 de mayo de 1996 por la Société Française d'Histoire des Sciences et des Techniques. Véanse sus *Actes*, editadas por A. GUILLERME (1999) y, en particular, el artículo de G. EMPTOZ: «Transferts d'innovations et développement industriel entre la Belgique et la France sur les combustibles des chemins de fer (1840-1870)».

II

LA FORMACIÓN

En el siglo XIX coexisten dos grandes modalidades de formación de los ingenieros: por una parte, la formación práctica en el marco del trabajo, que permite adquirir progresivamente un reconocimiento del medio profesional y del empleador y acceder a una cualificación de ingeniero; por otra parte, una formación académica en el seno de centros especializados que preparan para el futuro oficio mediante cursos teóricos de diferentes disciplinas, trabajos prácticos que posibilitan manipulaciones físicas o químicas, y visitas comentadas a lugares o fábricas que ofrecen una primera aproximación al mundo del trabajo.

La primera modalidad es tradicional y se encuentra ya en los ingenieros medievales o del Renacimiento: los debates de los ingenieros sobre la construcción de la cúpula de la catedral de Milán, al pie del coro, son uno de los ejemplos más famosos de ello. Esta tradición ha continuado hasta la era industrial, que la ha retomado en el seno del taller, en el marco de la empresa. Se realiza merced al contacto con las realidades industriales y gracias al seguimiento del recién llegado por los hombres experimentados, que se comportan como tutores a lo largo de este aprendizaje, confiándole progresivamente tareas cada vez más complejas en función de los conocimientos que va adquiriendo. Es una tradición común a toda Europa, y, desde este punto de vista, Inglaterra, el primer país que desarrolló un proceso estructurado de industrialización, dispone así de numerosos expertos técnicos competentes que se extenderán por millares en Francia y otros países de Europa (sobre todo, Bélgica y los países alemanes) desde el final del bloqueo continental, a partir de 1815, a petición de los industriales, que de esta manera se benefician de profesionales cualificados que no han tenido que formar. Por lo demás, Inglaterra va a organizar este tipo de formación como un verdadero sistema: los empleadores utilizan el aprendizaje para educar a los directivos de sus empresas en todos los niveles, incluyendo el gerencial y el técnico. Los jefes de empresa que controlan el desarrollo de la formación suelen estar muy vinculados a ella. Este también es el caso de las sociedades profesionales de ingenieros, que completan esta formación práctica con conferencias más teóricas o debates sobre cuestiones de actualidad, incitando también a sus nuevos miembros a presentar trabajos personales antes de ser titulados al cabo de varios años en la corporación. Para poder integrarse en este sistema, los postulantes están obligados a buscar un padrino al que deben pagar para que les haga el seguimiento en la empresa. Cuanto más elevado sea el futuro potencial, ya se trate de enseñanza técnica o de dirección de empresas en un despacho o en un taller, más larga será la propedéutica y más elevado el coste de la operación. Este modo de educación propio del Reino Unido se prolongó a lo largo de la centuria, a pesar de que, a partir del último tercio del siglo XIX, se levantaron algunas voces para reclamar una formación más normalizada con un ciclo de estudios teóricos más elabora-

do²⁹. En el marco de las nuevas universidades que se construyen en aquel momento —las *brick universities* o *civic universities*— es en el que se instruye en lo sucesivo a esta nueva categoría de ingenieros³⁰. Pero parece que las empresas británicas todavía dudarán ante esta mano de obra de nuevo cuño.

Como ya hemos dicho, el ingeniero civil era en principio un hombre con experiencia formado en el taller y en las obras. La figura del técnico superior proveniente de una formación reglada de alto nivel irá apareciendo poco a poco a lo largo de toda Europa. Es un largo proceso que se extenderá más allá del siglo XIX. El estándar del ingeniero contemporáneo procedente de un centro de nivel universitario, después de varios años de estudios superiores, es del siglo XX³¹. El siglo precedente, el que nos ocupa, hoy puede ser visto como el periodo de construcción y de organización generalizada de la formación superior para esta categoría de ingenieros. Evidentemente, con intensidad muy variable, algunos Estados habían creado en el siglo XVIII escuelas que preparaban para entrar en sus cuerpos administrativos; estas van a multiplicarse en el siglo XIX, tanto en Francia como en España, Rusia, Sajonia o Prusia. Pero estos establecimientos no tienen en principio vocación de instruir a los jóvenes en vista de su inserción en la economía privada. Se sabe, sin embargo, que los miembros de los cuerpos del Estado pueden dimitir de su función para fundar una empresa o integrarse en una gran compañía³². También pueden, con el asentimiento de su organismo de tutela, disfrutar de una excedencia durante un tiempo y convertirse en consejeros de industriales o de banqueros³³, incluso a veces desempeñar esta función en paralelo con su trabajo para el Estado³⁴. Pero no se trata más que de un puñado de individuos, y solo con ellos no se puede estructurar una nueva profesión. Para responder a una cierta demanda de la sociedad civil, los Estados pueden abrir la puerta de sus escuelas a algunos jóvenes que llegan a ser alumnos externos³⁵. Estos no tienen ningún

²⁹ Este problema ha sido claramente puesto en evidencia en los trabajos de R. A. BUCHANAN y en el libro de H. F. GOSPEL (1991).

³⁰ Sobre esta cuestión, véase A. GUAGNINI (1984), que presenta los ejemplos de dos instituciones situadas en Manchester: el Owens College y la Manchester Technical School.

³¹ Véase, por ejemplo, la *Gran enciclopedia soviética*, que define al ingeniero como «especialista procedente de la enseñanza superior» (*Bol'shaja sovjetskaja enciklopedija*, Moscú, Sovetskaja Enciklopedija, 1972, 3.ª ed., p. 272, col. 803).

³² En la jerga parisina de la École Polytechnique, este fenómeno se denomina *pantoufflage*. La creación de un término específico muestra claramente su carácter recurrente.

³³ En Francia, por ejemplo, este era el caso de Louis Le Chatelier, ingeniero de minas, consejero de los hermanos Péreire, célebres banqueros del Segundo Imperio (véase A. THÉPOT, 1998; M. LETTE, 2004).

³⁴ Este es claramente el caso de Frédéric Le Play, que desempeñó durante doce años (1844-1856) a distancia la gestión y la reorganización de las fábricas metalúrgicas del fabricante ruso Anatole Démidov en los Urales (véase D. e I. GOUZÉVITCH, 2003).

³⁵ Este era el caso en París de los alumnos externos de la École des Mines, reclutados entre los hijos de industriales y que seguían el conjunto de los cursos impartidos a los politécnicos, futuros miembros del Cuerpo de Minas.

derecho a pertenecer a un cuerpo de funcionarios, pero pueden seguir la formación que se imparte en la escuela, y con solamente el certificado de que han seguido este ciclo de estudios pueden presentarse en el mercado de trabajo privado. Aun entonces, el flujo es notoriamente insuficiente para dar lugar a una masa crítica que permita la aparición de una nueva categoría profesional.

Será, pues, necesario que se creen nuevas instituciones especialmente dedicadas a proporcionar al sector privado los expertos técnicos que se supone que necesita. Esto no se hará sin dudar, pues las salidas son problemáticas. Antes de presentar brevemente esta aparición y el desarrollo de este movimiento de creación europeo, hay que hacer una advertencia. En la actualidad, ahora que el sistema de formación de los ingenieros está bien establecido, tendemos espontáneamente a considerar a los centros del siglo XIX en función de esta organización y a catalogarlos a partir de nuestras referencias actuales. En particular, cuando clasificamos la enseñanza técnica en niveles superior y medio, o secundario. Para nuestros contemporáneos, los jóvenes diplomados procedentes de la primera categoría son evidentemente ingenieros, y los procedentes de la segunda son técnicos. Este no siempre es el caso en el siglo XIX. La distinción entre superior y media para una rama de la enseñanza que está todavía en curso de elaboración y de definición no es fácil de establecer en todos los casos. No es seguro que para los hombres de las primeras décadas del siglo XIX haya tenido un sentido. Por ello, las clasificaciones establecidas por los historiadores de la educación en columnas distintas, si bien son útiles para nuestra comprensión, sin duda reflejan solo una parte de la realidad de la época. Además, actualmente sabemos que los ciclos de la enseñanza superior dan acceso a profesiones que se sitúan en lo alto de la escala social y que los ingenieros forman parte de ella: existe una homología entre la formación y la profesión. Pero ¿qué había de todo esto en el siglo XIX? ¿Bastaba con que un individuo se hubiera educado en el *Gewerbe Institut* de Berlín en 1839 para que fuera nombrado públicamente ingeniero civil, para que la formación de la que procedía fuese reconocida como superior? Y, en esa época, ¿pertenecía a las profesiones superiores la de ingeniero civil? Hemos de ser, pues, muy prudentes en las apreciaciones.

Además, estas instituciones educativas no son estables a lo largo del siglo. El contenido de su plan de estudios evoluciona generalmente en el sentido de reforzar las enseñanzas científicas. Los antiguos alumnos que se colocan en alguna de las ramas de la economía y alcanzan situaciones sociales y profesionales bien consideradas contribuyen a hacer conocer el centro que les ha formado y a asentar su reputación. Luchan para que su escuela de origen se posicione mejor en el campo de la enseñanza técnica frente a la competencia de otras instituciones. El caso de las escuelas de artes y oficios en Francia, bien estudiado por el historiador canadiense Charles Day, es a este respecto particularmente emblemático: en el momento de su creación por Napoleón se supone que estas escuelas van a formar obreros para la industria. Pero la industria de la época no está tan desarrollada, y son sobre todo artesanos de oficios tradicionales los que salen de estas escuelas. Algunas décadas más tarde se les

encuentra en la industria, mecánica sobre todo, en puestos de contra maestros o de jefes de taller. Muchos de ellos se establecen por su cuenta y crean empresas: no dudan entonces en autodenominarse *ingenieros*. Su asociación, que se creó en 1847, presiona regularmente a las escuelas para mejorar el nivel de formación³⁶. En 1907, finalmente, después de un siglo de esfuerzo, las escuelas de artes y oficios obtienen del Estado francés el derecho de expedir un título oficial de ingeniero. Sin embargo, la historia demuestra que el hecho había precedido al derecho³⁷.

Un corte histórico clásico escinde la historia de las escuelas de ingenieros en el siglo XIX en dos periodos. El primero se extiende durante una parte importante de la centuria y estaría en correlación con el auge de la primera revolución industrial. El segundo correspondería con la aparición de la segunda revolución industrial al final del siglo, con nuevas formaciones de ingenieros³⁸. Se puede proponer una acomodación de esta presentación tradicional y considerar en realidad tres etapas: la de nacimiento, la de crecimiento y la de consolidación de las instituciones de formación de ingenieros civiles que determinan un sistema al final del Ochocientos.

La primera fase es la de los centros educativos pioneros que construyen tanteando un ciclo de estudios específico para formar expertos técnicos (no los llamaremos necesariamente *ingenieros* en dicha época). Tanto los *mechanic's institutes* escoceses como los *gewerbe Schulen* alemanes, el Teknologiska Institutet de Estocolmo, la École des Mineurs de Saint-Étienne o incluso la Academia Politécnica de Oporto entran en esta categoría³⁹.

El ejemplo del establecimiento portugués y de su evolución a lo largo del siglo XIX es, por otra parte, particularmente esclarecedor de la corriente que reina todavía en este periodo en la forma de concebir el perfil del ingeniero civil y de definir su función. Creada en 1837, la Academia Politécnica de Oporto se plantea en principio como objetivo formar ingenieros en todas las especialidades (minas, construcción naval, obras públicas...), pero también comerciantes, pilotos para la navegación, agricultores, jefes de empresa y artesanos⁴⁰. Falta que sus promotores, a imagen de otras

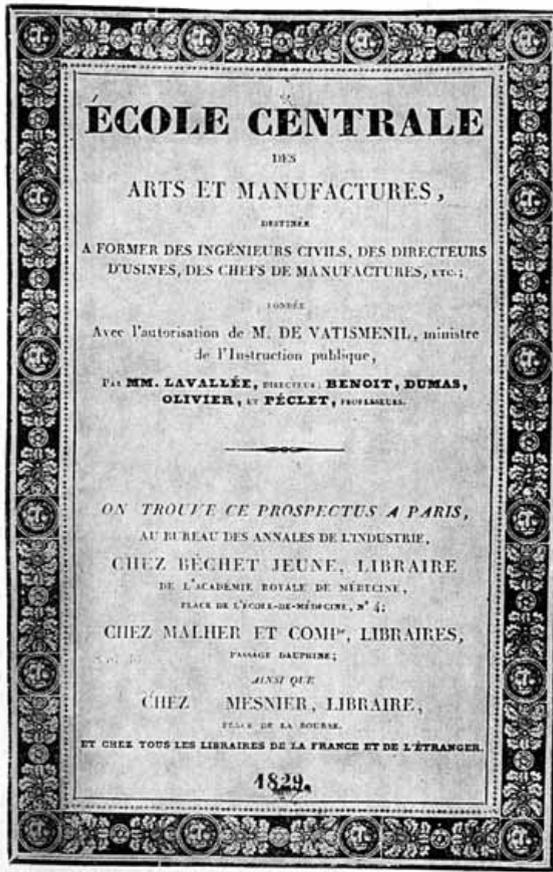
³⁶ Se trata de la Société des Anciens Élèves des Écoles d'Arts et Métiers. Véase SAE-ENSAM, 1980.

³⁷ C. R. DAY, 1978, 1987 y 1991.

³⁸ P. LÜNDGREEN, 1990, pp. 35-36.

³⁹ R. FEIGE, 1987; T. MYLLYNTAUS, 2005; A. F. GARÇON, 2004.

⁴⁰ Su vocación específica de escuela de ingenieros no se afianza hasta 1885 como consecuencia de una reforma de la enseñanza que la orienta hacia la promoción de tres perfiles de expertos —ingeniería civil de obras públicas, ingeniería civil de minas e ingeniería civil industrial—. Curiosamente, en una época en la que en Francia es cuestionado el sistema de formación de ingenieros del Estado (con su tronco común dispensado por la Polytechnique y las escuelas de aplicación), la Academia Politécnica de Oporto se encarga de preparar el acceso a la escuela del Ejército, a la escuela naval e incluso a los estudios de Farmacia y de Medicina. Tenemos aquí, pues, un híbrido inimitable de inspiraciones diversas moldeado según las necesidades específicas del contexto político-económico portugués (véase M. de L. RODRIGUES, 2005, pp. 144-146).



4.2. «Escuela Central de Artes y Manufacturas, destinada a formar ingenieros civiles, directores de fábricas, jefes de manufacturas, etc.; fundada con la autorización del señor De Vatismenil, ministro de Instrucción Pública, por los Sres. Lavallée, director; Benoit, Dumas, Olivier, y Pécelet, profesores», París, 1829.

escuelas de este tipo citadas más adelante, se propongan como tarea principal responder a una naciente demanda industrial, aunque a veces incluso la preceden.

En esta categoría, es necesario hacerle un sitio particular a un centro francés que va a desempeñar un papel de arrastre importante en Francia y también en Europa, y que va a obligar al resto de establecimientos a posicionarse con respecto al modelo que este propone. Se trata de la École Centrale des Arts et Manufactures de París, establecimiento privado fundado por cuatro expertos y un hombre de negocios en 1829.

Esta escuela innova poniendo en marcha un ciclo formativo enteramente pensado y organizado alrededor de un concepto, la «ciencia industrial», específico del ingeniero civil⁴¹. En la perspectiva del estudio de la profesionalización del oficio, esta proposición es muy importante, pues señala por primera vez el anuncio oficial de un corpus disciplinar que sería propio del ingeniero, tal y como ya ocurría con profesio-

⁴¹ A. GRELON, 2005.

