

# PRESENTACIÓN

## Ingeniería y sociedad digital

Juan Carlos Toscano y José Antonio López Cerezo \*

Un tema central de nuestro tiempo es el avance de la cuarta revolución industrial y la consolidación de la llamada “sociedad digital”. Es difícil exagerar el extraordinario impacto que la microelectrónica y las telecomunicaciones están teniendo en la transformación del sistema productivo, la gobernanza democrática y los modos de vida. Hacer frente a los desafíos sociales y políticos que hoy plantea la irrupción de la industria 4.0 requiere repensar los objetivos y contenidos de la educación de técnicos e ingenieros, así como los valores que definen las relaciones entre tecnología y sociedad.

123

¿Qué debe saber un ingeniero para ser un buen ingeniero? No es fácil responder directamente a esta pregunta. ¿Cuál es la función social de los productos tecnológicos? ¿Qué características debe reunir, por ejemplo, una carretera para ser una buena carretera? Debe tener un pavimento adecuado, en composición y espesor, para el volumen y el tipo de tráfico previsto, debe tener vías de aceleración y desaceleración, debe minimizar las curvas cerradas y los accidentes geográficos, debe evitar áreas urbanas o zonas congestionadas, etc. Pero tan importantes como las consideraciones técnicas son los elementos de juicio de tipo económico, relativos a costos, y especialmente los de tipo político y social. Ser una buena carretera no sólo depende de sus rasgos físicos sino también de *qué une y qué separa*.

---

\* Coordinador y director, respectivamente, de la *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)*. Correo electrónico: [toscano@oei.es](mailto:toscano@oei.es) y [cerezo@uniovi.es](mailto:cerezo@uniovi.es).

Las carreteras, como las vías férreas y otras obras públicas, pueden tener impactos secundarios, terciarios y de sucesivos órdenes, previstos o imprevistos, que pueden responder a propósitos políticos o generar resistencia social. Como los bulevares (*parkways*) construidos en los años 20 y 30 por Robert Moses en la rica Long Island de la época: carreteras cruzadas en muchos puntos por puentes de baja elevación para impedir el paso del transporte público y hacer imposible su uso por parte de la población pobre de Manhattan, que no tenía más remedio que desplazarse en autobús. O como la Villa 31 en Buenos Aires, a 200 metros de la zona más cara de la ciudad y asépticamente aislada mediante la autopista Illia (AV1 Norte) y las vías del ferrocarril. Al contrario de lo que parece haber ocurrido con las costaneras de Asunción y Encarnación en Paraguay, que además de facilitar las entradas y salidas de los núcleos urbanos, están contribuyendo a erradicar los barrios degradados y ofrecen nuevas oportunidades de ocio a sus habitantes. Los artefactos y sistemas tecnológicos, como una carretera, no sólo están hechos de metal, asfalto o ladrillo; también integran valores y responden a intereses. Son realidades a las que no puede hacer caso omiso un ingeniero.

Un buen ingeniero debe tener conocimientos sobre resistencia de materiales, fuerzas de torsión, mecánica de fluidos o automatización de procesos. Pero también debe ser consciente de que, por ejemplo, la robotización de una fábrica no solamente concierne al posible aumento de la productividad, sino que redefine el significado de “trabajo” en ese contexto laboral. ¿Qué más debe saber un buen ingeniero? Para responder a esta pregunta debemos prestar atención a los puestos que puede ocupar o funciones que puede desempeñar en su vida profesional. En función de esos considerandos, un buen ingeniero, además de los conocimientos técnicos, debería saber comunicar, negociar, argumentar, redactar, persuadir, identificar valores y ser sensible a otros puntos de vista. Es decir, debería ser capaz de apreciar la complejidad y las dimensiones sociales de asuntos técnicos como construir una carretera, robotizar una fábrica o diseñar planes urbanos, y ser también competente para manejar ese tipo de asuntos como un buen comunicador y un buen gestor.

La mejora del currículum del ingeniero es entonces cuestión de reunir la diversidad de competencias que necesitará en su vida profesional. Y algunas de esas competencias clave se concretan en contenidos no técnicos relacionados con la comunicación, aspectos éticos y legales, sostenibilidad e igualdad de género, y otros elementos del conocido como “enfoque CTS”.

