

Ingeniería y sociedad: aportes de los estudios CTS a la formación de los ingenieros

Engenharia e sociedade: contribuições dos estudos CTS na formação dos engenheiros

Engineering and Society: Contributions of STS Studies to Engineering Education

Milena Ramallo, Elida Clara Repetto,
María Celia Gayoso y Rosa Giacomino *

El objetivo de este trabajo es presentar los aportes del enfoque CTS e incorporarlos a la asignatura "Ingeniería y sociedad" en las carreras de ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional de Argentina. Esta fundamentación brinda elementos teóricos y metodológicos para la reflexión sobre la pertinencia de este campo de estudio-trabajo en la formación de ingenieros. Su objeto de estudio se centra en la relación entre la ciencia y la tecnología, hoy en día atravesada por una nueva concepción de la ingeniería atenta a las necesidades de una sociedad que anhela alcanzar el desarrollo sustentable. Esto ha impuesto un nuevo desafío a la ciencia y la tecnología, y este nuevo modelo a su vez se relaciona profundamente con la nueva manera de comprender la relación ciencia-tecnología-ingeniería-industria en un mundo complejo y cambiante. Por ello nos proponemos desarrollar en los estudiantes la capacidad de comprensión de ese mundo que les toca vivir y de los desafíos que tendrá que afrontar el ingeniero, así como también entender el valor social de la ingeniería.

197

Palabras clave: CTS; ingeniería; formación; desarrollo sustentable; interdisciplinariedad

* *Milena Ramallo*: magíster en ciencias sociales, mención educación (FLACSO-Sede Argentina); profesora en ciencias de la educación, Universidad Nacional de Córdoba; profesora titular y directora de cátedra de Ingeniería y Sociedad; directora de la Unidad Docente Básica Cultura e Idiomas en la Facultad Regional Buenos Aires (FRBA), Universidad Tecnológica Nacional (UTN), Argentina. Correo electrónico: ramallo.milena@gmail.com. *Elida Clara Repetto*: profesora universitaria en historia, Universidad de Buenos Aires (UBA); profesora titular y directora de cátedra de Ingeniería y Sociedad, FRBA, UTN. Correo electrónico: repettoelida@gmail.com. *María Celia Gayoso*: profesora de enseñanza media y superior en filosofía, UBA; profesora asociada en la cátedra de Ingeniería y Sociedad, FRBA, UTN. Correo electrónico: mcgayoso@gmail.com. *Rosa Giacomino*: profesora universitaria en filosofía, Universidad Católica Argentina; magíster en metodologías y tecnologías de la formación en red; Universidad de Verona, Italia; y profesora asociada en la cátedra de Ingeniería y Sociedad, FRBA, UTN. Correo electrónico: rosagiacomino@gmail.com.

O objetivo deste trabalho é apresentar as contribuições da abordagem CTS e incorporá-las à disciplina Engenharia e Sociedade nos cursos de engenharia da Universidade Tecnológica Nacional da Argentina. Esta fundamentação proporciona elementos teóricos e metodológicos para refletir sobre a pertinência deste campo de estudo-trabalho na formação de engenheiros. O seu objeto de estudo centra-se na relação entre a ciência e a tecnologia, hoje atravessada por uma nova concepção de engenharia atenta às necessidades de uma sociedade que almeja alcançar o desenvolvimento sustentável. Isso impôs um novo desafio à ciência e à tecnologia, e esse novo modelo, por sua vez, está profundamente relacionado à nova forma de entender a relação ciência-tecnologia-engenharia-indústria em um mundo complexo e mutável. É por isso que nós propomos desenvolver nos estudantes a capacidade de entender o mundo em que vivem e dos desafios que o engenheiro terá de enfrentar, bem como entender o valor social da engenharia.

Palavras-chave: CTS; engenharia; formação; interdisciplinaridade; desenvolvimento sustentável

This paper aims at presenting the contributions of STS studies to engineering education through the description of a course given within the engineering majors of Argentina's Universidad Tecnológica Nacional. The course's name is "Engineering and society" and it offers theoretical and methodological elements to reflect on the relevance of this field to the education of engineers. It centers on the relationship between science and technology and the new concept of engineering, which includes a clear responsiveness towards sustainable development and other important social needs. This new model is profoundly linked to a new way of understanding the relationship between science, technology, engineering and industry in a complex and changing world. Through the course mentioned above, we propose to help students in their understanding of the world they live in and of the challenges that engineers will have to face in the near future.

Keywords: STS; engineering; training; sustainable development; interdisciplinarity

Introducción: el campo CTS

La denominación CTS (o STS, por sus siglas en inglés: *science-technology-society*) puede ubicarse temporalmente hacia el final de la década de los 60 y principios de los 70 del siglo XX, relacionada con los movimientos sociales, ambientalistas y antinucleares, aunque las áreas de conocimiento que se consideran integrantes de este campo de estudio —la sociología del conocimiento, la historia de la ciencia, la historia de la tecnología, la filosofía de la tecnología o de la técnica— se desarrollaron antes de esta época o algunas paralelamente a ella.