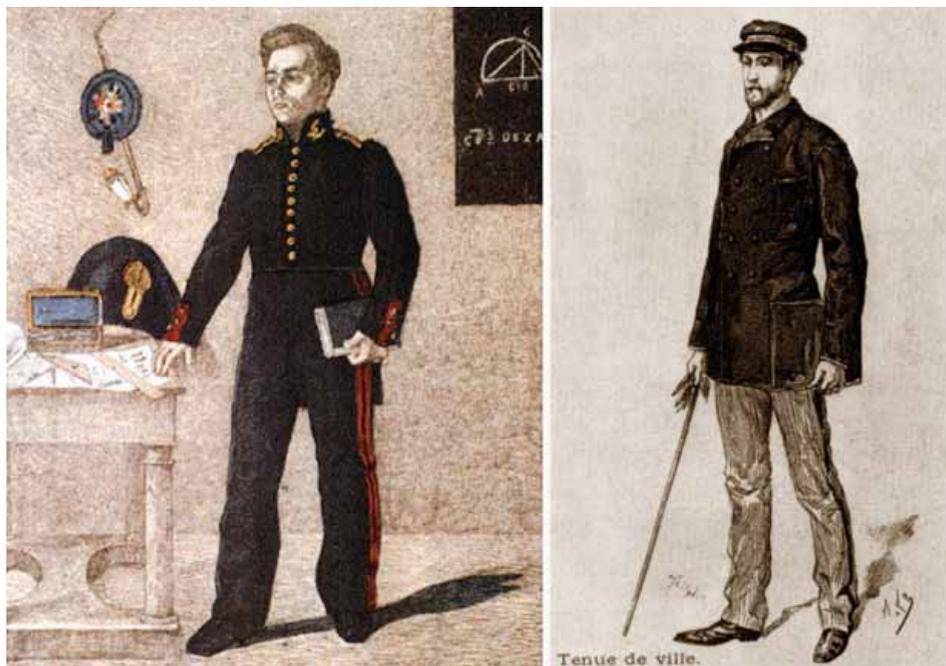
nes instaladas y reconocidas, como médicos y juristas. Poco importa aquí que esta ciencia industrial tome préstamos de otras disciplinas ya existentes o las integre completamente. La fe del creyente puede validar la doctrina. Segundo elemento fundamental: a la salida de los tres años de formación evaluados regularmente mediante exámenes y la entrega de proyectos, y con la condición de aprobar el examen final, el alumno recibe un diploma de «ingeniero civil de las artes y manufacturas»⁴². Esto también es un cambio. Acabamos de decir que el joven salido de una escuela de un cuerpo del Estado no obtenía inmediatamente su *grado de ingeniero*, el cual no era más que una etapa en la jerarquía de funcionario. Por otra parte, en el mundo industrial, no llega a ser ingeniero por la vía tradicional más que aquel que ha adquirido, después de años de experiencia y de innovación, la capacidad de ocupar una *función de ingeniero*. En lo sucesivo, por un verdadero abuso de autoridad, los fundadores de la École Centrale quieren hacer admitir una nueva definición de ingeniero: aquel que ha seguido una formación escolar fundada sobre la ciencia industrial y cuya capacidad para aplicar esta ciencia, una vez integrado en el mercado laboral, ha sido reconocida por el hecho de haber obtenido el título. En lo sucesivo ya no serán necesarias las pruebas en el taller: el pergamino es suficiente. Esta definición va a imponerse de manera universal: un ingeniero será aquel que tiene un *diploma de ingeniero*. Poco a poco el diplomado va a situarse en un nivel superior al del práctico, y el autodidacta tendrá cada vez más dificultades para hacer que se reconozcan sus competencias. Pero aquí estamos anticipándonos, pues este fenómeno no será constatable hasta el siglo XX⁴³.

El éxito de este modelo es inmediato más allá de las fronteras, lo que demuestra que el principio propuesto por los fundadores de la École Centrale respondía a una necesidad, por lo menos de la vanguardia instruida del mundo económico e industrial⁴⁴. La escuela recibirá inmediatamente numerosos alumnos extranjeros: así, desde

⁴² En el último curso, los estudiantes de ingeniería pueden elegir entre cuatro especialidades que se corresponden con las actividades más importantes de los ingenieros en la época: construcciones civiles, química, metalurgia y mecánica. Sin embargo, incluso durante esta última parte, muchos de los cursos siguen siendo comunes al conjunto de los alumnos. Esto es porque la École Centrale quiere expedir un diploma de ingeniero generalista. ¡Gustave Eiffel había estudiado la especialidad de Química, pero es en las construcciones civiles en las que es universalmente conocido!

⁴³ El tema de la formalización de los diplomas y sobre todo de su protección contra una utilización indebida se plantea en toda Europa en el siglo XX. En lo relativo a este tema, véase la introducción y los capítulos de las partes I y II de A. GRELON, 1986.

⁴⁴ Aunque no todos sus antiguos alumnos se hayan convertido en celebridades de la industria, la École Centrale se enorgullece de haber formado a ingenieros como Panhard y Levassor (1864) y a uno de los miembros de la dinastía Peugeot (1895), los tres pioneros del automóvil; a Aristide Bergès (1852), precursor de la hidroelectricidad alpina; a Henry de Wendel (1865), uno de los herederos de esta antigua familia de metalúrgicos, e incluso a André Michelin (1877), fundador junto con su hermano Édouard de una célebre manufactura de neumáticos... Y también a Gustave Eiffel (1855) (véase C. NEUSCHWANDER, 1960).



4.3. Uniforme de la École Centrale des Arts et Métiers: (1) *Uniforme de 1832 (el joven Loustau), que al parecer no fue profusamente empleado (M. SILVA SUÁREZ, Uniformes y emblemas de la ingeniería civil española, 1835-1975, Institución «Fernando el Católico», Zaragoza, 1999);* (2) *Vestimenta de paseo, mediado el siglo (C. NEUSCHWANDER, 1960).*

su fundación hasta 1879, la ECAM formará a 77 españoles. Igualmente, se sucederán las misiones de información venidas de diferentes países, incluyendo las de Inglaterra. Algunos de sus ex alumnos abrirán escuelas inspirándose en la institución donde se habían formado, como ocurrió en Lausana y Madrid (posteriormente, en Barcelona, Sevilla y Valencia)⁴⁵.

Llegamos aquí a la segunda etapa, que comienza a partir de la mitad del siglo. Hacia 1850, en efecto, la industrialización se ha extendido a lo largo de toda Europa, las vías férreas desarrollan su tela de araña por todo el continente, aparecen importantes innovaciones con los procedimientos de Bessemer y después de Siemens-Martin, que permiten unas producciones colosales de acero, la invención del primer método de obtención industrial del aluminio, el descubrimiento de los primeros colorantes artificiales, etcétera. Se abren nuevas escuelas que en lo sucesivo corresponden más a lo que nuestro espíritu contemporáneo llamaría una *formación de ingeniero civil*. Es el caso de la École des Arts et Manufactures de Lieja (1836), el Real Instituto

⁴⁵ Véase S. PAQUIER, 2005, p. 28; G. LUSA MONFORTE, 2005, p. 37.

Industrial de Madrid (1850), la Escuela de Ingenieros de Barcelona (1851), la *École des Ingénieurs de Lausana* (1853) e incluso de nuevas escuelas de Química y de Minas que se abren en Inglaterra y que se fusionarán rápidamente, en 1872⁴⁶. Otras escuelas revisan su currículum, como la Escuela Real Politécnica de Copenhague hacia 1850⁴⁷ o la Escuela Imperial Técnica de Moscú hacia 1867⁴⁸. Este es también el periodo en el que se crea una importante institución, la Escuela Politécnica Federal de Zúrich (1854-1855), que ofrece un nuevo tipo de ciclo de estudios⁴⁹. En efecto, los establecimientos de enseñanza forman hasta entonces a un tipo de ingeniero generalista susceptible de conocer todos los compartimentos de la empresa. Inspirándose en lo que ya se hacía en Karlsruhe, pero amplificando, justificando y teorizando el procedimiento, la Escuela de Zúrich reúne bajo un mismo techo entidades autónomas y especializadas. Es un punto de vista pragmático, de hombres que quieren tener a disposición de las compañías industriales colaboradores rápidamente operativos cuya vocación no es llevar —o al menos no directamente— la dirección de las empresas, sino desarrollar nuevas tecnologías en unos departamentos especializados. Uno de los fundadores, Deschwanden, ha trabajado en una gran empresa de construcción mecánica, Escher, Wyss y Cía., y ha podido constatar la naturaleza de las tareas que incumben a los ingenieros. Este modelo va a tener un gran éxito en el siguiente periodo.

Al final del siglo y al principio del xx, las industrias que comprenden en todos los sectores grandes empresas reclaman expertos técnicos especializados. Es el auge de nuevas ciencias aplicadas, muy especialmente la electricidad, que de fenómeno de laboratorio pasan a ser en unos años disciplinas industriales, incitando a formar ingenieros perfectamente preparados en campos específicos⁵⁰. En Alemania se organizan *technische Hochschulen*, que tienen departamentos de especialidades y que además desarrollan laboratorios de investigación industrial en los que los trabajos son

⁴⁶ Sobre estas escuelas, véase J. BAUDET, 1986; S. PAQUIER, 2005; y G. LUSA MONFORTE, 2005.

⁴⁷ H. VACHER, 2003.

⁴⁸ Este último centro, creado sobre la base de la Escuela de Artes y Oficios de Moscú (1830), ha sufrido a partir del comienzo de los años 1860 una serie de reorganizaciones de inspiración francesa (*École Centrale* y *Conservatoire des Arts et Métiers*). Promocionado en 1867 al rango de centro superior bajo el nombre de Escuela Imperial Técnica de Moscú, ha ganado rápidamente notoriedad en el campo de este tipo de formación, tanto en Rusia como fuera de sus fronteras. El «método ruso» de enseñanza surgido de esta reforma ha dado la vuelta al mundo aculturizándose, primero en los Estados Unidos gracias a la Exposición Universal de Filadelfia de 1876 (Instituto Tecnológico de Filadelfia), y después, a través de este país, en Japón (Tokyo Institute of Technology, 1881). Véase sobre este tema I. GOUZÉVITCH, 1996, y M. KAJI: «The Development of Technical Education in Modern Japan from 1870s to 1950s: the case of the Tokyo Institute of Technology», en I. GOUZÉVITCH y A. GRELON, 2004.

⁴⁹ S. PAQUIER, 2005.

⁵⁰ Se ha consagrado una importante obra a la aparición y evolución de este tipo de enseñanza a lo largo de Europa. Véase A. GRELON y G. RAMUNNI, 1997. Para un caso francés más particular pero estudiado de manera muy detallada, F. BIRCK y A. GRELON, 2006.

calificados a partir de 1899 por un grado científico de doctor ingeniero. Lo que Wolfgang König ha mostrado en un libro merecidamente celebrado es la importancia del trabajo en la empresa de los ingenieros que, en el caso de la electricidad, se enfrentan a fenómenos complejos no reproducibles en laboratorio, por ejemplo con el transporte de corriente de alto voltaje entre largas distancias. Los fenómenos industriales no reproducen lo que pasa a pequeña escala con los aparatos de laboratorio. Es, pues, necesario encontrar soluciones innovadoras que enseguida son transmitidas y enseñadas en las universidades y sobre todo en las escuelas superiores de ingenieros. Por ello, dice König, más que dar interminables explicaciones sobre las *based science industries*, habría que hablar de la *industry based science*⁵¹. La antigua ciencia industrial del primer tercio del siglo XIX es pasado. En lo sucesivo se enseñarán las nuevas ciencias del ingeniero, lo que nos conduce directamente al siglo XX.

III

EL INGENIERO CIVIL EN EL MERCADO DE TRABAJO

A decir verdad, se saben pocas cosas sobre el trabajo concreto de los ingenieros civiles en el siglo XIX; el de los ingenieros normales, se entiende. La historiografía sobre este punto es pobre, ya se trate de trabajos eruditos o de placas conmemorativas de establecimientos o de sociedades de ingenieros. Las asociaciones de antiguos alumnos, por ejemplo, exaltan el culto de sus grandes hombres, y los diccionarios biográficos hacen lo mismo, como el célebre *Life of Engineers* de Samuel Smiles⁵², por no hablar de las necrológicas que los investigadores coleccionan al azar de los periódicos técnicos y científicos antiguos cuando intentan constituir prosopografías. Si diéramos por buena esta literatura, el mundo de los ingenieros civiles no estaría lleno más que de héroes sublimes, fundadores de empresas poderosas e innovadoras, o inventores fecundos que han promovido técnicas útiles a la industria, procedimientos admirables que conducen a la felicidad de los pueblos, reconocidos finalmente como bienhechores de la humanidad. Aunque muchos ingenieros civiles sean personalidades eminentes, aunque algunos de ellos vean su recuerdo justamente honrado, la realidad es más prosaica. Para comprender una profesión y constatar su evolución, interesarse por sus grandes hombres tiene una eficacia limitada: son los árboles que esconden el bosque. Por supuesto, participan en la construcción de la profesión: como personajes públicos, dan una imagen fuerte y positiva del mundo de los ingenieros. Federan simbólicamente al medio, pues los ingenieros anónimos pueden considerar que se benefician de una parte del aura de estas «estrellas» de la profesión, que tienen, pues, claramente, una función de representación. Pero el investiga-

⁵¹ W. KÖNIG, 1995 y 1996.

⁵² S. SMILES, 1862.

dor en ciencias sociales no puede conformarse solamente con estos retratos para analizar la implantación de este nuevo grupo profesional en el mercado de trabajo del personal técnico y examinar su papel en el desarrollo y la consolidación de la industrialización.

Los historiadores de la economía que han estudiado el nacimiento y auge de las firmas industriales se interesan poco por los actores de este sector, si no es por los fundadores de estos imperios y eventualmente por sus herederos⁵³. Disponemos de amplios estudios sobre el desarrollo de las compañías del ferrocarril, por ejemplo, pero es el mercado de capitales, las fusiones o captaciones de estas sociedades, la organización de las redes, la puesta en marcha de nuevas tecnologías (calidad frente a coste de los raíles, rendimiento de las locomotoras...) y sus efectos sobre la rentabilidad de estas firmas lo que les interesa. Los historiadores sociales se centran en la condición obrera o analizan las relaciones de clase entre patronal y proletariado. El puñado de ingenieros que ejercen su oficio resulta generalmente invisible. Los historiadores de las ciencias y de las técnicas examinan las condiciones del descubrimiento de tal o cual nueva molécula o la influencia de tal o cual escuela matemática fecunda, hacen serias disertaciones sobre las supuestas relaciones de dependencia, interdependencia o autonomía entre ciencias y técnicas, pero los hombres que con éxito ponen en marcha, aplican y tienen como tarea hacer rutinarios estos nuevos conocimientos les importan rara vez o nunca. ¿Sería, pues, el ingeniero civil un «hombre sin imagen»?

Hay que decir que para los historiadores de los ingenieros la tarea no es fácil. Esta es una de las grandes dificultades del oficio de historiador, algo bien sabido: sin archivos, no hay historia. Ahora bien, el mundo industrial conserva poco. ¿Por qué podemos reconstruir la historia de las escuelas de ingenieros y de las universidades? ¿Por qué podemos también analizar el nacimiento y el desarrollo de un cuerpo de ingenieros del Estado? Porque una de las virtudes de la Administración es conservar sus archivos, aunque tampoco aquí sea todo perfecto. Rara vez ocurre esto en el mundo industrial, en el que generalmente se destruyen informes, materiales, edificios y máquinas, tantos como se crean. Hay que empezar de cero, y los ingenieros industriales, seres positivos que no viven en la nostalgia de un pasado convulso, son los abanderados de semejante movimiento. La noción de patrimonio industrial es claramente una invención del final del siglo XX que no preocupa a los hombres del XIX. Los archivos de las industrias que han podido ser salvados parcialmente son los de las grandes firmas. Pero no se sabe casi nada en concreto sobre el tejido industrial y sus miríadas de pequeñas e incluso muy pequeñas empresas... si no es a través de los censos y encuestas de la Administración: ¡otra vez ella! En particular, sobre el personal que contrataban, eventualmente ingenieros. E incluso los archivos de las grandes

⁵³ Véase, por ejemplo, la obra de J. AUTIN (1983) sobre los hermanos Péreire, la de C. BEAUD (1985) sobre los ingenieros del Creusot o también la de A. AUCLAIR (1999) sobre Eugène Flachet.

compañías son a menudo sorprendentemente discretos con respecto a la cuestión de los colaboradores y los informes de la carrera de sus ingenieros. Se ha de trabajar, pues, con lo que tenemos, y sobre todo con los boletines de las asociaciones de antiguos alumnos, que reúnen informaciones dispersas relativas a una parte de sus miembros, en función de las indicaciones que estos quieren dar⁵⁴. A partir de estos últimos no se obtienen, de todas maneras, más que versiones positivas, puesto que aquellos que han fracasado o que han cambiado radicalmente de orientación no nos dirán nada. Sin embargo, se pueden inferir algunas indicaciones generales.

Hay que recordar que en el mundo económico de la Europa continental del siglo XIX el sector industrial es minoritario. La industria en el balance económico no crece más que poco a poco con el avanzar del siglo, incluso en los países llamados *centrales* —con más razón, en los países de la segunda ola de industrialización (en particular los países de los Balcanes y la Península Ibérica)—. No hay, pues, un impulso poderoso en favor de estos recién llegados que son los ingenieros civiles. Estos deben penetrar en un mundo que no los espera.