El enfoque CTS (ciencia, tecnología y sociedad) en educación trata de modificar contenidos curriculares y estrategias de enseñanza-aprendizaje, de modo que a la transmisión de contenidos científico-técnicos acompañe una reflexión práctica sobre el contexto social en que se enmarcan dichos contenidos, relevando aspectos éticos, económicos, de género, medioambientales y culturales que capaciten al ingeniero o el técnico para comprender su papel en un mundo complejo y global, así como tratando de generar vocaciones por las carreras de ciencias e ingenierías entre los jóvenes.

Pero la profesión no debería ser el único criterio al pensar en la educación. Formar un buen ingeniero no sólo consiste en capacitarlo mejor para su vida profesional, sino

también en proporcionarle los recursos para una formación integral que lo enriquezca intelectualmente, mediante conocimientos de ciencias sociales y humanidades como la filosofía, la historia o la sociología de la tecnología.

De hecho, en la formación del ingeniero, más importantes que los conocimientos para el desarrollo y adquisición de esas competencias sociales y humanísticas, son las actitudes. Mediante la implantación de un enfoque CTS en el currículum del ingeniero se trata de combatir el “efecto túnel” que tiene con frecuencia una formación que omite y desprecia los elementos no técnicos. Se trata de transmitir valoraciones que, asentadas sobre la familiaridad con esa realidad poliédrica de la ingeniería, generen inclinación a hacer las cosas de cierta manera.

Como decía el físico neozelandés John Ziman, un científico o ingeniero estaría mejor preparado para su vida profesional si le enseñáramos un poco menos (sólo un poco menos) de ciencia y un poco más sobre la ciencia. Ese “poco” que se pierde no es siquiera significativo. Un buen ingeniero, como cualquier buen especialista en cualquier campo, tiene que seguir actualizando su conocimiento técnico a lo largo de toda su vida profesional en activo. Sin embargo, si en sus pocos años de formación, cuando es más maleable, no cultivamos en él o ella esa conciencia y actitudes sociales, difícilmente las adquirirá posteriormente como profesional, tendiendo más bien a despreciarlas.

Ciertamente, de las distintas profesiones relacionadas con la ciencia y la tecnología, la de ingeniero es la que tiene una mayor potencialidad para modificar las condiciones del entorno y construir interfases entre el ser humano y el medio. En este rol articulador, el ingeniero moderno debe interactuar en un mundo interdisciplinario dentro de dimensiones políticas, económicas, sociológicas, medioambientales, psicológicas y éticas, ubicado con frecuencia en puestos de trabajo donde se le requieren destrezas que no han tenido presencia en su programa formativo. Se trata entonces de hacer uso del enfoque CTS para generar avances curriculares y recursos didácticos que mejoren la enseñanza universitaria de la ingeniería y la formación técnico-profesional, superando el “efecto túnel” que produce la ultraespecialización y la omisión de contenidos de las ciencias sociales y las humanidades.

El propósito último es cultivar una actitud crítica y abierta en los estudiantes, sensible a los elementos contextuales que modulan el avance tecnológico, que ofrezca a los ingenieros mejores condiciones para enfrentar los complejos problemas que tendrán que abordar como profesionales. Complementariamente, la inclusión de un enfoque CTS en la enseñanza de la ingeniería y materias técnicas podría contribuir a combatir la fuerte asimetría de género que sigue caracterizando a estas carreras.

Este es el tema central de la cátedra “Ingeniería y sociedad digital”, que tuvo su arranque formal en el Foro Iberoamericano que se celebró en abril de 2018 en Avilés y Oviedo, España, precedido de varias reuniones virtuales y presenciales con representantes de universidades, entidades educativas públicas y grupos de investigación de Iberoamérica. Ingenieros, filósofos, matemáticos, sociólogos y educadores, entre otros profesionales de varios países iberoamericanos, crearon

durante tres días un estimulante espacio de intercambio de ideas acerca de los desafíos para la ingeniería y su enseñanza en el marco de la sociedad digital. Otras temáticas abordadas fueron los retos específicos que plantea la formación técnico-profesional, la brecha digital que afecta a las personas mayores y el déficit en formación cívica de los usuarios más jóvenes de los medios digitales.