Los primeros trabajos de sociología de la ciencia fueron internalistas, es decir: realizaban un análisis de las normas internas de la comunidad de científicos y a partir de allí, se establecían comparaciones entre ellas. Este enfoque no consideraba, por ejemplo, las relaciones políticas entre los científicos y el Estado. El desarrollo de los estudios CTS superó esta visión de la ciencia y de la tecnología en la medida que se propuso repensar la interrelación entre ellas y la sociedad. Tanto la visión internalista como la oposición entre humanismo-sociedad y ciencia y tecnología se hicieron evidentes en la enseñanza de la ingeniería y lo hicieron a pesar de la incorporación de disciplinas no tecnológicas en el diseño curricular.

Para Mitcham (1990), la forma en que fue comprendida la relación CTS puede dividirse en tres etapas: antigua, moderna o ilustrada y la actual.

En la comprensión antigua, las ciencias y la tecnología están separadas, no se influyen mutuamente. Ciencia y tecnología (CyT) están supeditadas a una autoridad externa a ellas, sea esta política o eclesial, por ejemplo, que les confiere un determinado valor. En cambio, en la concepción que se estructura en la modernidad, CyT se acercan, tienen una influencia recíproca y son consideradas autónomas y neutrales, en el sentido de no cargadas de ideología ni de intereses o valores morales respecto del entorno social o político. Por el contrario, el orden político y social se subordina a la CyT. Este es el modelo del proyecto ilustrado que confluyó en el positivismo y el científicismo. Esta visión moderna admite que la ciencia progresa. Este progreso se basa en una razón autónoma, que logra la verdad siguiendo principios racionales y positivos. Alcanzar la verdad debe hacerse de modo independiente de cualquier autoridad externa a la razón, que además queda reducida a la científica o científica-técnica-instrumental, y llevará a la humanidad a la igualdad, la fraternidad, el bienestar general, la felicidad. Dentro de esta visión surge la Revolución Industrial y la inclusión de la ingeniería dentro de los estudios universitarios.

En la primera mitad del siglo del siglo XX comienzan los cuestionamientos a este pensamiento positivista en diversos ámbitos, de los que no escapa la ciencia, que se transforma en un campo complejo donde coexisten teorías que no son compatibles entre sí, echando por tierra las pretensiones universalistas decimonónicas. Para Aracil, la ingeniería es impactada por esta “nueva forma de ver el mundo” y genera un cambio importante en la concepción del ingeniero: “El triunfalismo tecnológico de principios de siglo va dejando paso a posiciones más matizadas que requieren la adopción por parte de los ingenieros de principios deontológicos que hasta entonces

habían sido relativamente postergados ante el incuestionado balance positivo de su labor” (2000: 13).

Torres Albero (1994) se cuestiona: ¿cambia o progresa la ciencia? Muestra así el giro de la pregunta sobre el progreso a la pregunta sobre el cambio. Este giro se inició con *La estructura de las revoluciones científicas* (1962) de Thomas Kuhn y se impulsó desde dos ideas centrales: la de “comunidad científica”, en tanto actividad netamente social, y la noción de “paradigma” como constelación de creencias, conocimientos, valores, métodos y prácticas, lenguaje e intereses que articula la actividad de investigación. Aunque este planteo se aplica inicialmente a la ciencia, ha trascendido tal ámbito y se utiliza en otros campos.

Olivé (2007) reconoce la importancia de la contribución de Kuhn para abrir a una mejor comprensión de la relación entre la ciencia y la sociedad, que vale también para los sistemas tecnológicos. Los sistemas científico-tecnológicos, además de tener en su acción propia una estructura comunitaria, se hallan a su vez inmersos en una sociedad concreta en la cual despliegan su acción. Desde esta perspectiva, cabe plantear un “nuevo contrato social” para la ciencia y la tecnología, que enfatiza la interdependencia entre ciencias básicas y aplicadas, investigación y desarrollo e innovación, donde el complejo funciona integrado y cada sector necesita del otro. Y, dado que la mayor parte de la investigación en ciencia y tecnología se financia con fondos públicos, es necesario que los ciudadanos y los gobernantes participen en la reflexión acerca de la naturaleza de la ciencia y la tecnología, así como de su importancia e incidencia en la sociedad y en la naturaleza.

200

La introducción del concepto de cambio en lugar de progreso implicó el reconocimiento de factores externos a la razón exclusivamente científica, autónoma, independiente: el reconocimiento de, por ejemplo, factores sociales o políticos. Si bien se coloca como precursor a Kuhn, es en Toulmin en donde se ancla el giro más significativo:

“... es en el proceso de transición de la idea de progreso a la de cambio, donde la obra de Toulmin (1977) cobra una especial relevancia por cuanto que es el primer autor que partiendo de los tópicos de la filosofía de la ciencia, elabora un modelo en el que los factores sociales, junto a los estrictamente cognitivos, desempeñan un papel relevante en la génesis y estructuración del desarrollo científico” (...) “Con este cambio de lente se pone fin al drama moralista bajo el cual se ha concebido durante mucho tiempo, y en parte se sigue concibiendo, el desarrollo de la ciencia. Así, dentro de un cosmos maniqueo, aparecen de un lado, vestidos de blanco, la razón, la experiencia, la verdad, la validez y la objetividad; de otro con ropajes negros se alinean la cultura, la autoridad, la costumbre, el dogma y la convención” (Barnes, 1986: 57, citado por Lamo de Espinosa, González García y Torres Albero, 1994).