En cualquier caso, se debe señalar que los sectores industriales constituidos hacía ya tiempo, las industrias ya maduras, habían funcionado hasta entonces sin ingenieros, con obreros experimentados, formados en el lugar de trabajo y que formaban a su vez a los recién llegados, y con contra maestres que repartían el trabajo y aseguraban el orden interno de estas colectividades. Este era, por ejemplo, el caso del sector textil. La instalación de nuevas maquinarias o su reemplazo eran tareas de los constructores a quienes se les había hecho el pedido. Habiéndose organizado eficazmente sin ingenieros, estos sectores se encontraban entre los más reticentes a contratarlos. Sin embargo, sobre el plano económico, a estas industrias tradicionales les corresponde el lugar más importante.

Son, pues, las nuevas industrias, las industrias de la innovación, las que van a contratar y a utilizar esta categoría de ingenieros. Por ejemplo, en los ferrocarriles. Pero, en esta nueva rama, los ingenieros civiles pueden verse compitiendo con los infiltrados de los cuerpos del Estado, quienes son susceptibles de facilitar las relaciones indispensables con las administraciones. Otro ejemplo: la industria del gas reclutará igualmente ingenieros a partir de mitad de siglo⁵⁵. Hay que señalar, por otra parte, que los países que acogen inversiones extranjeras para infraestructuras industriales pueden ver llegar a su territorio ingenieros que suplantán a los expertos técnicos locales, lo que constituye una dificultad suplementaria para poner en marcha un mercado de trabajo estable para esta nueva profesión⁵⁶. En todo caso, progresivamente, el inge-

⁵⁴ Citemos, a título de ejemplo, el *Bulletin de l'Association Amicale des Ingénieurs Anciens Élèves de l'Institut Electrotechnique et de Mécanique Appliquée de Nancy (Bulletin de IEN)*, 1-100 (1904-1946).

⁵⁵ Véase J. P. WILLIOT, 1999.

⁵⁶ El caso del Imperio ruso ofrece un ejemplo clarificador de este tipo de conflicto, calificado en la historiografía nacional como «segunda invasión francesa» (siendo la primera, por supuesto, la del

niero ya no es una figura inhabitual en el mundo de la empresa. Pero se trata más de una evolución que de una ruptura con procedimientos claramente establecidos.

En Francia, para el ingeniero civil que sale de una escuela, con el título en el bolsillo, amén del subempleo, existen grosso modo tres posibilidades:

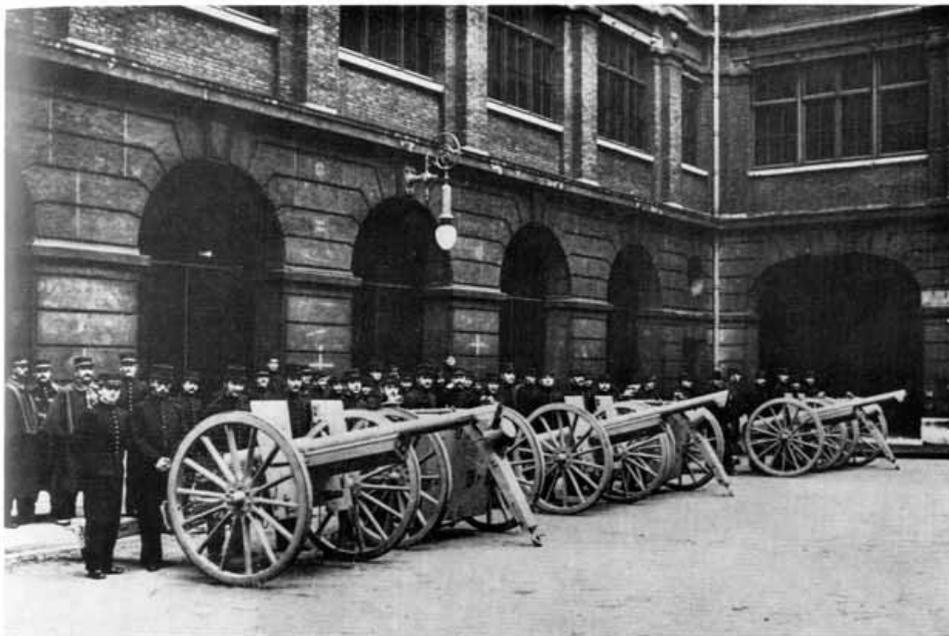
- 1.º Después de su periodo de formación, vuelve a la empresa familiar para reforzarla, diversificarla y reemplazar un día a la generación precedente. El hecho de salir de una escuela reconocida puede acrecentar su legitimidad para poner en marcha innovaciones.
- 2.º Trabaja para una firma o un grupo industrial, y comienza una carrera esperando posicionarse un día en el equipo directivo. Va a encontrar en esta progresión la competencia eventual de gente procedente de los cuerpos del Estado (por ejemplo, en la metalurgia, con los ingenieros del Cuerpo de Artillería que han dirigido fábricas de armas) y seguramente la de los colaboradores de la empresa que se han formado en ella.
- 3.º Abre un gabinete de consulta o trabaja para un gabinete de ingenieros-asesores. Es una fórmula que no es tan rara en el siglo XIX. Las empresas no tienen forzosamente necesidad de un ingeniero permanente a tiempo completo. Pero para poner en marcha procedimientos inéditos, para instalar y organizar un nuevo taller, para estudiar la oportunidad de una nueva implantación, llaman a especialistas que tienen como misión proponer soluciones tecnológicas efectivas⁵⁷. El caso ha sido bien estudiado para las industrias papeleras en Francia⁵⁸. Los gabinetes de ingenieros asesores reclutan jóvenes especialistas que llenan sus despachos de estudios y dan así sus primeros pasos en el mundo industrial antes de integrarse eventualmente en una empresa cliente.

Se trata aquí de tendencias que se pueden desprender a partir de una historiografía de la que ya se ha dicho que tenía lagunas. Por ejemplo, en España también es

ejército napoleónico de 1812). Esta se asocia con la actividad en Rusia de una compañía francesa dirigida por el politécnico Charles E. Collignon, que había obtenido concesiones para construir las líneas del ferrocarril después de la guerra de Crimea. Fruto de las negociaciones políticas de después de la guerra, dichas concesiones se creaban en detrimento de los empresarios nacionales y, por esto mismo, perjudicaban a la economía del país, a pesar de la afluencia de los capitales extranjeros al Estado, arruinado por la derrota. En razón de la marginalización de los ingenieros rusos, de la mala gestión de los trabajos, llevados apresuradamente por gente de fortuna, del empleo de tecnologías anticuadas, había más fracasos que realizaciones posibles. El desarrollo normal de la escuela nacional de obras públicas se retrasó quince años al menos a causa de esta coyuntura. Señalemos, por decirlo todo, que ciertas fuentes francesas sostienen una opinión diametralmente opuesta: admiten el fracaso, pero lo imputan a los rusos. Véase J. B. KRANTZ: «Notice sur la vie et les travaux de M. Charles-Étienne Collignon», *Annales des Ponts et Chaussées*, XI (35), 1886, pp. 820-829.

⁵⁷ Véanse A. AUCLAIR (1999) y P. PEYRE (1994).

⁵⁸ L. ANDRÉ (1996).



4.4. Militarización parcial de la *École Centrale des Arts et Métiers*, de París, a finales de siglo: *Tras la derrota francesa en la guerra franco-prusiana, los estudiantes formaron parte de la oficialía de reserva de la Artillería (C. NEUSCHWANDER, 1960). En España gran parte de los ingenieros industriales serán en el siglo XX oficiales o suboficiales de complemento del Arma de Artillería.*

significativo el número de ingenieros industriales que se desarrollan profesionalmente en el ámbito de la enseñanza universitaria y secundaria⁵⁹. La cuestión no se plantea de la misma forma y en el mismo momento en todos los países y sectores económicos, pero es cierto que una de las preocupaciones de las asociaciones de ingenieros civiles que se crean en Europa a partir de mitad de siglo está en relación con las dificultades de empleo para esta nueva profesión.

Poco a poco, el mundo industrial se apoya en esta nueva categoría de ingenieros. Se puede constatar una evolución notable a finales de siglo. Cada vez serán más las grandes empresas con estructuras complejas, lo que llevará, por otra parte, a plantear la cuestión de la teoría de su administración. En estas organizaciones ramificadas y jerarquizadas, a los ingenieros los encontramos en los diferentes escalones del organigrama: apenas constituida, la profesión comienza a segmentarse en función sobre todo del origen escolar —pues ciertos establecimientos de enseñanza son más prestigiosos que otros—, bajo la presión de redes de antiguos alumnos más o menos pode-

⁵⁹ Sobre los empleos de los ingenieros industriales en España, véase el capítulo siguiente en este mismo volumen: M. SILVA y G. LUSA: «Cuerpos facultativos del Estado *versus* profesión liberal: la singularidad de la ingeniería industrial».

rosas y estructuradas, así como del origen social de los ingenieros. Este movimiento no hará más que amplificarse en el siglo XX⁶⁰.

Se debe señalar también otro hecho muy importante en la aparición de nuevas disciplinas científico-técnicas industriales y, especialmente, como se ha mencionado, de la electricidad. Hasta entonces, los ingenieros civiles, cualquiera que fuera su especialidad, habían encontrado siempre en su camino artesanos, técnicos, expertos de todo tipo que les habían precedido en la historia. Ya se trate de la metalurgia, de la mecánica, de la ingeniería civil o de la química, no se había esperado a los ingenieros para desarrollar estos sectores industriales. La electricidad, al contrario, se inscribe directamente en el terreno específico del ingeniero, pues este nuevo sector supone una formación tanto teórica como práctica que no es una simple proyección a otra escala de los fenómenos estudiados y controlados en el laboratorio. Por otra parte, al final de la centuria, son numerosos los centros de enseñanza que se abren después de la primera Exposición Internacional de Electricidad de París (1881), entre ellos el famoso Instituto Montefiore de Lieja⁶¹. En el siglo XX, la utilización de la electricidad se generalizará como consecuencia de la aparición de esta nueva categoría de ingenieros.

IV

ESTRUCTURACIÓN DEL MEDIO Y ORGANIZACIONES

Para hablar de las estrategias asociativas, conviene primero recordar un precedente importante en relación con la existencia de dos polos entre los que navegan u oscilan los ingenieros civiles cuando construyen su profesión. Por una parte, la obligación de integrarse en una sociedad y de ser reconocido por ella como elemento motor útil a la nación (algo imprescindible para una profesión que está naciendo); por otra, el carácter igual y obligatoriamente universal de una profesión que se funda sobre los resultados de una ciencia que no conoce fronteras. De manera subyacente, con la ideología de un progreso general de la humanidad en la que nuestros ingenieros se ven como protagonistas, lo que constituye una herencia de los ilustrados de la que los implicados no son forzosamente conscientes.

Como segundo punto, se puede mencionar un intento, olvidado por los historiadores, de organizar un primer congreso europeo de ingenieros y arquitectos destinado a convertirse en un órgano permanente de unión internacional entre los miembros de todos los países de esta corporación. Ideado en 1841 por un viejo ingeniero bávaro,

⁶⁰ A. GRELON: «French Engineers: Between Unity and Heterogeneity», en I. GOUZÉVITCH e I. INKSTER (eds.): *The Professional Identity of Engineers. Historical and Contemporary Issues (selection of papers)*. *History of Technology*, en prensa.

⁶¹ P. TOMSIN: «L'Institut Électrotechnique de Montefiore à l'Université de Liège, des origines à la Seconde Guerre mondiale», en A. GRELON y J. RAMUNNI (1997).

Karl Wiebeking, procedente directamente de la tradición de los ingenieros de los ilustrados, este proyecto, que había recibido el apoyo del rey de Baviera, no tuvo éxito, sin embargo, por una razón totalmente material: su promotor murió dos meses después de realizar la convocatoria, y su desaparición interrumpió bruscamente los preparativos⁶². Sin embargo, el interrogante sobre la factibilidad de una empresa como esta persiste. En efecto, el sueño romántico de los ilustrados ensalzando la república de los sabios, fundada sobre la idea de la unidad de las ciencias, estaba de actualidad en aquella Europa de finales de la década de 1830, sacudida por las revoluciones y las guerras de independencia, precursoras de cambios geopolíticos y económicos importantes. Era una Europa de naciones en construcción que se industrializan a ritmos desiguales y en la que los ingenieros, aun considerando todos los perfiles, eran poco numerosos, dispersos y en busca de su propia identidad. En realidad, el siguiente intento de institucionalización a escala internacional no se produjo antes de la década de 1880 y no tuvo un verdadero éxito hasta principios del siglo xx: la generosa idea de Wiebeking, demasiado tardía en el contexto de los ilustrados, llegaba sin duda demasiado pronto en este febril siglo xix. Sin embargo, para los ingenieros europeos había llegado la hora de la unión, pero en un contexto más restringido, el de sus países respectivos. Y, sobre esta base, no dudaron en interesarse por la experiencia de sus vecinos y en apropiarse de sus realizaciones, asimilando sus elementos culturales, y adaptándolas a sus condiciones específicas.

Si las primeras agrupaciones asociativas de los ingenieros aparecen en el siglo xviii, el Ochocientos las ve florecer y proliferar a lo largo de toda Europa. Como se mencionó, los británicos crean en 1771 la famosa Society of Civil Engineers, destinada por su fundador John Smeaton a ofrecer un espacio de convivencia y de discusión a los ingenieros prácticos que se habían formado en el ejercicio de la profesión sin, por tanto, poseer cualificaciones oficiales⁶³. Además de inventar el término *ingeniero civil* para denominar al grupo profesional entonces en vía de constitución, esta sociedad, aunque funcionando todavía esencialmente al modo tradicional de los *social clubs*, fija las ideas principales de su regulación. Sin embargo, frente a la industrialización acelerada que conoce Inglaterra en la encrucijada de los siglos, esta agrupación distinguida y de difícil acceso no se muestra apta para representar los intereses, ni para satisfacer la necesidad creciente de socialización de un ejército de recién llegados, jóvenes ingenieros autodidactas y aprendices en su mayoría, que se acercan en abundancia a las diferentes industrias y deseosos de abrirse paso en el mercado de trabajo. Como respuesta a esta demanda urgente se crea en Londres, en 1818, una nueva asociación —la Institution of Civil Engineers— que, tomando prestado por su

⁶² D. GOUZÉVITCH: «Un projet resté sur le papier: le congrès international comme forme nouvelle de communication entre ingénieurs européens», en P. BRET e I. GOUZÉVITCH, 1997.

⁶³ R. A. BUCHANAN: «Social Clubs or Professional Organizations? The role of the engineering institutions in nineteenth century Britain», Symposium ICOHTEC, Bath, 1994.

cuenta el nombre y el principio de intercambios de convivencia de los *smeatonianos* (a la que se atribuye el apadrinamiento), se organiza sobre bases totalmente diferentes. Se declara abierta a todos aquellos que practiquen el oficio, cualquiera que sea su edad⁶⁴, su antigüedad, su nivel educativo y su campo de actividad, y se propone como vocación ofrecerles una posibilidad de autoinstruirse participando en discusiones e intercambiando experiencias. Además de organizar y gestionar estos intercambios, publica regularmente las contribuciones expertas de sus miembros, funda una biblioteca de referencia, define el corpus de los conocimientos requeridos para ser reconocido como ingeniero, obtiene para sus miembros un reconocimiento público y una sólida reputación, y lucha por controlar el acceso a la profesión. Cuando incluso la Institution of Civil Engineers fracasa en esta última tarea —pues otras estructuras aparecidas entre tanto no tardan en disputar este privilegio—, los esfuerzos que despliega por regular la profesión hacen de ella una instancia de referencia y de autoridad en el mundo de los ingenieros británicos e incluso, como vamos a ver más adelante, mucho más allá de sus límites. Es decir, ha logrado proporcionar el modelo representativo de una verdadera asociación profesional —reproducible a voluntad— elaborando gradualmente sus estatutos, definiendo sus funciones, estructurando la jerarquía de sus miembros, imponiendo, finalmente, ciertos códigos de conducta y normas disciplinarias severas susceptibles de obtener el ideal ético de respetabilidad y utilidad, que responde a los más altos estándares de la sociedad. En Gran Bretaña, incluso, el modelo en cuestión fue imitado, al menos en su parte institucional y funcional, por dos grandes sociedades, la Institution of Mechanical Engineers y la Institution of Electrical Engineers, creadas, respectivamente, en 1847 y 1871 y dedicadas a representar a escala nacional los perfiles del ingeniero civil más apreciados en el universo industrial británico⁶⁵.