Este monográfico es uno de los frutos del Foro, y recoge contribuciones pertenecientes al primero de los ejes de la discusión en Asturias: ingeniería y sociedad digital. Todos los artículos corresponden a investigadores que estuvieron presentes en el evento. Son muchas las ideas y experiencias que se debatieron y se recogen parcialmente en esta monografía. Una de las ideas que se enfatizaron, y que deseamos destacar, es que las tecnologías son creadas por ingenieros que trabajan para organismos y empresas cuyo objetivo no siempre es el desarrollo social. Dotar a los ingenieros de una formación CTS es importante para estimular actitudes críticas y fomentar conciencia social, contribuyendo a evitar que esas tecnologías creen extrañamiento y vínculos de dependencia al servicio únicamente de la lógica del mercado; una formación CTS es relevante para promover “tecnologías entrañables” que respondan a necesidades reales y propicien una domesticación que nos enriquezca como seres humanos.

El dossier comienza con un artículo de la ingeniera e investigadora uruguaya Judith Sutz. El artículo se titula “Ingeniería y preocupación social: hacia nuevas prácticas” y parte de la pregunta: ¿ser o no ser deterministas tecnológicos? Sutz fundamenta sus propuestas en tres temas muy relevantes: la digitalización de la sociedad desde la informática, la importancia de respetar la sustentabilidad ambiental y la necesidad de acrecentar la igualdad social sobre la base del trabajo del colectivo de los ingenieros. En su elocuente formulación del lema central de esa agenda social de los ingenieros: “Lo que ellos no hagan no será hecho”.

“Ingenierías, sociedades digitales e infoesfera. Una interpretación de la filosofía y la ética de la información de Luciano Floridi” es el título del segundo artículo, cuya autoría corresponde a Lola S. Almendros y Javier Echeverría. Floridi es un filósofo italiano que ha centrado su trabajo en la filosofía de la información y la ética informacional. Los autores argumentan convincentemente la relevancia de este filósofo para el diseño del currículum formativo de los ingenieros del siglo XXI. En este sentido, enfatizan que “las acciones tecnológicas tienen sus propios valores y objetivos, pero algunas de ellas presentan riesgos importantes, que hay que analizar y tener en cuenta en la formación de los ingenieros”.

Walter Bazzo y Luiz Teixeira, del NEPET de la Universidad Federal de Santa Catarina, Brasil, son co-firmantes del artículo “Rompendo paradigmas na educação em engenharia”. El NEPET quizás sea el espacio con mayor experiencia en Brasil en la enseñanza de la ingeniería con una mirada CTS. Son cerca de 40 años trabajando y siendo referentes en la formación de ingenieros. Pese a lo anterior se siguen considerando un “cuerpo extraño” entre los formadores de ingenieros. En esta contribución se puede ilustrar la evolución de la formación de ingenieros en Brasil y la importancia actual que tiene la responsabilidad social en la formación de los ingenieros.

José Manuel de Cózar, de la Universidad de La Laguna, España, firma la siguiente contribución: “Ingenieros del Antropoceno digital: la enseñanza de las ingenierías en una época incierta”. El término “Antropoceno” designa una nueva época geológica, en la que el ser humano se ha convertido en una fuerza a escala planetaria, provocando un cambio ambiental sin precedentes. La reflexión sobre el significado del Antropoceno nos obliga a reconsiderar las relaciones entre los seres humanos, la tecnología y la naturaleza. ¿Cómo se concreta la idea de que los seres humanos se han convertido en un agente de cambio similar o incluso más poderoso que cualquier otra fuerza de la naturaleza? ¿Cómo plantear el Antropoceno digital? Estas preguntas, argumenta de Cózar, no pueden ser ajenas a los estudiantes de ingeniería. La formación de una conciencia ecológica debería ser uno de los objetivos formativos de las carreras de ingeniería y el autor nos presenta en este artículo algunas propuestas.

Desde hace años grupos de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) de la Argentina vienen promoviendo la mirada CTS en la formación de los ingenieros. En este número, Milena Ramallo, Elida Clara Repetto, María Celia Gayoso y Rosa Giacomino presentan el artículo “Ingeniería y Sociedad: aportes de los estudios CTS en la formación de los ingenieros”, en el que las relaciones ciencia-tecnología-ingeniería-industria son el foco del estudio. La asignatura “Ingeniería y Sociedad” se imparte en el primer año de la carrera y busca dotar de responsabilidad social y ecológica en la futura acción profesional de los ingenieros. En esta contribución describen el reto y la experiencia.