La ciencia perdió así la mirada de certidumbre que sedujo desde la revolución industrial (González García, López Cerezo y Luján López, 1997).

Asimismo, surgen teorías sobre el cambio tecnológico, con Thomas Hughes, Wiebe Bijker y Trevor Pinch como los representantes más significativos. Estos autores proponen comprender la complejidad y el dinamismo del proceso sociotécnico, evitando caer en determinismos tanto tecnológicos como sociales, es decir: sostienen la construcción de una visión del desarrollo tecnológico en el que se integran artefactos y actores de forma no lineal. En particular Hughes analiza las tecnologías como sistemas que en algún punto de su desarrollo parecieran experimentar una autonomía que dependerá de los diferentes y heterogéneos grupos que componen dicho sistema.

Algunos movimientos sociales de fines del siglo XX son críticos del desarrollo tecnológico y del *establishment* e impulsan el ideal de democracia participativa y el control popular de la ciencia y la tecnología, mostrando que el ideal del progreso por la ciencia y la tecnología ha revelado lo contrario a lo que proponía. En esa dirección, Cutcliffe (1990) sostiene que estos movimientos —denominados “románticos”— se introdujeron en el ámbito educativo, buscando “iluminar” a los estudiantes acerca del impacto social negativo de la ciencia y la tecnología en su futuro trabajo, adoptando posiciones anticientíficas, anti-tecnológicas, anti-*establishment*. Esta es la primera etapa de la influencia de estos movimientos en la educación.

En la segunda etapa, estas posiciones fueron superadas para dar paso a la interrelación de la CyT con los procesos sociales. En las universidades se originaron los programas de CyT para humanidades y de humanidades para los científicos y tecnólogos. Los programas provenientes del ámbito ingenieril realzaban el valor social de la ciencia y de la tecnología. Es el caso de los programas de alfabetización tecnológica, que aspiran a formar ciudadanos reflexivos y críticos de los cambios tecnológicos, capaces de tomar decisiones acerca de la tecnología que se emplea o crea, basadas en valores.

201

Ante los dos modelos de vinculación de CyT, el antiguo y el moderno, Mitcham (1990) propone un tercer modelo superador del cuestionamiento romántico y de la crítica de los movimientos sociales, basado en los estudios de historia de la ciencia y de la tecnología, en las diversas formas en que los estudios CTS se pueden interrelacionar, explicita las influencias sociales, religiosas, culturales que la afectan, incluso cuando la CyT hayan negado la existencia de tales influencias. Ciencia y tecnología no son autónomas, ni neutrales, sino que constituyen complejas interrelaciones configuradas por valores.

Respecto de la interacción entre tecnología y cultura, Quintanilla (2017) señala como lo específico de la tecnología actual el tipo de cultura que requiere y la intensidad con la que impacta en lo cultural. Por un lado, está la dependencia que la tecnología tiene del conocimiento científico y la que, a su vez, condiciona. Por otro, el desarrollo de tecnología está sostenido por la vigencia de determinados valores en la sociedad, a la que, al mismo tiempo, modifica a través de sus productos y procesos. La innovación, al generar nuevas posibilidades y realidades, altera los sistemas de preferencias y lleva a cambiar los sistemas de valores. Esta forma en que la tecnología afecta a la cultura no es ocasional sino continua, sistemática y general. Desde esta consideración, la lógica misma del desarrollo tecnológico amplía las

perspectivas, promueve la interdisciplinariedad y busca criterios para evaluar cómo intervenir en la realidad previendo las consecuencias a futuro.

Thomas *et al.* consideran que las tecnologías son sociales como así también las sociedades son tecnológicas. Ambas son resultado de una configuración recíproca. Por eso sostiene que es falaz concebir las relaciones entre la tecnología y la sociedad como si se tratara de dos esferas separadas. Más aún:

“... las tecnologías desempeñan un papel en los procesos de cambio social: materializan ideologías, orientan conductas de personas e instituciones, ordenan y organizan la estructura económica y política de la sociedad. Las tecnologías ejercen influencia sobre cómo se producen y distribuyen los bienes, sobre quienes tienen acceso a ellos y quienes no: configuran métodos y estilos para determinar qué es un problema, cómo debe generarse su solución” (Thomas, Juárez y Picabea, 2015: 11).

En este sentido, los programas de I+D, mediante los cuales se canaliza la mayor parte de la investigación en ciencia y tecnología, combinan decisiones políticas, actividades propias de la investigación y el diseño y procesos de evaluación interna y externa. La importancia de la evaluación externa de la tecnología (idoneidad y evaluación de consecuencias: riesgos, impacto ambiental y social) está justificada porque sabemos cómo la tecnología nos afecta, porque el cambio es rápido y hay que prever su impacto hacia el futuro y “porque hemos llegado a convencernos de que el desarrollo tecnológico depende de decisiones humanas y de que se puede orientar tal desarrollo en múltiples direcciones, de acuerdo con nuestros intereses o en contra de ellos” (Quintanilla, 2017: 127)

202

El campo CTS pone de manifiesto que las influencias son constantes y que el problema consiste no en deshacerse de ellas, sino en poder escoger las influencias. Este modelo es compatible con la tercera etapa, según Cutcliffe (1990), en la cual en las universidades se toma conciencia de la interdisciplinariedad, del compromiso existente entre humanidades, ciencias sociales y CyT, como estudio interdisciplinario en el marco de la propia CyT. Asimismo, los abordajes CTS conforman un “movimiento centrípeto” para constituir nuevas síntesis, mediante el equilibrio entre fuerzas centrífugas y centrípetas, y alcanzar una comprensión holística.