A partir de la mitad del siglo, cuando la fiebre industrializadora se adueña de la mayoría de los países europeos, los ingenieros civiles del continente, cada vez más numerosos y sufriendo comúnmente la insuficiencia de sus estatus, crean una serie de asociaciones profesionales con vocación reguladora y reivindicativa para que les representen a escala nacional. Así vemos aparecer, en orden cronológico, la Société des Ingénieurs Civils de Francia (1848), la alemana Verein Deutscher Ingenieure (1856), la Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid (1861) y la de Barcelona (1863)⁶⁶, la rusa Russkoe Tehnicheskoe Obshchestvo (1866), la Associação dos Engenheiros Civis Portuguezes (1869) o la Société Belge des Ingénieurs et des Industriels (1885).

⁶⁴ En la práctica, se fijó en 25 años la edad mínima para la inscripción. Era necesario, de todas maneras, estar apadrinado para ser aceptado.

⁶⁵ J. MARSH, 1986.

⁶⁶ Tras diversos avatares, con desapariciones, refundaciones, y divisiones, se unirán en la Asociación Nacional de Ingenieros Industriales (1898) de España.

Esta lista incompleta es, sin embargo, esclarecedora en cuanto a las tendencias generales que animan al movimiento. Sugiere sobre todo un evidente parentesco en materia de identificación común: es claramente el ingeniero civil, incluyendo todos los campos, quien se manifiesta. Esta homogeneidad formal no da lugar a equívocos; en la mayoría de los casos estudiados, reenvía al prototipo británico, vínculo que los franceses hacen notar en sus estatutos, aunque sus modos de funcionamiento y de reclutamiento sean profundamente diferentes⁶⁷. La connotación nacional es también claramente visible, y en la mayor parte de los casos se hace patente en el propio nombre: los ingenieros civiles en estos países son suficientemente numerosos para sentirse aptos, para organizarse a esta escala y posicionarse así como una nueva profesión. Los objetivos que las asociaciones anuncian son igualmente muy similares. Todas ensalzan la convivencia, todas aparentan una vocación cognitiva denominándose *sociedades de expertos*, la mayoría enarbolan la banderola patriótica, algunas dan preferencia al aspecto mutualista. No obstante, es sin duda el militantismo profesional el que constituye, en el fondo, su principal razón de ser, porque todas preconizan el reconocimiento de la profesión y luchan por obtener títulos y derechos legales. Detrás de esta similitud de nombres y declaraciones de intenciones, se esconden, sin embargo, realidades infinitamente diferentes que conciernen, en cada caso, a coyunturas específicas propias de cada uno de los países concernidos. Así, en España, que no tiene una estructura industrial tan poderosa como Francia u otros países del norte europeo, las asociaciones de ingenieros industriales (sea en Madrid o en Barcelona) luchan por el libre ejercicio de la profesión, enfrentándose a los privilegios de los cuerpos del Estado, tanto civiles (en particular los de caminos y minas) como militares (sobre todo los artilleros, a los que, a finales de siglo, se les otorga un título de ingeniero industrial militar, que utilizan, pero «olvidando» el último adjetivo). Por otra parte, y de manera un poco contradictoria, solicitan la creación de un Cuerpo de Ingenieros Industriales, al que tras concurso-oposición podría pertenecer una minoría de los así titulados, y que tendría como tareas específicas la inspección, estadística industrial y dirección de las manufacturas del Estado. También la referencia a la institución inglesa aparece en este contexto como puramente simbólica en la medida en que ninguna de las asociaciones del continente ha reproducido verdaderamente las funciones básicas aseguradas por esta pionera, en particular la de apadrinamiento (en un contexto en el que los cuerpos del Estado son débiles o casi inexistentes y en el que los patrones de las empresas son los verdaderos maestros de los lugares de trabajo) o la de la formación en el puesto de trabajo (eficaz allí donde la enseñanza técnica escolar no ha llegado a consolidarse). En ninguna parte fuera de Gran Bretaña las asociaciones de ingenieros han pretendido atribuirse la función de arbitraje en una cuestión tan vital como la del acceso a la profesión. Dicho esto, algunas han terminado por obtener, de oficio o de derecho, la contratación prio-

⁶⁷ B. JACOMY, 1984.

ritaria, incluso exclusiva, en ciertos sectores, como por ejemplo los ferrocarriles, para los ingenieros civiles procedentes de ciertas escuelas.

La Société des Ingénieurs Civils de Francia tiene que posicionarse con relación a los ingenieros del Estado, sus poderosos rivales; esta es claramente la razón por la que este grupo fundado y coordinado por los antiguos alumnos de la ECAM, los *centraliens*, llama simbólicamente a la presidencia a Eugène Flachet, famoso ingeniero autodidacta, cerrando de esta manera el acceso (por lo menos en sus comienzos) a los politécnicos miembros de los cuerpos del Estado⁶⁸.

La asociación de los ingenieros alemanes (VDI) opta por una solución opuesta. Creada en 1856, antes de la reunificación de las tierras alemanas, como asociación nacional susceptible de reagrupar tanto ingenieros de Baviera como de Prusia, de Sajonia como de Renania, se desarrolla reclutando jóvenes formados en las escuelas de ingenieros (más tarde *Technische Hochschulen*, TH). Entre sus dirigentes estará un profesor de la TH Karlsruhe, uno de los establecimientos más antiguos (1808), a menudo considerado como modelo de la formación técnica superior en Alemania. Esta estrategia, inspirada por la voluntad de reforzar la imagen del ingeniero civil en la sociedad alemana, aporta rápidamente sus frutos: en cincuenta años, los efectivos de la asociación conocen un aumento espectacular, pasando de 172 socios en 1856 a 19.581 en 1905⁶⁹.

Al considerar las diferencias, es necesario insistir sobre las fechas de creación de las asociaciones nacionales, bastante separadas de un país a otro. Se nota fácilmente que, aparte el precursor británico, el proceso comienza a partir de la mitad del siglo para no detenerse hasta el final del periodo (incluso continúa más allá, mucho más, como lo demuestra el caso de la Associazione Nazionale degli Ingegneri Italiani, ANII, creada en 1919). Es claramente la época en la que la industrialización comienza a asentarse en el continente. Pero los países europeos se industrializan a un ritmo desigual, con diferencias temporales significativas de una región a otra. En la medida en que, por un lado, normalmente las asociaciones nacionales se crean cuando el grupo profesional es suficientemente numeroso, y pueden surgir representantes, la aparición de estas agrupaciones puede servir de índice del grado de industrialización, haciéndola visible y efectiva, aunque este no sea un criterio totalmente fiable (como demuestra el mencionado caso italiano).

Nuestra perspectiva general no sería completa sin mencionar otras agrupaciones, a menor escala, que aparecen un poco por todo en paralelo con las grandes asociaciones nacionales. Toman múltiples formas. Los términos *sociedad*, *asociación*, *institución* —elegidos para denominarlas— contienen matices semánticos que implican, entre otras cosas, el grado de formalización, compromiso y rigor estructural.

⁶⁸ *Ibidem*, p. 211; A. AUCLAIR, 1999.

⁶⁹ H. STÜCK, 1986. A propósito de esta sociedad y del papel que juega en la promoción de los institutos técnicos alemanes en el rango universitario, véase también R. R. LOCKE, 1984.

Encontramos en ellas, en efecto, todos los tipos: clubes «a la inglesa», grupos de interés, asambleas efímeras y persistentes, estructuras altamente burocratizadas. Están más o menos pobladas y pueden reagrupar ingenieros que proceden de una misma escuela (las de antiguos alumnos), ejercen en un mismo campo (las de mecánicos, electricistas, químicos, etcétera), pertenecen al mismo grupo confesional (las de ingenieros católicos) o residen en una misma ciudad o región. Aun sin representar al conjunto de la profesión, estas asociaciones responden a las necesidades puntuales de los grupos implicados. En lo relacionado con las sociedades que reagrupan a los representantes de un mismo sector de trabajo (ingenieros del automóvil, sociedades de química industrial), estas estructuras les permiten trabajar sobre cuestiones específicas relativas al estado de la técnica en un campo particular⁷⁰. Las asociaciones de antiguos alumnos tienen una misión más específica: la de reforzar los lazos entre los miembros de una misma escuela, ayudarse mutuamente y maximizar la influencia de su centro de formación, naturalmente en detrimento de los otros. He aquí en germen un problema del enfrentamiento entre ingenieros, de los cuales un ejemplo emblemático se da en Bélgica entre los que poseen grados legales (cierto número de escuelas bien situadas) y aquellos que no, que solo tienen unos grados «científicos», curiosamente menos valorados⁷¹. Es el comienzo de problemas, que se desarrollarán ya en el siglo xx, de segmentación de la profesión entre grupos que se posicionan jerárquicamente y son clasificados como «más o menos» ingenieros; también se encuentran en Alemania con los egresados de las *Fachschulen* y los de las *Technische Hochschulen*⁷².

Sin embargo, la pluralidad de formas que revisten estas organizaciones y la variedad de identificadores comunes que estas ponen de relieve no deben confundirnos, sino más bien al contrario. Su extraordinaria profusión durante el periodo examinado en relación con el siglo precedente, en el que las asociaciones de este tipo se contaban por unidades, es en sí misma testimonio del despertar que conoce entonces la profesión como tal. El movimiento asociativo en todos sus componentes no hace más que acompañar a este proceso, dándole una mayor visibilidad. Proponiéndose representar a los hombres del oficio, expresar sus quejas y aspiraciones, las asociaciones profesionales se convierten en sus portavoces frente al Estado y sus instituciones, frente a la sociedad y sus ideas preconcebidas y, finalmente, frente a sus pares, los ingenieros del Estado. Por otra parte, debido a su propio dinamismo, el movimiento

⁷⁰ Por ejemplo, en Francia, la APAVE, asociación de propietarios de máquinas de vapor, organismo dirigido por los ingenieros del Cuerpo de Minas, se proponía estudiarlas e informar sobre los diferentes problemas encontrados: cómo regular estas máquinas caprichosas, impedir que explotasen, aumentar su rendimiento, situarlas correctamente en la empresa para optimizar su rendimiento, etcétera.

⁷¹ R. BRION, 1986.

⁷² H. STÜCK, 1986.

asociativo contribuye a forjar una imagen positiva de la nueva profesión en su conjunto, mientras que su carácter masivo es un argumento convincente a favor de su legitimidad.

V

INGENIEROS Y SOCIEDADES

La imagen que la sociedad se hace de los ingenieros se refleja en las obras literarias. Los escritores, espejos de la vida social que perciben sus menores fibrilaciones y que se hacen portavoces de las angustias y esperanzas que animan a sus contemporáneos, no han podido evitar los debates en torno al progreso técnico y sus contra-tempos. La aparición en la escena pública de un nuevo actor social con competencias difíciles de delimitar, de identidad y estatus confuso, no podía dejarles indiferentes. Algunas novelas del siglo XIX nos ofrecen retratos de ingenieros, de los que conviene dar aquí, para acabar, algunos ejemplos⁷³.

A la cabeza de estos autores encontramos a Julio Verne, conocido como *el novelista de la ciencia*. Aunque este autor no debe ser confundido con esta imagen reductora, y en sus novelas «científicas» los ingenieros no son tan numerosos, él nos aporta por lo menos algunas grandes figuras. El protagonista de *Los cinco millones de la Bégum*, uno de sus libros más célebres, Marcel Bruckmann, está diplomado por la ECAM de París, a la que el escritor califica de «modesta y útil academia»⁷⁴. Verne escribe su novela en 1876, cuando la École Centrale es ya casi cincuentenaria. Este establecimiento se enorgullece entonces de ser conocido en el mundo entero, de haber formado a cohortes de ingenieros distinguidos y de que de sus filas hayan salido fundadores de imperios industriales y expertos reconocidos. Pero para el mundo social al que se dirige Julio Verne, esa escuela no es todavía más que una modesta academia. Su protagonista, por lo demás, no se servirá nunca de sus competencias de ingeniero, respondiendo más bien al perfil de aventurero clásico. La historia relata el empleo de una suntuosa herencia para realizar dos proyectos urbanísticos que rivalizan en el seno de una región de los Estados Unidos, en Oregón: el primero, por un grupo de expertos franceses y el otro por un industrial alemán. El autor escribe su libro seis años después de la desastrosa guerra franco-prusiana, y no es una casualidad que su protagonista sea precisamente un joven alsaciano, procedente de la pro-

⁷³ El ingeniero visto por los novelistas es, por otra parte, un fenómeno que merece en sí mismo un estudio profundo y, aunque este trabajo está por hacer, existen investigaciones pioneras que encauzan la tarea, planteando las bases del análisis. Tal es sobre todo el caso de F. CURUTCHET-JULLIAN (1984), quien, a partir del ejemplo de novelas francesas de ciencia ficción, elabora un retrato colectivo de los ingenieros galos del siglo XIX, confiriéndoles rasgos de carácter e incluso un físico de acuerdo con las representaciones que el público se hace de ellos.

⁷⁴ J. VERNE: *Cinq cent millions de la Bégum*, París, Hachette (collection Grandes Œuvres), 1981, p. 32.

vincia cedida al Imperio alemán, pero que ha optado por Francia. El proyecto de la nueva ciudad de Franceville debe mucho más a concepciones higienistas y de médicos de vanguardia que a ideas de ingenieros. Se trata de crear una ciudad modelo, limpia, donde todos los microbios sean exterminados sin piedad, lo que permitirá a los habitantes acceder a una vida sana y armoniosa. Completamente diferente es el programa de Herr Schultze, el fundador de Stahlstadt, la ciudad de acero, que es de hecho una fábrica modelo. La funesta idea de Schultze es destruir Franceville por medio de un cañón gigantesco fabricado con el metal que produce su fábrica. En la mente de Verne, Schultze representa el lado oscuro del ingeniero cuyas obras pueden devastar el mundo. Sus personajes ingenieros, como Robur, inventor y constructor de un enorme helicóptero, o Nemo, el dueño de la isla misteriosa, son por lo demás personajes ambiguos⁷⁵.

La última novela del escritor, publicada después de su muerte en 1905, se titula *La invasión del mar*⁷⁶. Describe la puesta en marcha de un proyecto que ambiciona hacer que el mar vuelva a los *schotts*, los lagos salados del sur de Túnez, lo que tendrá como consecuencia la desaparición de los inmensos territorios de las tribus nómadas, que se oponen evidente y ferozmente a esta empresa. El responsable de las obras es también un *centralien*, Monsieur de Schaller, hombre frío al que le son indiferentes las peripecias, que lleva el proyecto a término y cuyo perfil es en el fondo el de un gestor moderno, administrador más que verdadero técnico. Sería absurdo atribuir a Julio Verne unas convicciones ecológicas tan adelantadas a su tiempo. No por ello es menos cierto que la imagen del ingeniero que presenta el autor en este último tercio del siglo XIX es más bien ambivalente.

Si un autor de ficción científica como Verne toma a veces a ingenieros como protagonistas, habría cabido esperar que la novela costumbrista francesa se adueñase de estos personajes. Sin embargo, rara vez aparecen. De este modo, en la obra proteiforme de Balzac, no se distingue más que un solo ingeniero, personaje secundario de *El cura de aldea* (1845)⁷⁷. Este joven de ideas políticas reaccionarias (defiende al rey Carlos X, destronado en julio de 1830) se lamenta amargamente de su suerte: ha estudiado mucho, ha aprendido todos los conocimientos científicos necesarios para integrarse en la *École Polytechnique* y después en la *École des Ponts et Chaussées*; sin embargo, acaba dando órdenes, en el fondo de una oscura provincia, a un puñado de peones camineros encargados de limpiar las cunetas, y sin grandes expectativas de prosperar en su carrera. Emocionada con este triste destino, Madame Graslin, la rica dama de la obra, protagonista principal del libro, lo contrata para llevar a cabo el acondicionamiento hidráulico de un valle perdido y permitir así la mejora de las con-

⁷⁵ Es cierto que, frente a Nemo, Cyrus Smith, héroe positivo e inventivo, representa el lado bueno del ingeniero.

⁷⁶ J. VERNE: *L'invasion de la mer*, París, UGE (collection 10-18), 1978.

⁷⁷ H. de BALZAC: *Le curé de village*, París, Albin Michel, 1927.

diciones de vida de la población campesina. Ella terminará casándolo con una joven pobre pero honesta. Presentando así a un ingeniero ordinario de la Administración, Balzac pone de relieve que, al menos en esa época, la mayoría de los miembros del principal cuerpo no militar del Estado no tienen más que funciones modestas y una carrera anodina, descripción que desmiente la imagen dorada de los ingenieros de los cuerpos del Estado poderosos y reconocidos.