Carlos E. Gómez, en una nueva contribución con su artículo “Estudios críticos sobre algoritmos: ¿Un punto de encuentro entre la Ingeniería y las Ciencias Sociales?”, afirma que nos encontramos en una era en la que el dominio de los algoritmos ha generado una “algocracia”. Existe un alto consenso en afirmar que la eficacia de la ingeniería de datos es muy alta y nos vemos muy influidos por ella. Otro tema diferente es su legitimidad. Nos encontramos ante unos gigantes de la industria digital que nos ofrecen “gratis” muchos servicios a cambio de un valor muy importante: nuestros datos. Estas cuestiones deberían ser parte de los temas de debate en la enseñanza de la ingeniería.

El artículo de Raúl Carbajal López y Cipriano Barrio, en su investigación “Del ágora pública a las redes sociales: Por una ciencia y una democracia sin exclusión”, reflexiona sobre la participación pública en los temas de ciencia y tecnología en relación con el bienestar de la ciudadanía. Tiene su inicio con una posible definición de la ciudadanía y la medida del bienestar en Iberoamérica. El trabajo deriva su enfoque del pensamiento del expresidente de Uruguay José Mujica y resalta la situación de una región que por todos es considerada la menos equitativa del mundo, expuesta además a un avance tecnológico global que tiende a acrecentar brechas más que a cerrarlas.

Raquel Villafrades Torres, de la Universidad Pontificia Bolivariana de Colombia, nos presenta un trabajo centrado en una experiencia con alumnos de química en ingeniería sobre la huella ecológica: “Cuidando la casa común: experiencias de aula con estudiantes de primer semestre de ingenierías”. Llama nuestra atención sobre los

residuos que producen los aparatos electrónicos, así como sobre las acciones de divulgación realizadas en colectivos sociales para promover la conciencia ecológica. Hay un nuevo tipo de residuos a los que se enfrenta nuestra sociedad, y que están estrechamente vinculados a la sociedad digital, sobre los que es necesaria una política pública tanto de reaprovechamiento como de tratamiento selectivo y especializado para que no se produzcan nuevas contaminaciones muy peligrosas para la vida natural.

Un dossier dedicado a la ingeniería y la sociedad digital no puede evitar el tema de la industria 4.0, el reflejo productivo de la nueva era, y en ese ámbito la Fundación Tecnalia es un referente en Iberoamérica. Raúl Tabares, investigador de dicha Fundación, aborda el movimiento *maker* y la fabricación abierta en su artículo “La fabricación abierta: ¿un camino alternativo a la industria 4.0?”. El autor señala los peligros que la industria 4.0 podría causar al bienestar social y propone la fabricación abierta como alternativa.

El dossier concluye con el extenso trabajo del profesor emérito de ingeniería Javier Aracil: “El latente debate sobre la ingeniería y la ciencia”. Resulta muy adecuado cerrar este número con una contribución que clarifica la diferencia entre tecnología y ciencia aplicada, mostrando claramente el papel del ingeniero en la sociedad. Algunas de las tecnologías que nos envuelven representan soluciones a problemas sociales o ciudadanos, pero hay muchas que han venido para servir intereses empresariales que hemos terminado asumiendo como demandas sociales.

128

Los estudios CTS siempre han promovido una mirada social de la ciencia y la tecnología. Se trata de un fenómeno que se ha producido a una enorme velocidad: Internet no era prácticamente usado en 1994 y, 25 años después, ha configurado una nueva sociedad en la que las tecnologías de la comunicación han pasado a configurar nuevos hábitos personales, nuevas profesiones, nuevas empresas y nuevos espacios de relación. En resumen, un cambio económico y social intra-generacional que requiere la mirada pausada de la academia desde la filosofía, la sociología, la psicología, la educación y otras ciencias sociales, en colaboración con la propia ingeniería, para combatir nuevas brechas y amenazas, y para encaminarnos hacia una sociedad más humana e inclusiva. Esperamos que este monográfico sea un aporte en este debate.