De lo anterior se desprende que la relación CTS es recursiva. Los programas universitarios basados en esta visión requieren integrar el funcionamiento de la ciencia y la tecnología con los procesos sociales. Consideramos que esta relación posibilita identificar los valores políticos, culturales y económicos que fortalecen dicha comprensión holística en la formación de los ingenieros.

1. Nuestra propuesta de enseñanza

La asignatura “Ingeniería y sociedad” (IS) se sitúa en el primer año de los planes de estudio de ingeniería de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) de la República Argentina y se inscribe en los aspectos formativos relacionados con las ciencias sociales y humanidades, considerados indispensables para lograr la formación integral del ingeniero (Resolución Min. 1232/01). Esta formación requiere de una integración de la dimensión técnica y humanística que capacite al ingeniero para interpretar el mundo actual y actuar de manera innovadora, junto a otros y con responsabilidad social para la resolución de problemas de la sociedad.

Los contenidos mínimos de la materia pueden ser pensados como disciplinas científicas sociales-humanas: incluyen economía, ciencia política, sociología, historia de la industria, ética y epistemología, entre otras. Esto, como es sencillo de comprender, muestra una realidad interdisciplinar y desafía la conexión entre ellos, como así también plantea la necesidad de una cuidadosa selección de contenidos dentro de estas disciplinas.

La finalidad de IS es ofrecer una visión social de la profesión de la ingeniería que promueva en los estudiantes el desarrollo de una actitud crítica ante la acción de la ciencia y la tecnología en la sociedad, en la que se desempeñará como profesional. Esto supone, por un lado, desarrollar capacidades inherentes a la comprensión del impacto social, así como habilidades que estimulen la capacidad de análisis y de síntesis y el espíritu crítico del estudiante. Por otro lado, implica brindar herramientas para movilizar su vocación creativa, el trabajo en equipo y la toma de decisiones, bajo el supuesto de que el desarrollo de las mismas posibilitará una inserción competitiva y crítica en la sociedad nacional y regional.

203

Entendemos que el estudiante de hoy necesita incorporar el lenguaje que la sociedad del conocimiento emplea para denominar los fenómenos actuales y los procedimientos que el mundo científico considera válidos para justificar y elaborar nuevas propuestas. Si no se participa de esa matriz cultural, en un mundo globalizado se pierde la posibilidad de entrar en diálogo y contribuir a la construcción del saber. El estudiante de hoy será el profesional que aborde proyectos de investigación y desarrollo bajo criterios científicos cuya base encuentra en los contenidos propuestos por IS.

Este propósito es, asimismo, acorde al perfil de egresado de la UTN: un profesional formado en competencias tecnológicas específicas en cada una de las ingenierías, desarrolladas en conjunto con las necesarias para el desempeño gerencial, así como para la investigación, el cambio y la innovación tecnológica, responsable de sus acciones y posibilitador del desarrollo social, laboral y productivo. Este ideario se refuerza en el Plan Estratégico propuesto por la FRBA (Facultad Regional Buenos Aires, 2014), delineando como misión la formación de profesionales críticos e innovadores, capaces de mejorar el entorno en el que están insertos y la calidad de vida, desde una visión ética y de responsabilidad social. En esta misma línea, también el CONFEDI (Consejo Federal de Decanos de Ingeniería, 2014) destaca que el rol de la ingeniería es fundamental para el bienestar de la sociedad y su calidad de vida,

condiciones necesarias para el desarrollo sostenible local y regional, asumiendo una mirada amplia, integradora y sistémica del mundo, tanto desde lo técnico como desde lo social.

En tal sentido, el carácter de esta propuesta es flexible, abierto al contexto dinámico y perfectible ante los cambios políticos, tecnológicos, económicos y productivos de un desarrollo social basado en la gestión del conocimiento, el que claramente ha impuesto un nuevo desafío a la ciencia y la tecnología. Para ello, es fundamental el aporte de las ciencias sociales y humanas en la formación del ingeniero.

2. Aportes de IS a la formación tecnológica de los ingenieros

El diseño curricular de la UTN propone, como perfil de egresado, un profesional con las competencias tecnológicas específicas en cada una de las especialidades de las ingenierías, desarrolladas en conjunto con las necesarias para el desempeño en gestión o en investigación tecnológica, con una mirada de formación integral. Esta formación le posibilita una inserción competitiva y crítica en la sociedad a nivel nacional y regional. Dentro de esta perspectiva se incorpora la asignatura “Ingeniería y Sociedad”, cuyo programa sintético es el siguiente: pensamiento científico; ciencia-tecnología-desarrollo; tecnología y universidad; problemas sociales contemporáneos; políticas de desarrollo nacional y regional; y la Argentina en el mundo actual. Estos bloques temáticos incluidos permiten alcanzar el perfil y los objetivos propuestos.