Cuarenta años más tarde, Zola presenta también a unos ingenieros en el conjunto de su magistral serie de los Rougon-Macquard. En esta época, el papel de los ingenieros en el desarrollo industrial está perfectamente constatado en el plano económico: sin embargo, no son más que personajes menores en este inmenso conjunto de novelas sobre la burguesía. En *Germinal*—escrita en 1885, después de la gran huelga de los mineros de Anzin—, descripción muy documentada del terrible mundo de las minas y de la miseria obrera, tanto el ingeniero Hennebeau—director de la mina que se pone en huelga— como su adjunto—su sobrino Négrel, amante de su mujer— proceden de la École de Mines de París y son los dos ingenieros del Cuerpo⁷⁸. Ambos muestran una gran insensibilidad con respecto a la suerte de los mineros. Están muy lejos del ingeniero social ensalzado en la misma época por los discípulos de Le Play, pero Zola está sin duda más cerca de la realidad habitual de los ingenieros destinados a la dirección de los pozos de carbón. Un año más tarde, durante otra huelga, el ingeniero Watrin morirá en Decazeville tras ser arrojado por una ventana: los obreros crearán un nuevo término amenazando de *watrin* a los patrones demasiado duros y sordos a sus reivindicaciones. Si Zola es realista en su descripción, se ve que, una vez más, los ingenieros industriales son ignorados. Se puede así plantear la hipótesis de que en Francia, en cualquier caso, esta figura no está todavía inscrita en el universo de las representaciones sociales como un tipo profesional reconocido por el gran público.

En otros países europeos vemos aparecer ingenieros en escritos de ficción. Debemos señalar aquí los de Benito Pérez Galdós, uno de los novelistas españoles más notables del siglo XIX, cuyos personajes ingenieros aparecen marcando la modernidad frente a una sociedad castellana conservadora (*Doña Perfecta*, 1876; *La familia de León Roch*, 1878)⁷⁹.

En Rusia, donde la literatura es muy pronto y muy profundamente inspirada por una importante reflexión social, se ve aparecer al ingeniero con ocasión del gran debate público sobre la naturaleza del progreso técnico que anima a la sociedad ilustrada durante los años 1820-1840. Ante la llegada de los ferrocarriles, de las técnicas

⁷⁸ E. ZOLA: *Germinal*, París, Librairie Générale Française, 1993.

⁷⁹ Para cuestiones relacionadas con el progreso técnico y la figura del ingeniero en la literatura española, remitimos a sendos capítulos de este mismo volumen: J. C. ARA TORRALBA: «Asombros, euforias y recelos: consideraciones acerca de la percepción del progreso técnico en la literatura del siglo XIX», y J. ORDÓÑEZ RODRÍGUEZ: «Ingenieros, utopía y progreso en la novela española del Ochocientos».

basadas en el vapor y de las grandes industrias que reconfiguran el tejido económico del inmenso imperio, las angustias se multiplican y el imaginario social se entusiasma. Es entonces cuando, como verdadero portavoz de su generación, el poeta Alexandre Pushkin elige al ingeniero de obras públicas como protagonista de su célebre drama romántico *La dama de picas*, publicado en 1834⁸⁰. Este personaje, llamado Hermann, con «el perfil de Napoleón y el alma de Mefistófeles», es un noble pobre que aspira a una ascensión social que su oficio y su brillante formación (Instituto del Cuerpo de las Vías de Comunicación) no pueden procurarle por sí mismos⁸¹. Fiel a las leyes del Romanticismo, el autor pone a este joven pragmático obsesionado por un sueño de riqueza en una situación fantástica. El secreto de los «tres naipes», arrancado por la fuerza a una anciana condesa que muere de espanto, juega una mala pasada a Hermann: la «dama de picas» que aparece en lugar del as esperado le hace enloquecer. Con este trágico final, Pushkin parece confirmar el severo veredicto de la época, que pone en boca del caballero avaro, personaje del drama del mismo nombre escrito en 1830⁸². Desvalijado por su propio hijo, exclama, en el colmo de su angustia: «¡Siglo de hierro, corazones de hierro!». En este punto estamos lejos de la imagen positiva del progreso técnico que el mismo Pushkin defenderá en su papel de publicista y editor de la revista literaria *Sovremennik (El Contemporáneo)*, cuando insiste para incluir un artículo sobre los ferrocarriles. Es decir, la literatura funciona según sus propias leyes. Al contrario, la ambigüedad del personaje del ingeniero en el Pushkin escritor es en gran parte tributaria del hecho de que el autor, atribuyéndole una identidad específica propia, diferente de la de los otros tipos de la sociedad rusa de su tiempo, ignora el elemento que define su verdadera naturaleza, el universo de su profesión. Arrancado de su mundo, Hermann aparece como un advenedizo que, en realidad, no tiene todavía su verdadero lugar en la hermética estructura social del imperio.

Siendo marginal este caso, se puede objetar, ¿qué interés puede tener, pues, para nuestro estudio? Su interés radica en que Hermann representa la figura del ingeniero mejor conocido de la literatura rusa del siglo XIX. Encarna, por tanto, durante todo este periodo, un tipo social que la sociedad no identifica aún plenamente. Se trata de un ingeniero del Estado al que, al menos formalmente, se le garantiza una cierta posición merced a su grado de oficial y orígenes nobles. Y si Pushkin, con su sensibilidad artística fuera de lo común, marca con tanta fuerza su presencia sobre la escena social, pero hace de él, sin embargo, un marginado, es que en efecto la profesión como tal y la identidad específica que van con ella no tienen todavía ni valor

⁸⁰ A. PUSHKIN, *Pikovaâ dama [La dame de pique]*, París, Gallimard, 1995.

⁸¹ Para un estudio sociohistórico de este personaje, véase D. e I. GOUZÉVITCH: «O Puškine, inženerah i ob odnom zabytom francuzskom obšestve», *Peterburgskie čteníâ-97: Peterburg i Rossiâ: Materialy ěnciklopedičeskoj biblioteki «Sankt-Peterburg-2003»*, San Petersburgo, Petrovskij Fond, 1997, pp. 416-433.

⁸² A. PUSHKIN: «Skupoj rycar'», *Malen'kie tragedii*, Moscú, Iskusstvo, 1967.

ni significación social propios. ¿Qué decir entonces del ingeniero civil, desprovisto de las bazas ofrecidas por grados y orígenes, que actúa en el universo poco romántico de la empresa?

El ingeniero en la literatura rusa será, en efecto, hasta muy avanzado el siglo, un personaje socialmente difuso, a menudo en segundo plano, pero siempre complejo y reflexivo, de carácter controvertido, que los novelistas dudarán en abordar de frente en el ejercicio de su oficio. El ejemplo de Fédor Dostoievski es mucho más esclarecedor de esta actitud, puesto que, además de autor universalmente conocido, era ingeniero militar de formación. Así, Alekséi Kirillov, un personaje importante de su novela filosófica *Los demonios* (1871), por más que sea ingeniero de puentes y un «excelente constructor», desprecia su oficio y su identidad profesional en favor de preocupaciones mucho más existenciales, consistentes en deshacerse de Dios suicidándose y manifestando así su voluntad de hombre libre⁸³. Las elecciones literarias de Dostoievski eran cualquier cosa menos azarosas; la imagen del ingeniero suicida está llamada a acomodar su convicción íntima, por otra parte transversal al conjunto de su obra, según la cual el progreso técnico, material e inmoral es hostil al hombre, y solo la espiritualidad es capaz de hacerle dueño de la naturaleza, incluso de la suya propia. Se está muy lejos, pues, en este autor del paradigma positivo de la modernidad, incluso del pragmatismo triunfante y del realismo práctico que no descuidan, si bien lo juzgan más bien severamente, sus ilustres colegas franceses Balzac y Zola.

El ingeniero frente al universo de su profesión será, por consiguiente, durante mucho tiempo, un tema literario yermo, hasta que se banalice, y aparezcan en el escenario nuevos escritores sociales susceptibles de afrontar su más prosaica y ruda realidad.

Al final del siglo, se asiste por todas partes a la toma de conciencia de los problemas generados por la industrialización y sobre todo por la explotación de los obreros que trabajan en unas condiciones inhumanas por salarios mínimos. Este fenómeno se manifiesta en Francia por un grupo de pensamiento como La Reforma Social, que reflexiona sobre la figura del «ingeniero social», y la literatura rusa se inscribe intensamente en esta problemática, con obras de Gorki, de Chéjov, de Shishkov... Es, sin embargo, el joven Alexandre Kuprin quien nos ofrece un ejemplo emblemático de ello publicando en 1896 una novela titulada *Moloch*, término que designa a la gran fábrica metalúrgica que ofrece una imagen apocalíptica y en la que trabaja un desafortunado personaje, el ingeniero Bobrov⁸⁴. Al contrario de los otros ingenieros de la empresa, que se toman la vida de un modo más frívolo, alegre y práctico, él ve crecer en sí el disgusto y casi el horror ante lo que vive en esta zona industrial de Donbass (en

⁸³ F. DOSTOIEVSKI: *Besy*, San Petersburgo, 1873.

⁸⁴ A. KUPRIN: «Moloch», *Sobranie sochinenij*, t. II: *Proizvedenija 1896-1901*, Moscú, Hudozhestvennaja Literatura, 1957, pp. 5-87.

la actual Ucrania)⁸⁵. Lo expresa en un largo discurso dirigido al médico de la fábrica, en el cual describe la ineluctable decadencia física y moral de los obreros y de sus familias frente a un poder industrial cínico. Él mismo, aunque ingeniero, no puede ni volverse en contra de la empresa, ni dialogar con los proletarios, que no le consideran interlocutor creíble; fracasa al intentar destruir la fábrica, y acaba por hundirse en el delirio de la droga. El ingeniero encarna aquí la conciencia social enferma, y su impotencia y su angustia mismas son una señal de alarma dirigida a la sociedad. Evidentemente, este es un caso extremo, pero uno de los cometidos de la literatura es el de presentar figuras puras que encarnen la sensibilidad de los problemas sociales, y sirvan al autor como portavoces para expresar sus propias reflexiones.

Al contrario, hacia el final del periodo, un escritor coge la pluma para defender la imagen positiva del ingeniero y proponer una solución alternativa a las tristes perspectivas de sus predecesores literarios. Este autor es Nikolái Garin Mijailovski, quien, durante su larga vida, desarrolla la doble carrera de ingeniero del Estado y de novelista. Su tetralogía *Los ingenieros* es una obra profundamente autobiográfica, y la última novela de la serie (1907, no terminada) nos permite seguir de cerca y con lujo de detalles la evolución profesional, social y política del joven Kartashev, recién salido del Instituto de Vías de Comunicación. El protagonista, que sueña con una vida honesta y con un trabajo útil, se aleja de San Petersburgo y se apunta para hacer prácticas en las obras del ferrocarril local en Transnistria. Su carrera de ingeniero se desarrolla sin demasiados sobresaltos: afronta con ánimo y entusiasmo las tareas técnicas cada vez más complejas que se le confían, sin desdeñar la rutina; hace un viaje de perfeccionamiento al extranjero (que, por otra parte, le decepciona) y va de un lugar a otro, subiendo escalones en la profesión. Al mismo tiempo, por influencia de su hermana Mania, miembro del grupo revolucionario La Voluntad del Pueblo, se adhiere a la idea de los cambios políticos radicales, pero duda en tomar la vía del terror y la violencia. No habiendo podido acabar su novela, el autor deja a su álter ego en la encrucijada en la que comienza para él, como se puede presentir, un nuevo camino. ¿Cuál será? El autor sugiere la respuesta poniéndola en boca de Adelaida Kartashev, la esposa del protagonista: «Si en la Revolución francesa el papel eminente recaerá en los juristas, en la nuestra, estoy segura de ello, recaerá en los ingenieros»⁸⁶.

Estos dos ejemplos nacionales están lejos de representar a la literatura europea en su conjunto. Para que sea posible generalizar faltan todavía muchos elementos de comparación que enriquezcan el análisis y afinen la aproximación. Pero así como hemos podido presentar estos apuntes abocetados, la historiografía de la cuestión es

⁸⁵ Esta rica región minera ha sido prospectada por primera vez en 1837 en el plano geológico por un grupo de ingenieros de minas franceses dirigido por Frédéric Le Play, quien más tarde se haría famoso gracias a sus análisis sociales. A pesar de que los escritos de Le Play fueron traducidos al ruso, no hay nada que nos indique que Kuprin hubiese llegado a conocerlos.

⁸⁶ N. GARIN MIJAILOVSKI: *Studenty. Inzheneriy*, Moscú, Hudozhestvennaja Literatura, 1977.

(y sin duda más que para otros temas estudiados) escasa: todavía está por venir un estudio fundamental. Los ejemplos estudiados, sin embargo, nos aportan elementos de respuesta, pues catalizan ciertas tendencias que prevalecen en la actitud de los grandes escritores continentales hacia la profesión de ingeniero. Para empezar —y es una constante positiva—, atestiguan que la prosa social del siglo XIX toma poco a poco conciencia de la existencia de este grupo profesional integrando a sus representantes en el paisaje literario de la época. Sin embargo, y se trata de un fenómeno significativo, hasta muy avanzado el siglo solo los ingenieros del Estado llaman la atención de los novelistas, mientras que los ingenieros civiles son generalmente los grandes ausentes de los retratos de sociedad de envergadura que dominan en esos momentos la literatura de los países estudiados. Efectivamente, hay que esperar a que cobre importancia un género literario en particular —las novelas de anticipación⁸⁷— para que este nuevo grupo de actores adquiera finalmente cierta visibilidad.

En la gran literatura de la Francia y la Rusia del siglo XIX, el ingeniero no aparece, pues, como un personaje de primer plano y rara vez como héroe positivo; aunque presentida, su especificidad tarda en ser plenamente revelada. ¿Es fortuito que en la mayoría de los casos estudiados se encuentre al ingeniero en conflicto con la sociedad, y que este conflicto, ya tenga lugar en el interior (raramente) o fuera (mucho más a menudo) de su mundo profesional, se salde con un desenlace trágico o con un final sin brillo? ¿Hemos de buscar la explicación en la percepción social de esta profesión? Sobre esta base se puede proponer una hipótesis. Si la identidad todavía mal definida del ingeniero es desde el principio y a lo largo de todo el siglo cuestionada con inquietud, es que los rasgos que lo caracterizan a los ojos de la sociedad —la racionalidad, el pragmatismo, el dinamismo, la aptitud para la acción enérgica, el materialismo, el espíritu potencialmente ateo, en suma, todo aquello que para nosotros hoy es percibido como símbolo de la modernidad— incomodan a sus contemporáneos, pues dejan entrever un desafío, incluso una amenaza al orden establecido. Piénsese que, en el imaginario del siglo XIX, la idea del progreso técnico no es algo asumido de antemano. En cuanto a la realidad prosaica del oficio, la única que le da un verdadero sentido, no tiene nada que seduzca al lector de novelas de aventuras o de costumbres. Es necesario esperar al XX para que el ingeniero llegue a ser un personaje literario como los demás. En el XIX, sigue siendo todavía, salvo algunas excepciones, un personaje en busca de reconocimiento social. Pero, hablando del reconocimiento social de los ingenieros, hay que tener en cuenta que las diferencias nacionales pueden llegar a ser muy acusadas. Para evitar los riesgos de ser malinterpretados, se ha de recordar que nos hemos centrado principalmente en el aspecto profesional, en sus características inherentes⁸⁸.

⁸⁷ En lo que concierne a nuestro tema, este género dará sus mejores frutos en los años 1920-1930, con, por ejemplo, las obras de Herbert Wells en Gran Bretaña, o las de Alexéi Tolstói o Alexandre Beliaev en Rusia.