204

Nuestro objetivo principal consiste en que el estudiante comprenda que la ingeniería hoy está inserta en el modelo de desarrollo sustentable que implica una nueva manera de pensar la relación entre ciencia, tecnología e industria, asumiendo una concepción proactiva de la sociedad. De este objetivo se desprenden otros con los que buscamos que el estudiante:

- comprenda las relaciones entre ciencia y tecnología, en relación con fenómenos sociales, políticos y económicos del mundo contemporáneo;
- comprenda el aporte de las ciencias sociales y humanas en la formación del ingeniero, para ayudar a pensar la realidad, evitando reduccionismos o binarismos, condicionantes en la percepción de “lo dinámico” y “lo complejo”, tan importante en su futura vida profesional;
- adopte una mirada de la realidad social como construcción colectiva;
- asuma una visión holística-integral de la ingeniería a través de la cual su carácter transformador sea crítico y responsable, propendiendo a crear un mundo habitable, solidario y cuidadoso del medio ambiente, con justicia y equidad;
- reconozca y reflexione críticamente las interrelaciones entre la ingeniería y la industria, comprendiendo la importancia del cambio tecnológico y sus consecuencias sociales, teniendo en cuenta el proceso de la Revolución Industrial;

- conozca y advierta las transformaciones políticas, tecnológicas y económicas de la sociedad actual, interdependiente y globalizada;
- y desarrolle una actitud colaborativa y ética, promoviendo un alto grado de compromiso y apasionamiento por el conocimiento.

Entendemos que estos objetivos exponen una concepción de estudiante universitario de ingeniería como un joven inquieto, abierto a la comprensión de las necesidades de su ambiente, situado en un contexto sociocultural, pensante y crítico, capaz de problematizar los problemas de la sociedad en que vive y de actuar transformando la realidad en respuesta a esas necesidades.

En primer lugar, consideramos que IS aporta elementos para complementar la formación básica del primer año de las carreras, contribuyendo a la comprensión de lo que es ciencia, cuál es la distinción con la tecnología, la distinción tecnologías básicas y tecnologías aplicadas, el método científico y el método tecnológico, el porqué del laboratorio en las ciencias modernas y de las ciencias básicas en la formación del ingeniero, así como la génesis de la ingeniería moderna y el papel de la universidad, su cambio en interacción con la sociedad y la noción de desarrollo, entre otras conceptualizaciones. Este aporte también puede extenderse a todos los años de formación básica, en la que cada carrera define los ejes articuladores con las materias integradoras.

En segundo lugar, los objetivos brindan la posibilidad de interpretar el mundo actual en su complejidad local y global, reconociendo el paradigma científico-tecnológico en el que se encuentra inserto, como así los procesos sociopolíticos y económicos que configuran nuestro presente. En esta línea profundizamos el desarrollo de criterios para valorar estas configuraciones y los avances tecnológicos.

205

En síntesis, “Ingeniería y sociedad” aporta una mirada analítica y reflexiva sobre la sociedad en la que el estudiante vive y desempeñará su profesión, un acercamiento a la proyección de su carrera dentro y fuera de nuestro país, la especificidad del conocimiento científico y tecnológico que constituye la base en la que desarrollará su estudio formativo y una apertura a los problemas ambientales producto del impacto que el desarrollo científico y tecnológico provoca en el mundo. Este es un aspecto priorizado en los objetivos de la asignatura y nos parece muy importante destacar la vinculación entre los fines del actuar, la libertad en las elecciones y la responsabilidad social del ejercicio profesional. Es así que la problemática del desarrollo sustentable y la responsabilidad social resultan prioritarios.

En cuanto a la articulación de IS con otras asignaturas, se brindan herramientas para fortalecer aptitudes y competencias relacionadas con la toma de decisiones, el trabajo interdisciplinario en el área ingenieril, la distinción de posturas éticas en el uso de la tecnología, la búsqueda y el procesamiento de la información, el compromiso ante el desarrollo sustentable y la conciencia de responsabilidad social, entre otras. En este sentido, IS se articula verticalmente con las asignaturas integradoras de cada nivel y también con otras materias más específicas, como por ejemplo: “Ingeniería

ambiental y seguridad industrial” (ing. mecánica), “Evaluación y gestión de proyectos de ingeniería sustentables” (ing. mecánica), “Responsabilidad social empresaria para ingenieros” (ing. industrial), “Innovación y emprendedorismo” (ing. industrial), “Investigación Tecnológica” (ing. en sistemas de información.), “Innovación tecnológica” (ing. en sistemas de información), “Proyecto final” (en todas las carreras), “Inglés técnico y comunicacional”, “Economía y legislación”, etc.