⁸⁸ Es evidente que otras formas de reconocimiento se han desarrollado, incluso en el siglo XIX, para facilitar la ascensión social de los ingenieros. Para los pertenecientes a Cuerpos del Estado, sobre

En el fondo, los ingenieros representan la irrupción de una nueva forma de cultura, la cultura científico-técnica, que está todavía en fase de adquirir legitimidad en unas sociedades europeas modeladas por los valores humanistas, la versificación latina y las tragedias griegas. En un país como Alemania, las universidades, cuyo modelo había sido concebido por Humboldt en 1810, tenían como función social constituir la nueva elite que debía reemplazar a la antigua aristocracia agonizante. Aparece así una nueva clase, la *Kulturbürgertum*, la burguesía culta que lleva orgullosa sus títulos de profesor o doctor como antes los de conde o marqués, títulos que son indefectiblemente ligados al nombre del diplomado. Alemania es también, en los últimos decenios del siglo, el país europeo económicamente dominante, lo que debe a su industria y a sus ingenieros. Ahora bien, los ingenieros alemanes más distinguidos se forman en las nuevas *Technische Hochschulen*, organizadas al margen de la universidad aunque, entre 1870 y 1880, obtienen un estatus universitario menor. Pero las universidades ofrecen una resistencia encarnizada a toda modificación que permita un mayor reconocimiento a estos advenedizos. Serán necesarios veinte años de combates y, finalmente, la intervención personal del emperador Guillermo II para que las *Technische Hochschulen* consigan el derecho de otorgar el grado universitario supremo, el de doctor, permitiendo al fin un pleno reconocimiento social y universitario al anteponer *Doktor Ingenieur (Dr. Ing.)* al nombre de quien ostenta el título⁸⁹.

todo, el acceso a posiciones de prestigio pasaba por la jerarquía y la equivalencia de los grados corporativos. Por ejemplo, en el Imperio ruso, en el que el grado tenía una importancia crucial y decisiva, este problema se resolvió merced al estatus militarizado de los cuerpos técnicos y por el establecimiento, para los ingenieros de estos cuerpos, de una doble escala de grados, civiles y militares. Los ingenieros del Cuerpo de Vías de Comunicación, por ejemplo, tenían grados militares próximos a los de la Guardia Imperial, la unidad militar más prestigiosa del país, lo que les situaba muy arriba en la escala de prestigio social. Hasta la década de 1840, el primer grado de oficial obtenido después de dos o tres años de estudios en una escuela técnica asociada a un cuerpo de ingenieros daba derecho a un título de nobleza hereditario. Un avance en grado tan rápido era privilegio casi exclusivo de los ingenieros. En España, por razones similares, los ingenieros del Estado se beneficiaron durante gran parte del siglo XIX de un considerable prestigio, desafiando su renombre incluso al de los abogados, que en el imaginario público eran tachados a menudo de diletantismo y politiquero. Esto no impide que, de una manera general, el grado se anteponga a la profesión, y que ser ingeniero no signifique en sí el reconocimiento social. Al contrario, para afinar la imagen, sería necesario un estudio comparado que integrase al conjunto de los países europeos. Esperamos que las notas aquí esbozadas puedan servir como punto de partida para semejante labor en el futuro.

⁸⁹ R. R. LOCKE, 1984; H. STÜCK, 1986. Sin embargo, para conservar una diferencia simbólica, el título otorgado a los ingenieros no debía ser impreso más que en caracteres góticos, mientras que los títulos universitarios estaban impresos con caracteres latinos.

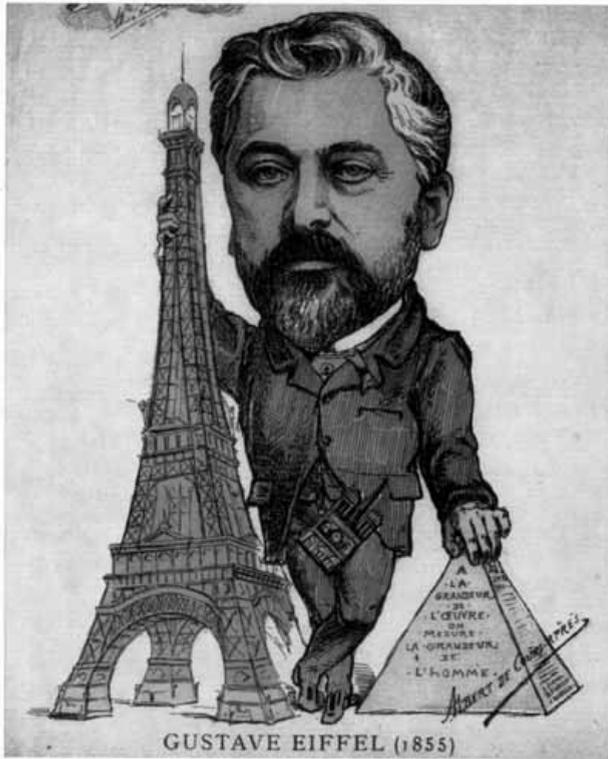
VI

CONCLUSIÓN

Examinando formación, carreras, organizaciones representativas y relaciones con la sociedad, se ha querido mostrar que los ingenieros civiles, apenas vislumbrados al comienzo del siglo XIX, han tardado más de cien años en constituirse como profesión establecida y estabilizada. Esto no quiere decir que su papel fuera insignificante, ni mucho menos. Pero, habiendo surgido con el desarrollo industrial del siglo, están entre los actores que van adquiriendo, poco a poco, a medida que se desarrolla la obra, un papel más importante. Modestos en sus comienzos, su acción se afirma y se afianza en el transcurso de las grandes iniciativas industriales: la construcción a lo largo de Europa de redes de ferrocarriles, el desarrollo de la metalurgia pesada con los progresos técnicos y las aleaciones eficaces, la ingeniería química, la puesta en funcionamiento de un tejido cada vez más tupido de redes telegráficas, son tantas las innovaciones que se les deben... A partir del último cuarto de siglo será necesario contar definitivamente con ellos, incluso si socialmente se les cuestiona todavía un reconocimiento simbólico del mismo tipo que a profesiones prestigiosas y antiguas como la abogacía o la medicina. Evidentemente, su influencia está lejana de ser la misma en un país como Bélgica, el más precoz de los Estados continentales en el plano industrial (sin embargo, con una organización de ingenieros muy tardía), que en los países de los Balcanes, en los que la enseñanza técnica superior es todavía incipiente... Y sin embargo, poderosos o ignorados, los ingenieros civiles en Europa tienen la misma fe en los progresos científico-técnicos, en las aportaciones civilizadoras que permiten las técnicas, el mismo espíritu de innovación y la misma confianza en la solidez de sus informes frente a los discursos confusos y cambiantes de los políticos...

De hecho, el XIX anuncia y prepara el reinado del ingeniero del siglo siguiente, tanto en los campos civiles como en los militares. El nuevo ingeniero tendrá ocasión de hacerse famoso a partir de la primera guerra mundial, gran conflicto tecnológico que ve aparecer nuevas armas (carros de asalto, aviación, gases...) y una nueva organización del trabajo (con el taylorismo a gran escala), y más tarde con la segunda guerra mundial: si bien son los físicos universitarios los que conciben el proyecto Manhattan, son claramente los ingenieros de Du Pont de Nemours quienes construyen y hacen funcionar las fábricas para producir la bomba⁹⁰. Sobre el plano civil, la electricidad, tecnología específica de los ingenieros nacida en el siglo XIX, va a generalizarse en el XX. A ellos se debe su utilización universal, tanto en lo económico e industrial como en el más mínimo detalle de la vida cotidiana. También sobre los ingenieros recae el inmenso desarrollo de los transportes marítimos, terrestres y aéreos, y los viajes por el espacio. En el origen hombres del universo urbano, van encargándose

⁹⁰ P. NDIAYE: *Du nylon et des bombes: Du Pont de Nemours, le marché et l'État américain, 1900-1970*, París, Belin, 2001.



4.5. Gustave Eiffel, titulado por la ECAMP en la especialidad química en 1855 (tomado de la revista *Central*, editada por el alumnado, con expresiva filacteria: «Espíritu de grupo y camaradería»).

igualmente de la mecanización de la agricultura, la racionalización del mundo rural y el auge de las industrias agroalimentarias... Más cerca de nosotros, finalmente, está la inmensa revolución tecnológica que constituye la informatización del planeta y la comunicación instantánea de datos de un lugar a otro del mundo.

La cultura legítima será en adelante la cultura científico-técnica, a pesar de los combates de fondo de los defensores de la cultura clásica y del latín obligatorio en las escuelas. Los ingenieros se convierten en héroes del mundo contemporáneo. E incluso si los estragos del progreso llevan a protestar contra la organización técnica del planeta en razón de los riesgos que corre el futuro de la humanidad, todavía son los ingenieros a quienes se les pide que pongan en marcha nuevas soluciones basándose en tecnologías «suaves» y de desarrollo sostenible.

Si lanzamos una mirada retrospectiva a los cien años precedentes, veremos que Gustave Eiffel, figura emblemática del éxito empresarial fundado sobre las técnicas del ingeniero al final del XIX, podía con todo derecho juzgar los progresos decimonónicos de la ingeniería como fulgurantes. Los historiadores del principio de este siglo XXI tienen hoy la posibilidad de comparar los doscientos años transcurridos, y pueden pensar que el XIX era en realidad el preludio indispensable del verdadero siglo del ingeniero.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- ALBERDI, R., y E. GIRALT I RAVENTÓS: *La formación profesional en Barcelona. Política, pensamiento, instituciones. 1875-1923*, Barcelona, Don Bosco, 1980.
- ALONSO VIGUERA, J. M.^a: *La ingeniería industrial española en siglo XIX*, s. I., Tabapress, 1993 [reprod. facs. de la ed. de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, 1961; 1.^a ed., Madrid, s. n., 1944].
- ANDRÉ, L.: *Machines à papier, innovation et transformations de l'industrie papetière en France 1798-1860*, París, Éditions de l'EHESS, 1996.
- ASSOCIATION DES INGÉNIEURS DU GÉNIE RURAL, DES EAUX ET DES FÔRETS: *Des officiers royaux aux ingénieurs d'État dans la France rurale, 1219-1965. Histoire des corps des Eaux et Forêts, Haras, Génie Rural, Services Agricoles*, Londres / París / Nueva York, Éditions Tec & Doc, 2001.
- AUCLAIR, A.: *Les ingénieurs et l'équipement de la France: Eugène Flachet: 1802-1873*, Le Creusot / Montceau-les-Mines, Économisée de la Communauté Urbaine Le Creusot-Montceau-les-Mines, 1999.
- AUTIN, J.: *Les frères Péreire: le bonheur d'entreprendre*, París, Librairie Académique Perrin, 1983.
- BAUDET, J.: *Les ingénieurs belges de la machine à vapeur à l'an 2000. Histoire des techniques et perspective industrielle*, Bruselas, APPS, 1986 (*Revue de L'Ingénieur Industriel*, n.º especial).
- BEAUD, C.: «Les ingénieurs du Creusot à travers quelques destins du milieu du XIX^e siècle au milieu du XX^e», en Thépot (dir.) (1985), pp. 51-59.
- BELHOSTE, B., A. DAHAN-DALMEDICO y A. PICON (dirs.): *La formation polytechnicienne: 1794-1994*, París, Dunod, 1994.
- BERNARD, M.-Y.: *Le Conservatoire National des Arts et Métiers vers le XXI^e siècle*, París, Eyrolles, 1994.
- BERNER, B.: «Professional or Wage Worker? Engineers and Economic Transformation in Sweden», en P. Meiksins y C. Smith (dirs.): *Engineering Labour: Technical Workers in Comparative Perspective*, Londres, Verso, 1996, pp. 168-195.
- BIRCK, F., y A. GRELON: *Un siècle de formation des ingénieurs électriciens. Ancrage local et dynamique européenne, l'exemple de Nancy*, París, Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, 2006.
- BRAUN, H.-J.: «Professionalisierungsprozess, sozialökonomische Interessen und "Standesfragen": zur Sozialgeschichte des Ingenieurs 1850-1914», en *Wirtschaft, Technik und Geschichte: Beiträge zur Erforschung der Kulturbeziehungen in Deutschland und Osteuropa*, Berlín, Ulrich Camen, 1980, pp. 317-332.
- «Technological education and technological style in German mechanical engineering, 1850-1974», en M. Kranzberg (ed.): *Technological Education-Technological Style*, San Francisco Press, 1986, pp. 33-40.

- BRET, P., e I. GOUZÉVITCH (eds.): *Naissance d'une communauté internationale d'ingénieurs: première moitié du XIX^e siècle: actes des journées d'étude: 15-16 déc. 1994*, Paris, CSI CRHST, 1997.
- BRION, R.: «La querelle des ingénieurs en Belgique», en A. Grelon (dir.) (1986), pp. 255-270.
- BROOKE, M. Z.: *Le Play: Engineer and Social Scientist*, Londres, Longman, 1970.
- BUCHANAN, R. A.: *The Engineers: a History of the Engineering Profession in Britain, 1750-1914*, Londres, J. Kingsley, 1989.
- CALLOT, J. P.: *Histoire de l'École Polytechnique*, Paris / Limoges, Charles Lavauzelle, 1982.
- CAPITÁN DÍAZ, A.: *Historia de la educación en España*, t. I: *De los orígenes al Reglamento General de Instrucción Pública: 1821*, Madrid, Dykinson, 1991.
- CARDOSO DE MATOS, A.: «World exhibitions of the second half of the 19th century: a means of updating engineering and highlighting its importance», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, VI, 2004, pp. 225-235.
- «Les ingénieurs et la création des réseaux de gaz et d'électricité au Portugal: transferts et adoption de technologies (1850-1920)», en M. Merger (dir.): *Les transferts technologiques en Méditerranée*, Paris, PUPS, 2006, pp. 185-205.
- y M. P. DIOGO: «A afirmação da engenharia em Portugal ao longo do século XIX», en J. M. Brandão de Brito, M. Heitor y M. F. Rollo (eds.): *Engenho e obra: uma abordagem à história da engenharia em Portugal no século XX*, parte I: *Contexto*, Lisboa, D. Quixote, 2002, pp. 24-29.
- M. L. SANTOS y M. P. DIOGO: «As raízes da engenharia em Portugal», en J. M. Brandão de Brito, M. Heitor y M. F. Rollo (eds.): *Engenho e obra: uma abordagem à história da engenharia em Portugal no século XX*, parte II: *Grandes temas*, Lisboa, D. Quixote, 2002, pp. 126-131.
- M. L. SANTOS y M. P. DIOGO: «Obra, engenho e arte nas raízes da engenharia em Portugal», en J. M. Brandão de Brito, M. Heitor y M. F. Rollo (eds.): *Momentos de inovação e engenharia em Portugal no século XX*, vol. II, Lisboa, D. Quixote, 2004, pp. 12-45.
- CHATZIS, K.: «Des ingénieurs militaires au service des civils (1829-1878): les officiers du Génie en Grèce au XIX^e siècle», en K. Chatzis y E. Nicolaïdis (eds.): *Sciences, technologies et constitution de l'État au XIX^e siècle: le rôle des militaires*, Atenas, Centre de Recherches Néo-helléniques, 2003, pp. 69-90.
- «La modernisation technique de la Grèce, de l'indépendance aux années de l'entre-deux-guerres: faits et problèmes d'interprétation», *Études Balkaniques*, 3, 2004, pp. 3-23.
- Y. ANTONIOU y M. ASSIMAKOPOULOS: «The Greek engineers, two centuries (19th-20th) of History», en A. Grelon et ál. (eds.): *Les enjeux identitaires des ingénieurs: entre la formation et l'action*, Évora, Universidade de Évora, e. p.
- y F. ASSIMACOPOULOU: «Éducation et politique au XIX^e siècle: les élèves grecs dans les grandes écoles d'ingénieurs en France», en E. Ihsanoglu, K. Chatzis y E. Nicolaïdis (eds.): *Multicultural Science in the Ottoman Empire*, Turnhout, Brepols, 2003, pp. 121-137.

- CHATZIS, K., F. ASSIMACOPOULOU y A. MACHAIRA: «Elève en France, enseignant en Grèce. Les enseignants de l'École Polytechnique d'Athènes (1837-1912) formés dans des écoles d'ingénieurs en France», en A. Grelon et ál. (eds.): *Les enjeux identitaires des ingénieurs: entre la formation et l'action*, Évora, Universidade de Évora, e. p.
- COSANDEY, M. (dir.): *Histoire de l'École Polytechnique. Lausanne: 1953-1978*, Lausana, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1999.
- CRAWFORD, S.: *Technical workers in an advanced society. The work, careers and politics of French engineers*, Cambridge / París, Cambridge UP / Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, 1989.
- Culture Technique*, 12 (n.º especial: *Les ingénieurs*), 1984.
- CURUTCHET-JULLIAN, F.: «Les ingénieurs: géniaux ou ingénieux?», *Culture Technique*, 12, 1984, pp. 37-47.
- DAY, C. R.: «The Making of Mechanical Engineers in France: The Écoles d'Arts et Métiers, 1803-1914», *French Historical Studies*, 10 (3), 1978, pp. 439-460.
- *Education for the Industrial World: The Écoles d'Arts et Métiers and the Rise of French Industrial Engineering*, Cambridge (Mass.) / Londres, MIT Press, 1987.
- *Les Écoles d'Arts et Métiers: enseignement technique en France: XIX^e-XX^e siècle*, París, Belin, 1991.
- DIOGO, M. P.: «In search of a professional identity: the Associação dos Engenheiros Cívicos Portuguezes», *ICON*, 2, 1996, pp. 123-137.
- «Indústria e engenheiros no Portugal de fins do século XIX: o caso de uma relação difícil», *Scripta Nova*, 69, 2000, <<http://www.ub.es/geocrit/sn-69.htm>>.
- «Les ingénieurs et la structuration de l'espace de l'empire portugais des années 1850 à 1920», *Comptes Rendus des Scéances du CRHI, 2001-1002*, Centre de Recherche en Histoire de l'Innovation, Université Paris-Sorbonne, 2002.
- y A. CARDOSO DE MATOS: «Learning how to be an engineer-Technical Teaching in Nineteenth Century Portugal», *ICON*, 6, 2000, pp. 67-75.
- y A. CARDOSO DE MATOS: «Jogos de Identidade: dois séculos na formação e na prática dos engenheiros portugueses (séculos XVIII-XIX)», en J. M. Brandão de Brito, M. Heitor y M. F. Rollo (eds.): *Momentos de inovação e engenharia em Portugal no século XX*, Lisboa, D. Quixote, 2004, vol. I, pp. 181-199.
- y A. CARDOSO DE MATOS: «Aprender a ser ingeniero. La enseñanza de la ingeniería en el Portugal de los siglos XVIII y XIX», en A. Lafuente, A. Cardoso de Matos y T. Saraiwa (eds.): *Maquinismo ibérico*, Madrid, Doce Calles, 2007, pp. 122-145.
- y A. CARDOSO DE MATOS: «Being an engineer in the European periphery: three case studies on Portuguese engineering», *History and Technology*, 27, 2007, pp. 125-146.
- DIVALL, C.: «Professional Organisation, Employers and the Education of Engineers for Management: A Comparison of Mechanical, Electrical and Chemical Engineers in Britain, 1897-1977», *Minerva*, XXXII (3), 1994, pp. 241-266.
- DORN BROSE, E.: *The Politics of Technological Change in Prussia: Out of the Shadow of Antiquity, 1809-1848*, Princeton UP, 1993.