Si bien aún no es posible afirmar formalmente la existencia de una planificación didáctica sobre estas posibles articulaciones, su viabilidad depende casi exclusivamente de la disposición de los directores de las cátedras involucradas. De todas maneras, la posibilidad es real porque sí existen los espacios académicos para que esto suceda. A modo de ejemplo: en la carrera de ingeniería mecánica, IS se podría articular horizontalmente con “Ingeniería mecánica I” (asignatura integradora), ya que las categorías analíticas de investigación y transferencia tecnológica pueden aplicarse en ambas asignaturas. Asimismo, en asignaturas como “Física” o “Química”, las actividades de laboratorio se basan en la aplicación del método científico, en la búsqueda de construcción de conocimientos. En IS se desarrollan contenidos relacionados con el quehacer científico (planteo del problema, formulación de hipótesis, observación y experimentación, etc.) que se podría articular con la práctica de laboratorio ya mencionada. En cuanto a la articulación vertical, en asignaturas como “Ingeniería ambiental y seguridad industrial” (del segundo año) se podrían recuperar las nociones previas sobre el impacto de la tecnología, el desarrollo industrial y medio ambiente. Finalmente, también en asignaturas de años superiores, las herramientas conceptuales y de análisis que brinda IS permitirían a los estudiantes desarrollar sus producciones dentro de una visión holística del trabajo ingenieril, que involucra a otras especialidades y disciplinas, actuando con responsabilidad social.

206

Por lo dicho en el desarrollo de la propuesta, nos centramos en pensar, desde IS, en la integralidad de los saberes científicos, tecnológicos, sociales, actitudinales y de valores. Es necesario enfatizar que, si bien dicha articulación es aún una posibilidad, consideramos que es factible y es parte del trabajo que venimos proyectando en los últimos años.

3. CTS como eje de IS

Como área interdisciplinaria, IS tiene como eje fundamental la relación CTS, teniendo especialmente en cuenta una concepción de la ingeniería atenta a las necesidades de una sociedad que anhela alcanzar el desarrollo sustentable (DS). Dicho desarrollo pone el énfasis en el trípode: entorno-equidad económica-equidad social, incluyendo aspectos culturales, éticos, políticos y económicos, y atendiendo a las necesidades y exigencias de cada región, buscando superar el enfoque medioambientalista desde una dimensión que abarque lo humano. La ingeniería, como profesión tradicionalmente protagónica en lo que hace a la generación del conocimiento técnico-científico, debe repensarse para contribuir a ese nuevo paradigma, que supone no sólo la visión crítica de la ingeniería, es decir: una ingeniería que

comprende el poder de lo que produce y su capacidad de impacto tanto en lo ambiental como en lo humano, lo social y lo político, sino también una comprensión proactiva de lo social, asumiendo que la sociedad es construida a través de numerosos esfuerzos compartidos.

La ingeniería ha sido definida como:

“... la profesión en la que el conocimiento de las ciencias matemáticas y naturales adquiridas mediante el estudio, la experiencia y la práctica, se emplea con buen juicio a fin de desarrollar formas en que se puedan utilizar, de manera económica, los materiales y las fuerzas de la naturaleza en beneficio de la humanidad” (Sobrevila, 1999: 77).

Y también como:

“... el conjunto de conocimientos y técnicas científicas, empíricas y prácticas aplicadas a la invención, el diseño, el desarrollo, la construcción, el mantenimiento y el perfeccionamiento de tecnologías, estructuras, máquinas, herramientas, sistemas, materiales y procesos para la resolución de problemas prácticos de la sociedad, empleando para ello en particular las fuerzas y los materiales que nos provee la naturaleza, considerando las restricciones presentes, sean físicas, ambientales, éticas, legales y culturales de dicha sociedad”. (Dmitruk y Grinsztajn, 2016: 3).

207

Como podemos observar ambas definiciones resaltan el carácter complejo de la actividad ingenieril, que no se reduce a ciencia fisicomatemática aplicada. Por el contrario, todo problema de ingeniería constituye a su vez un desafío de carácter social, ya que su resolución ha de considerar las implicancias socioeconómicas, legales, ambientales y éticas. Requiere de una mentalidad creativa e innovadora, pues el ingeniero siempre tiene que vérselas con lo aproximado y lo concreto (Sobrevila, 1988). Lo singular de cada problema a resolver y las restricciones a las que está sometido todo proyecto muestran:

“... zonas indeterminadas de la práctica -tal es el caso de la incertidumbre, la singularidad y el conflicto de valores- que escapan a los cánones de la racionalidad técnica. Cuando una situación problemática es incierta, la solución técnica del problema depende de la construcción previa de un problema bien definido, lo que en sí mismo no es una tarea técnica. Cuando un práctico reconoce una situación como única, no puede tratarla solamente mediante la aplicación de teorías y técnicas derivadas de su conocimiento profesional. Y, en situaciones de conflicto de valores, no hay metas claras y consistentes que guíen la selección técnica de los medios” (Schön, 1992: 4).

Ante esta situación la prerrogativa del rigor científico no alcanza para definir una toma de decisión. Depende de la definición del problema, de la selectividad de lo relevante. Esto expresa Hardy Cross al sostener que la ingeniería implica tomar decisiones relevantes, a fin de encontrar un conjunto de soluciones satisfactorias para un problema determinado (Cross, 1998).

La ingeniería se muestra como profesión social y técnica en cuanto soporte que posibilita la modificación de todo sistema. Se orienta hacia la construcción y transformación de lo real mediante el desarrollo de tecnología con el fin de responder a las necesidades humanas.

“La idea que sostenemos es que el trabajo del ingeniero, sus concepciones geniales y la operación y gerenciamiento racional de las mismas están basadas siempre en necesidades o en problemas sociales. Esto ocasiona un giro sustancial en la concepción de la ingeniería y la relaciona directamente con la cultura y el humanismo. Más aun, hace penetrar a la ingeniería en la cultura y la convierte en uno de sus componentes. La ingeniería toma al ser humano como motivo de sus actos y al medio ambiente, como un bien de valor extremo, al que hay que cuidar y desarrollar lo mejor posible...” (Sobrevila, 1999: 72).

208

Su íntima relación con el diseño, la invención y la construcción se aprecia desde el origen etimológico de la palabra ingeniería: proviene de *ingenium*, término latino con dos significados principales: “disposición natural del espíritu genial” e “invención”, o también “cosa inventada”, que agrega el latín medieval. Así, el ingeniero se destaca por su inteligencia inventiva, ejercida sobre la práctica, para hallar soluciones nuevas a las rutinarias. Implica habilidad (experiencia), conocimiento e imaginación. La ingeniería es un “arte” (Cross: 1998). Por lo tanto, el ingeniero requiere emplear el juicio propio para adaptar el conocimiento a los fines prácticos, la creatividad para idear nuevas soluciones a problemas concretos y anticipar desempeño y consecuencias futuras como también valorar los costos de los procesos.

Desde un enfoque diferente pero complementario podemos agregar que:

“La ingeniería es una actividad netamente intelectual, creadora, industrial y constructiva, que permite erigir obras y productos y operarlos con un sentido integral económico y empresario, bajo imperativos humanos de respeto por la vida, la preservación de la biosfera y los recursos de que dispone el hombre” (Sobrevila, 1999, 78-79).

En el perfil del ingeniero se destaca el liderazgo, habilidad para conducir un grupo de personas, organizar y delegar tareas, procurando el bien de todos; la evaluación de información, habilidad para seleccionar y organizar los datos en función de la planificación y toma de decisiones; la capacidad analítica para plantear problemas de manera clara y definir estrategias óptimas (podríamos mencionar aquí la

planificación); la creatividad, ya que lo propio del ingeniero es el diseño y la innovación, la creación de lo que todavía no existe; la capacidad de comunicar de forma clara, oral y escrita las ideas, proyectos y directivas; el trabajo en equipo, ya que el ingeniero no trabaja en soledad, sino con otros a quienes ha de escuchar y con los que tendrá que consensuar; y una formación ética y social que guíe la toma de decisiones (Romero Hernández, Romero Hernández y Muñoz Negrón, 2014).

Teniendo en cuenta estos desafíos, nos proponemos desarrollar en los estudiantes la capacidad de comprensión de ese mundo que le toca vivir y de los desafíos que tendrá que afrontar el ingeniero. También con las herramientas conceptuales y de análisis que brinda IS para entender el valor social de la ingeniería dentro de este nuevo paradigma, nos planteamos la necesidad de reflexionar sobre la autonomía y la responsabilidad de las personas en un sentido comunitario, humanizando los bienes culturales y naturales, cambiando la percepción sobre nuestro entorno como una posibilidad para explorar y preservar, conservando y valorando la vida y su sentido para todos los que la habitan, asumiendo un modo de vivir que destaque la diversidad como una forma de riqueza y desarrollo, para lograr un cambio en los estilos de vida consumistas, hacia una reflexión ética y social de las consecuencias de nuestras decisiones y acciones.

Como corolario, formar ingenieros críticos, con capacidad de transformación y responsables técnica, social y políticamente, implica formar para la resolución creativa de problemas científicos, tecnológicos y sociales complejos; la innegable naturaleza histórica del desarrollo de las relaciones sociales nacionales, regionales e internacionales; la humanización del mundo; y la comprensión e intervención en la sociedad en la que se vive. Esto se logra a través de una visión holística (CTS) y sólidos conocimientos teórico-prácticos específicos de la ingeniería y otros conocimientos epistemológicos, sociales y éticos.

209

3.1. ¿Cuáles son los desafíos que implica asumir el enfoque CTS en la propuesta de enseñanza de IS?

Esta propuesta es de carácter interdisciplinar. Supone varios desafíos, tanto para el profesor como para el alumno, que es necesario considerar.

Para lograr la interdisciplinariedad, el trabajo en el aula requiere de una configuración didáctica especial en la que se puedan advertir no sólo las dimensiones básicas que contiene cualquier construcción didáctica —tales como el modo de abordar los temas del campo, su particular recorte, los supuestos acerca del aprendizaje, los vínculos con prácticas profesionales y los recursos de la actividad profesional, entre otros—, sino también la inclusión de mayores niveles de complejidad para la comprensión de temas integrados. El trabajo interdisciplinar conlleva implícitamente romper las barreras entre la teoría y la práctica, supone un trabajo colectivo que tenga en cuenta la interacción de las disciplinas científicas, de sus conceptos centrales, metodología, estrategias, etc. En definitiva, de la organización en la enseñanza. Exige, por lo tanto, generar una nueva comunicación y una nueva pedagogía, donde se establezcan vínculos entre conocimientos de diferentes disciplinas, creando formas peculiares de actuación que las potencien.