- EFMERTOVÁ, M.: «L'évolution de l'enseignement technique tchèque aux XVIII^e et XIX^e siècles», *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, III (69), 1999, pp. 30-54.
- «Fakulta elektrotechnická ČVUT slaví 50 let svého trvání», *Pražská Technika*, 1, 2001, pp. 32-36.
- FEIGE, R.: «Industrial Revolution and Technical Education in Saxony», en R. Sonnemann y K. Krug (eds.): *Technology and Technical Sciences in History = Technik und Technikwissenschaften in der Geschichte. Proceedings of the ICOHTEC-Symposium Dresden 25-29 August 1986*, Berlín, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften Berlin, 1987, pp. 59-63.
- FONTANON, C., y A. GRELON (dirs.): *Les professeurs du Conservatoire National des Arts et Métiers: dictionnaire biographique: 1794-1955*, 2 t., París, INRP, CNAM, 1994.
- FOURCY, A.: *Histoire de l'École Polytechnique*, París, Belin, 1987.
- FOX, R.: *Artisan to graduate. Le Conservatoire des Arts et Métiers, 1794-1819*, Manchester, Manchester UP / Cardwell, 1974.
- «Un enseignement pour une nouvelle ère: le Conservatoire des Arts et Métiers, 1815-1830», *Cahiers D'histoire du CNAM*, 1, 1992, pp. 75-92.
- *The Culture of Science in France, 1700-1900*, Hampshire, Variorum, 1992.
- «Les regards étrangers sur l'École Polytechnique: 1794-1850», en Belhoste, Dahan Dalmedico, Pestre, y Picon (1995), pp. 63-74.
- y A. GUAGNINI: *Education, technology and industrial performance in Europe: 1850-1939*, Cambridge / París, Cambridge UP / Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, 1993.
- y A. GUAGNINI: *Laboratories, workshops, and sites: concepts and practices of research in industrial Europe, 1800-1914*, Berkeley, University of California Press, 1999.
- y G. WEISZ (eds.): *The organisation of science and technology in France (1808-1914)*, Cambridge / Paris, Cambridge University Press, 1980.
- GARÇON, A.-F.: *Entre l'État et l'usine: L'École des Mines de Saint-Étienne au XIX^e siècle*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2004.
- GARNER, A. D., y E. W. JENKINS: «The English Mechanics' Institutes: The case of Leeds 1824-42», *History of Education*, 2, 1984, pp. 139-152.
- GARRABOU, R.: *Enginyers industrials, modernització econòmica i burgesia a Catalunya (1850-inicis del segle XX)*, Barcelona, 1982.
- GOSPEL, H. F. (ed.): *Industrial Training and Technological Innovation. A Comparative and Historical Study*, Londres / Nueva York, Routledge, 1991.
- GOUZÉVITCH, D., e I. GOUZÉVITCH: «The Difficult Challenges of the No Man's Land or the Russian Way Towards Women's Engineering Professionalization (1850s-1920s)», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, IV, 2000, pp. 173-241.
- e I. GOUZÉVITCH: «Les corps d'ingénieurs comme forme d'organisation professionnelle en Russie: genèse, évolution, spécificité: XVIII^e et XIX^e siècles», *Cahiers du Monde Russe et Soviétique*, 41 (4), 2001, pp. 569-614.

- GOUZÉVITCH, D., e I. GOUZÉVITCH: «De Ferry à Le Play: deux exemples de collaboration des ingénieurs d'État français et des entrepreneurs miniers russes dans l'Oural: première moitié du XIX^e siècle», *Revue de la Maison Française d'Oxford*, 1 (2), 2003, pp. 117-145.
- GOUZÉVITCH, I.: «La science sans frontières: élèves et stagiaires de l'Empire russe dans les écoles supérieures françaises aux XIX^e et XX^e siècles», *Les Cahiers d'Histoire du CNAM*, 5, 1996, pp. 63-84.
- «Quelques réflexions à propos du “modèle de l'École Polytechnique”», *SABIX: Bulletin de la Société des Amis de la Bibliothèque de l'École Polytechnique*, 26, 2000, pp. 38-46.
- y A. GRELON (eds.): *Recherche scientifique, innovation industrielle et formation spécialisée: les professeurs des écoles d'ingénieurs et le développement de la culture technique moderne (XVIII^e-XX^e siècles): Symposium S 25, Mexico, 2004*, CD-R [Actes du XXI^e Congrès International d'Histoire des Sciences, Mexique, 8-14 juillet 2001].
- A. GRELON y A. KARVAR: *La formation des ingénieurs en perspective. Modèles de référence et réseaux de médiation, XVIII^e-XX^e siècles*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2005.
- GRELON, A. (dir.): *Les ingénieurs de la crise. Titre et profession entre les deux guerres*. Paris, Éditions de l'École des Hautes Etudes en Sciences Sociales, 1986.
- «Du bon usage du modèle étranger: la mise en place de l'École Centrale des Arts et Manufactures», en Gouzévitch, Grelon y Karvar (2005), pp. 17-22.
- y RAMUNNI G. (eds.), [con la participación de] L. BADEL: *La naissance de l'ingénieur-électricien: origines et développement des formations nationales électrotechniques*, Paris, PUF, 1997.
- GUAGNINI, A.: «La formation des ingénieurs en Grande Bretagne à la fin du XIX^e siècle», *Culture Technique*, n.º 12, 1984, pp. 293-303.
- GUILLERME, A. (ed.): *De la diffusion des sciences à l'espionnage industriel: xv^e-xx^e siècles: Actes du Colloque de Lyon (30-31 mai 1996) de la SFHST*, Paris, SFHST, 1999 [Cahier d'Histoire et de Philosophie des Sciences, 47].
- JACOMY, B.: «À la recherche de sa mission: la Société des Ingénieurs Civils», *Culture Technique*, 12, 1984, pp. 209-216.
- KÖNIG, W.: *Technik Wissenschaften. Die Entstellung der Elektrotechnik aus Industrie und Wissenschaft zwischen 1880 und 1914*, Chur, Fakultas, 1995.
- «Science-Based Industry or Industry-Based Science? Electrical Engineering in Germany before World War I», *Technology and Culture*, 37, 1996, pp. 70-101.
- KRANAKIS, E.: «Social Determinants of Engineering Practice: A Comparative View of France and America in the Nineteenth Century», *Social Studies of Science*, 19, 1989, pp. 5-70.
- Les Cahiers d'Histoire du CNAM*, 1-5, 1991-1996.
- LETTE, M.: *Henry Le Chatelier (1850-1936) ou la science appliquée à l'industrie*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, 2004.

- LÉVY-LEBOYER, M. (dir.): *Le patronat de la Seconde Industrialisation*, París, Éditions Ouvrières, 1979.
- LOCKE, R. R.: *The End of the Practical Man, Entrepreneurship and Higher Education in Germany, France and Great Britain, 1880-1940*, Greenwich (Connecticut) / Londres, Jai Press, 1984.
- LUNDGREEN, P.: «Engineering Education in Europe and the USA, 1750-1930: The Rise to Dominance of School Culture and the Engineering Professions», *Annals of Science*, t. 47, 1990, pp. 33-75.
- «Die Ausbildung von Ingenieuren an Fachschulen und Hochschulen in Deutschland, 1770-1990», en P. Lundgreen, A. Grelon (eds.): *Ingenieure in Deutschland, 1770-1990*, Fráncfort del Meno / Nueva York, 1994, pp. 13-78.
- LUSA MONFORTE, G.: «La creación de la Escuela Industrial Barcelonesa (1851)», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, 1, 1996, pp. 1-51.
- «L'enseignement industriel pendant la première phase de l'industrialisation espagnole: l'École d'Ingénieurs de Barcelone», en Gouzévitch, Grelon y Karvar (2005), pp. 35-52.
- y A. ROCA-ROSELL: «La ETSEIB (1851-2001), una trayectoria fructífera», en F. Puerta (ed.): *L'Escola d'Enginyers 1851-2001*, Barcelona, ETSEI de Barcelona, 2002, pp. 15-72.
- MARSH, J.: «Du cercle privé à l'antichambre de l'Université: les associations d'ingénieurs et l'image de marque des ingénieurs britanniques du XVIII^e siècle à nos jours», en A. Grelon (dir.) (1986), pp. 241-254.
- MERCIER, A.: *L'Abbé Grégoire et la création du Conservatoire National des Arts et Métiers*, París, CNAM, 1989.
- MYLLYNTAUS, T.: «Foreign models and national styles in teaching technology in the Nordic countries», en Gouzévitch, Grelon y Karvar (2005), pp. 141-152.
- NEUSCHWANDER, C.: *École Centrale des Arts et Manufactures*, París, R. Lacour ed. (colección Livres d'Or des Grandes Écoles Françaises), 1960.
- PAQUIER, S.: *Histoire de l'électricité en Suisse, la dynamique d'un petit pays européen*, Ginebra, Passé Présent, 1998.
- «Les exemples contrastés de l'École d'Ingénieurs de Lausanne et de l'École Polytechnique Fédérale de Zurich (1853-1914)», en Gouzévitch, Grelon y Karvar (2005), pp. 23-34.
- PEYRE, P.: «Les Armengaud, la "petite école" et le développement de l'innovation», *Les Cahiers d'Histoire du CNAM*, 4, 1994, pp. 93-142.
- PICON, A.: *Les saint-simoniens: raison, imaginaire, et utopie*, París, Belin, 2002.
- RAMÓN TEJELLO, J. R.: «Aproximación al Real Conservatorio de artes (1824-1850): precedente institucional de la ingeniería industrial moderna», *Quaderns d'Història de l'Enginyeria*, 5, 2002-2003, pp. 45-65.
- RIERA Y TUEBOLS, S.: *L'Associació i el Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya, de la Dictadura a la Democràcia (1950-1987)*, Barcelona, Associació d'Enginyers Industrials de Catalunya i Edicions de La Magrana, 1988.

- RIERA Y TUEBOLS, S.: «Le Conservatoire de Madrid et les Écoles de l'Assemblée de Commerce de Barcelone», *Les Cahiers d'Histoire du CNAM*, 5, 1996, pp. 13-27.
- RODRIGUES, M. de L.: *Os engenheiros em Portugal. Profissionalização e protagonismo*, Oieras, Celta, 1999.
- «La genèse de l'enseignement technique supérieur au Portugal: entre culture française et esprit allemand», en Gouzévitch, Grelon y Karvar (2005), pp. 153-160.
- SAE-ENSAM: *Livre d'or du bicentenaire, 1780-1980*, París, Au Siège, 1980.
- SKEMPTON, A. W.: *Civil engineers and engineering in Britain: 1600-1830*, Aldershot, Variorum / Brookfield, 1996.
- SMILES S.: *Lives of the Engineers, with an account of their principal Works; comprising also a History of inland communication in Britain*, 3 vols., Londres, John Murray, 1862.
- STÜCK, H.: «L'émancipation des écoles supérieures techniques et la professionnalisation des ingénieurs en Allemagne au XIX^e siècle», en A. Grelon (1986), pp. 271-290.
- THÉPOT, A.: *Les ingénieurs des mines du XIX^e siècle. Histoire d'un corps technique d'État, 1810-1914*, París, Eska, 1998.
- VACHER, H.: «L'enseignement technique et l'émergence du génie civil au Danemark au XIX^e siècle», en *50 let Fakulty Elektrotechnické ČVUT. 4. mezinárodní konference z historie vědy a techniky u příležitosti 50. výročí založení Fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze*, Praga, Nakladatelství Libri, 2003, pp. 49-71.
- WILLIOT, J.-P.: *Jules Petiet, un ingénieur de la première industrialisation et ses réseaux, 1813-1871*, París, ed. del autor, 2006.
- ZEITHAMMER, K.: «The function of the Prague engineering school and polytechnics in forming Academical and scientific institutions in the 19th century in the Czech lands», en *XIX International Congress of History of Science: Zaragoza (Spain) 22-29 August 1993: book of abstracts-scientific sections*, Zaragoza, 1993, pp. 1-2-8.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- 1820-1970, cent-cinquante ans de haut enseignement technique au Conservatoire National des Arts et Métiers*, París, CNAM, 1970.
- ALSTRÖM, G.: «Higher Technical Education and the Engineering Profession in France and Germany during the Nineteenth Century: A Study on Technological Change and Industrial Performance», *Economy and History*, 2, 1977, pp. 51-88.
- ALVIN, F.: «Le Corps des Officiers Géographes», *Bulletin de la Société Amicale de Secours des Anciens Élèves de l'École Polytechnique*, 98, 1940, pp. 15-19.
- ANGIO, A. d': *Schneider et C^e et la naissance de l'ingénierie. Des pratiques internes à l'aventure internationale 1836-1949*, París, CNRS, 2000.
- ATTEN, M., F. DU CASTEL y M. PIERRE (dirs.): *Histoire des écoles supérieures des télécommunications, 1840-1997*, París, Hachette, 1999.

- BARJOT, D.: «Les ingénieurs constructeurs et la place de l'ingénieur dans l'architecture industrielle», en Thépot (dir.) (1985), pp. 39-50.
- BARRAQUE, B. (dir.): *La ville et le génie de l'environnement*, Paris, Presses de l'ENPC, 1993.
- BAUDET, J. C.: «Pour une histoire de la formation des ingénieurs à Bruxelles», *Technologia*, 2, [1979], pp. 71-88.
- BECCHI, A., et ál. (eds.): *Towards a History of Construction*, Basilea, Birkhäuser, 2002.
- BELHOSTE, B.: «Les origines de l'École Polytechnique. Des anciennes écoles d'ingénieurs à l'École Centrale des Travaux Publics», *Histoire de l'Éducation*, 42, 1989, pp. 13-53.
- «École de Monge, école de Laplace: le débat autour de l'École Polytechnique», en F. Azouvi (ed.): *L'institution de la raison: la révolution culturelle des idéologues*, Paris, Éditions de l'EHESS / Librairie philosophique J. Vrin, 1992, pp. 101-112.
- «De l'École des Ponts et Chaussées à l'École Centrale des Travaux Publics. Nouveaux documents sur la fondation de l'École Polytechnique», *Bulletin de la Société des Amis de la Bibliothèque de l'École Polytechnique*, 11, 1994, pp. 1-69.
- *La formation d'une technocratie: l'École Polytechnique et ses élèves de la Révolution au Second Empire*, Paris, Belin, 2003.
- A. DAHAN DALMEDICO, D. PESTRE, y A. PICON: *La France des x: deux siècles d'histoire*, Paris, Economica, 1995.
- y A. PICON (dirs.): *L'École d'Application de l'Artillerie et du Génie de Metz (1802-1870). Enseignement et recherches: actes de la journée d'étude du 2 novembre 1995*, Paris, Ministère de la Culture, 1996.
- BLANCO, L. (dir.): *Amministrazione, formazione e professione: gli ingegneri in Italia tra Sette e Ottocento*, Bolonia, Il Mulino, 2000.
- BORDES, J. L., y J. F. BELHOSTE (dirs.): *Le Paris des Centraliens*, Paris, DAAVP, 2004.
- BOUILLE, M.: *Enseignement technique et idéologies au XIX^e siècle*, Paris, EPHE, 1972.
- BRET, P., K. CHATZIS y L. HILAIRE-PÉREZ (dirs.): *La presse et les périodiques techniques en Europe, 1750-1950*, Paris, L'Harmattan, e. p.
- BRUNOT, A., y R. COQUAND: *Le Corps des Ponts et Chaussées*, Paris, CNRS, 1982.
- BUREAU INTERNATIONAL DU TRAVAIL: *Les conditions de vie des ingénieurs et des chimistes*, Ginebra, BIT, 1924.
- CALCAGNO, G. C. (dir.): *Ingegneri e modernizzazioni. Università e professione nell'Italia del Novecento*, Luglio, Esculapio, 1996.
- CANEL, A., R. OLDENZIEL y K. ZACHMANN: *Crossing boundaries, building bridges: comparing the history of women engineers, 1870s-1990s*, Londres / Nueva York, Routledge, 2003.
- CARMONA, M.: *Eiffel*, Paris, Fayard, 2002.
- CARON, F., y F. CARDOT: *Histoire de l'électricité en France*, t. 1, 1881-1918, Paris, Fayard, 1991.

- CASTILLO, A., y M. RIU: *Historia de la Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona*, Barcelona, Asociación de Ingenieros Industriales de Barcelona, 1963.
- CHANUT, J.-M., et alii (dirs.): *L'industrie française au milieu du 19^e siècle. Les enquêtes de la Statistique Générale de la France*, París, École des Hautes Études en Sciences Sociales, 2000.
- CHATZIS, K.: *La pluie, le métro et l'ingénieur. Contribution à l'histoire des réseaux urbains (XIX^e-XX^e siècles)*, París, L'Harmattan, 2000.
- y G. RIBEILL: «L'espace des carrières des ingénieurs de l'équipement dans le public et le privé, 1800-2000», *Revue Française d'Administration Publique*, 116 (*Gérer les carrières*), 2005, pp. 651-670.
- COHEN, Y.: «La pratique des machines et des hommes: une pensée technique en formation (1900-1914)», en A. Thépot (dir.) (1985), pp. 61-70.
- *Organiser à l'aube du taylorisme: la pratique d'Ernest Mattern chez Peugeot, 1906-1919*, Besançon, Presses Universitaires Franc-Comtoises, 2001.
- COSTABEL, P.: *L'accueil des idées de Sadi Carnot et la technologie française de 1820 à 1860: de la légende à l'histoire*, París, Librairie Philosoph. J. Vrin, 1980.
- DESPORTES, M., y A. PICON: *De l'espace au territoire. L'aménagement en France XVI^e-XX^e siècles*, París, École Nationale des Ponts et Chaussées, 1997.
- École Polytechnique: livre du centenaire: 1794-1894*, 3 t., París, Gauthier-Villars et Fils, 1895-1897.
- EDMONSON, J. E.: *From Mecanicien to Ingenieur: Technical Education and the Machine Building Industry in Nineteenth-Century France*, Nueva York / Londres, Garland, 1987.
- [EIFFEL, Gustave]: *Les grands ingénieurs: Gustave Eiffel, L'ascension triomphale d'un ingénieur civil*, París, 1996 [*Les Cahiers de Science et Vie*, 35 (fuera de serie)].
- FARRAR, D. M., y A. J. PACEY: «Aspects of the German tradition in technical education», en D. S. L. Cardwell (ed.): *Artisan to Graduate: essays to commemorate the foundation in 1824 of the Manchester Mechanics' Institution, now in 1974 the University of Manchester Institute for Science and Technology*, Manchester UP, 1974, pp. 12-22.
- FERRETTI, R.: *Statuto delle professioni, organizzazione degli interessi e sistema politico nella prima metà del '900: il caso degli ingegneri in Italia e in Francia (1900-1945)*, tesis doctoral, Bolonia, Università degli Studi di Bologna, 1997-1998.
- FONTANON, C.: «Un ingénieur militaire au service de l'industrialisation. Arthur Jules Morin (1795-1880)», *Cahiers d'Histoire et de Philosophie des Sciences*, 29, 1990, pp. 90-119.
- «Les origines du Conservatoire National des Arts et Métiers et son fonctionnement à l'époque révolutionnaire: 1750-1815», *Les Cahiers d'Histoire du CNAM*, 1, 1992, pp. 17-44.
- «Les ingénieurs du CNAM: histoire d'une formation atypique (1917-1960)», en C. Dubar y C. Gadea (dirs.): *La promotion sociale en France*, Lille, Presses Universitaires du Septentrion, 1999, pp. 99-116.

- FONTANON, C.: «Gustave Eiffel, Darrieus et l'aviation», en J. L. Bordes y J. F. Belhoste (dirs.): *Le Paris des Centraliens*, Paris, DAAVP, 2004, pp. 185-188.
- GARNER, A. D.: «The Society of Arts and the mechanics' institutes: The co-ordination of endeavour towards scientific and technical education, 1851-54», *History of Education*, 4, 1985, pp. 255-262.
- GARRIGOS OLTRA, L., y G. BLANES NADAL (coords.): *150 anys de la consolidació de l'ensenyament industrial a Alcoi*, Alcoi, Universidad Politécnica de Valencia, 2001.
- GILLE, B. (dir.): *Histoire des techniques: technique et civilisations, technique et sciences*, Paris, Gallimard, 1978.
- GISPEN, K.: *New Profession, Old Order: Engineers and German Society, 1815-1914*, Cambridge UP, 1989.
- GISPERT, H.: «Par la science, pour la patrie»: *L'Association Française pour l'Avancement des Sciences (1872-1914)*, Rennes, Presses Univesitaires de Rennes, 2002.
- GOUZÉVITCH, D., e I. GOUZÉVITCH: «Les contacts franco-russes dans le monde de l'enseignement supérieur technique et de l'art de l'ingénieur», *Cahiers du Monde Russe et Soviétique*, 34 (3), 1993, pp. 345-368.
- GRANDMAÎTRE, R.: *L'ingénieur, son rôle, sa formation: la protection de son titre et de sa profession*, Lieja / Paris, Béranger, 1937.
- GRELON, A.: «Les universités et la formation des ingénieurs en France, 1870-1914», *Formation-Emploi*, julio-diciembre 1989, pp. 65-88.
- «L'École Polytechnique: une école d'ingénieurs?», en B. Belhoste, A. Dahan-Dalmedico y A. Picon (eds.): *La formation polytechnicienne*, Paris, Dunod, 1994, pp. 435-455.
- «Les enseignements de l'électricité: la formation des ingénieurs électriciens», en M. Lévy-Leboyer y H. Morsel (eds.): *Histoire générale de l'électricité en France*, t. 2: *1919-1946*, Paris, Fayard, 1994, pp. 162-217.
- «The European Models of Engineers: origins and prospects», en *Proceedings of the International Symposium II. The Culture of Engineering in a Rapidly Changing World*, Paris, Conférence des Grandes Écoles / Berkeley University, 1994.
- «L'ingénieur catholique et son rôle social», en Y. Cohen y R. Baudouï (eds.): *Les chantiers de la paix sociale, 1900-1940*, Fontenay-aux-Roses, ENS, 1995, pp. 167-184.
- «Training Electrical Engineers in France, 1880-1939», en Y. Cassis, F. Crouzet y T. Gourvish (eds.): *Management and Business in Great Britain and France. The Age of the Corporate Economy*, Oxford UP, 1995, pp. 147-158.
- «La genèse d'un enseignement technique supérieur», en *Deux cents ans d'École Normale Supérieure. Deux siècles pour forger l'enseignement technique et les sciences appliquées (actes de la journée du jeudi 19 octobre 1995)*, Cachan, ENS, 1996.
- «La naissance de l'enseignement supérieur industriel en France», *Quaderns d'Historia de l'Enginyeria*, 1, 1996, pp. 53-81.

- GRELON, A.: «Écoles de commerce et formations d'ingénieurs avant 1914», *Entreprises et Histoire*, 14-15 junio, 1997, pp. 29-45.
- «Formation et carrière des ingénieurs en France (1880-1939)», en L. Bergeron y P. Bourdelais (dirs.): *La France n'est-elle pas douée pour l'industrie?*, París, Belin, 1998, pp. 231-274.
- «Emergence and growth of the engineering profession in Europe in the 19th and early 20th centuries», en P. Goujon y B. Heriard Dubreuil (eds.): *Technology and ethics. A European quest for responsible engineering*, Lovaina, Peeters, 2001, pp. 75-79.
- y F. BIRCK: *Des ingénieurs pour la Lorraine. Naissance et essor des enseignements supérieurs industriels*, Metz, Serpenoise, 1998.
- y H. STÜCK (dirs.): *Ingenieure in Frankreich, 1747-1990*, Fráncfort, Campus, 1994.
- GUAGNINI, A.: «Higher Education and the Engineering Profession in Italy: The Scuole of Milan and Turin, 1859-1914», *Minerva*, XXVI (4), 1988, pp. 512-549.
- «Academic qualifications and professional functions in the development of the Italian engineering schools, 1859-1914», en A. Guagnini y R. Fox (eds.): *Education, technology, and industrial performance in Europe 1850-1939*, Cambridge UP, 1993, pp. 171-195.
- GUILLERME, A.: *Corps à corps sur la route: Les routes, les chemins et l'organisation des services au XIX^e siècle*, París, Presses des Ponts et Chaussées, 1984.
- *Bâtir la ville: Révolutions industrielles dans les matériaux de construction: France-Grande-Bretagne: 1760-1840*, s. l., Champ Vallon, 1995.
- «Le génie dans l'aménagement du territoire», en Belhoste, Dahan Dalmedico, Pestre y Picon (1995), pp. 203-214.
- HAMELIN, F.: «L'École d'Application de l'Artillerie et du Génie de Metz ou l'Organisation d'un Compromis», en *L'École d'Application de l'Artillerie et du Génie de Metz: 1802-1870: enseignement et recherches: actes de la journée d'étude du 2 novembre 1995*, s. l., Musée des Plans-Reliefs, 1996.
- HENNOCK, E. P.: «Technological education in England, 1850-1926: the uses of a German model», *History of Education*, 19 (4), 1990, pp. 299-331.
- JARAUSCH, K.: *The Transformation of Higher Learning 1860-1930. Expansion, Differentiation, Social Opening and Professionalization in England, Germany, Russia and the United States*, Stuttgart, Klett-Cotta, 1982.
- JEREMY, D. J. (ed.): *International Technology Transfer: Europe, Japan and the USA, 1700-1914*, Brookfield, Edvard Elgar, 1991.
- KALAORA, B., y A. SAVOYE: *Les inventeurs oubliés: Le Play et ses continuateurs aux origines des sciences sociales*, París, Champ Vallon, 1989.
- KOSCIUSKO-MORIZET, J. A.: *La mafia polytechnicienne*, París, Seuil, 1973.
- KRYSTANOVSKÁ, O. V.: *Inženýry: Stanovenie i razvitie professional'noj gruppy*, Moscú, Nauka, 1989 [Les ingénieurs: La mise en place et le développement du groupe professionnel].

- LANCIANO, C., et ál. (dirs.): *Acteurs de l'innovation et l'entreprise. France, Europe, Japon*, París, L'Harmattan, 1999.
- L'art de l'ingénieur. De Perronet à Caquot*, París, Presses de l'ENPC, 2004 [Annales des Ponts et Chaussées, fuera de serie].
- LASTOURS, Colonel de: «Les services publics qui se recrutent à l'École», *Bulletin de la Société Amicale de Secours des Anciens Élèves de l'École Polytechnique*, 10, 1930, pp. 18-48.
- LE CHATELIER, F.: *Henry Le Chatelier. Un grand savant d'hier, un précurseur. Sa vie, son œuvre, son temps*, París, Revue de Métallurgie, 1969.
- LE MOËL, M., y R. SAINT-PAUL (dirs.): *1794-1994: le Conservatoire National des Arts et Métiers au cœur de París*, París, Délégation à l'Action Artistique de la Ville de París, 1994.
- LESOURNE, J. (dir.): *Les polytechniciens dans le siècle: 1894-1994*, París, Dunod, 1994.
- LUNDGREEN, P., y A. GRELON (eds.): *Ingenieure in Deutschland, 1770-1990*, Francfort / Nueva York, 1994.
- MACLEOD, R.: «"Instructed Men" and Mining Engineers: The Associates of the Royal School of Mines and British Imperial Science, 1851-1920», *Minerva*, XXXII (4), 1994, pp. 422-439.
- PAUL, H. W.: *From knowledge to power: the rise of the science empire in France, 1860-1939*, Cambridge UP, 1985.
- PAYEN, J.: *Capital et machine à vapeur au XVIII^e siècle: Les frères Périer et l'introduction en France de la machine à vapeur de Watt*, París / La Haya, EHESS / Mouton, 1969.
- *Technologie de l'énergie vapeur en France dans la première moitié du XIX^{ème} siècle*, París, s. l., 1978.
- PICON, A.: *L'invention de l'ingénieur moderne: L'École des Ponts et Chaussées: 1747-1851*, París, Presses de ENPC, 1992.
- (dir.): *L'art de l'ingénieur. Constructeur, entrepreneur, inventeur*, París, Centre Georges Pompidou / Le Moniteur, 1997.
- y K. CHATZIS: «La formation des ingénieurs français au siècle dernier: débats, polémiques et conflits», *L'orientation scolaire et professionnelle*, 21 (3), 1992, pp. 227-243.
- RAMUNNI, G., y M. SAVIO: *Cent ans d'histoire de l'École Supérieure d'Electricité: 1894-1994*, París, Saxifrage, 1995.
- RIBELL, G.: «Profils des ingénieurs civils au XIX^e siècle. Le cas des centraux», en A. Thépot (dir.) (1985), pp. 112-125.
- «Autour du *Journal du Génie Civil* (1828-1831), ou les ambiguïtés d'un courant libéral d'ingénieurs», en A. Herlea (ed.): *Proceedings of the XVIIIth International ICOHTEC Conference*, San Francisco Press, 1993, pp. 339-355.
- *La révolution ferroviaire: la formation des compagnies de chemins de fer en France: 1823-1870*, París, Belin, 1993.

- RIEBER, A. J.: «The rise of engineers in Russia», *Cahiers du Monde Russe et Soviétique*, 31 (4), 1990, pp. 539-568.
- ROLT, L. T. C.: *Victorian Engineering*, Londres, Penguin, 1970.
- RUMEU DE ARMAS, A.: *Ciencia y tecnología en la España ilustrada. La Escuela de Caminos y Canales*, Madrid, Turner, 1980.
- SEITZ, F.: «L'enseignement de la construction, de l'architecture et du dessin à la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle: l'apport d'Émile Trélat et de Jules Pillet», *Les Cahiers du CNAM*, 2, 1993, pp. 155-174.
- SIMONON, J. P., y F. VATIN (dirs.): *L'œuvre multiple de Jules Dupuit (1804-1866)*, Angers, Presses Universitaires, 2002, pp. 71-88.
- SMITH, C. O. Jr.: «The Longest Run: Public Engineers and Planning in France», *The American Historical Review*, 95 (3), 1990, pp. 657-692.
- THÉPOT A. (dir.): *L'ingénieur dans la société française*, París, Éditions Ouvrières, 1985.
- «Les ingénieurs du Corps des Mines, le patronat et la Seconde Industrialisation», *Le patronat de la Seconde Industrialisation: Les Cahiers du «Mouvement Social»*, 4, 1979, pp. 237-246.
- TORSTENDAHL, R.: *Bureaucratisation in Northwestern Europe, 1880-1985. Domination and Governance*, Londres / Nueva York, Routledge, 1991.
- TOUSIJN, W. (ed.): *Le libere professioni in Italia*, Bolonia, Il Mulino, 1987.
- VELAMAZÁN, Á.: «La enseñanza de las matemáticas en las academias militares en España en el siglo XIX», *Cuadernos de Historia de la Ciencia*, 7, 1994, pp. 5-23.
- VINCENT, A.: «Lettre au Directeur du *Journal du Génie Civil*», *Journal du Génie Civil*, 3, 1829, pp. 598-602.
- WEISS, J. H.: «Les changements de structure dans la profession d'ingénieur en France de 1800 à 1850», en A. Thépot (dir.) (1985), pp. 19-38.
- *The Making of Technological Man: The Origins of French Engineering Education*, Cambridge (Mass.), MIT Press, 1982.
- WORONOFF, D.: *L'industrie sidérurgique en France pendant la Révolution et l'Empire*, París, EHESS, 1984 [*Civilisations et Sociétés*, 71].
- *Histoire de l'industrie en France, du XVII^e siècle à nos jours*, París, Seuil, 1994.