La interdisciplinariedad y el trabajo interdisciplinario proveen nuevas dimensiones y concreciones al trabajo científico, a la práctica docente y a la actividad profesional, y contribuyen al surgimiento y la consolidación de las comunidades académicas que se establecen con múltiples propósitos académicos: el estudio y la enseñanza-aprendizaje de diversos campos de la formación profesional y el desarrollo de procesos de investigación y de formación académica, entre otros.

Los desafíos para el profesor se relacionan con: el manejo multidisciplinar; la selección del eje integrador y la articulación de los contenidos de aprendizaje, en coherencia con la metodología acorde a ellos; el análisis crítico de las relaciones CTS, la inclusión de actividades de investigación para el estudio de esas relaciones; mantener el nivel académico, eligiendo los temas básicos de las disciplinas, y así posibilitar una auténtica introducción a las ciencias sociales y humanas; y llevar a una valoración del conocimiento por el conocimiento mismo, esto es: no sólo reconocer el valor instrumental del conocer, sino también comprender el potencial del conocimiento en una organización vinculada con el medio.

También supone, en el proceso de aprendizaje, la participación activa de los estudiantes para superar la visión fragmentada del conocimiento y alcanzar una visión integral y comprensiva de los problemas profesionales y una mayor conciencia de los desafíos que tendrán que afrontar como ingenieros.

210

En definitiva, nos proponemos contribuir a la formación integral de los ingenieros desde una mirada social de la profesión, que promueva en los estudiantes el desarrollo de una actitud crítica ante las acciones de la ciencia y la tecnología en la sociedad en la que se desempeñarán como profesionales. Estos objetivos suponen, por un lado, que debemos contribuir para desarrollar capacidades inherentes a la comprensión del impacto social, así como habilidades que estimulen la capacidad de análisis, síntesis y espíritu crítico en los estudiantes. Por otro lado, implica brindar herramientas para movilizar su vocación creativa, el trabajo en equipo y la toma de decisiones, bajo el supuesto de que su desarrollo les posibilitará una inserción competitiva y crítica en la sociedad nacional y regional.

Los desafíos para el alumno se vinculan con: aproximarse a un conocimiento científico de la realidad social, distinguiéndolo de la opinión; comprender la peculiaridad de las ciencias sociales; y alcanzar un nivel reflexivo sobre la ciencia y sus métodos. El estudiante incorpora el método científico a partir de materias como física, química, matemática, etc. Desde el enfoque CTS se propone reflexionar sobre esto y avanzar hacia el campo tecnológico y el vínculo con la sociedad.

Definir contenidos atravesados por la interdisciplina nos conduce a la definición de un objeto de estudio, elemento central en toda propuesta de enseñanza, fundamental para vertebrar el resto de los contenidos de la materia. Sostenemos que es necesaria una revisión de los contenidos CTS, atendiendo al contexto dinámico de los cambios políticos, tecnológicos, económicos y productivos de un desarrollo social basado en la gestión del conocimiento. Los rasgos de la educación CTS constituyen una ayuda para conseguir actitudes más positivas hacia la ciencia y su aprendizaje por su carácter motivador. También facilitan la construcción de una mirada profesional con

una visión más próxima a la realidad actual de la ciencia, la tecnología y la tecnociencia, así como del trabajo científico y tecnológico (Acevedo Díaz, Vázquez Alonso y Manassero Mas, 2001).

Algunas reflexiones

Los acelerados cambios en los conocimientos llevan a la educación superior a enfrentar importantes desafíos, ya que debe involucrarse en los procesos sociales, económicos y culturales de modos diferentes a los que conocía, propiciando el uso y la creación del conocimiento y de las innovaciones tecnológicas. En los currículos tradicionales el conocimiento se divide en compartimentos disciplinares que, por su grado de especialización, difícilmente permiten la integración disciplinaria. En consecuencia, se presenta una excesiva fragmentación de la ciencia, que hoy en día se traduce en innumerables limitaciones para abordar la complejidad de los problemas que subyacen en los ámbitos social, profesional y científico, y que requieren soluciones conjuntas desde varias disciplinas. Hoy día el conocimiento usa las redes electrónicas para intercambiarse, producirse y transformarse en tecnología. Nuestro proyecto surge como respuesta a esta problemática al promover la interacción entre la ciencia y la tecnología para abordar el estudio de un objeto específico con un nuevo enfoque, que se establece a partir del diálogo interdisciplinar.

Hemos explicitado el encuadre conceptual de “Ingeniería y sociedad”, que a nuestro entender se ajusta con el área de estudios dentro de la cual se articulan distintas disciplinas sociales y humanas en torno a un eje central: la interrelación CTS en sus diferentes aspectos económicos, políticos, etc. Así sostenemos la imperiosa necesidad de aprovechar las ciencias sociales y humanas para alcanzar la formación crítica de los ingenieros. También consideramos que el enfoque CTS es el eje más adecuado para IS porque ayuda a pensar esas relaciones complejas y dinámicas que se plantean y se materializan en gran medida en el ejercicio de la ingeniería. Esto se pone en evidencia a través de todos los contenidos de la materia, atravesados por esa problemática y su comprensión, dejando de lado reduccionismos y determinismos.

Los estudios CTS no son un campo uniforme; su desarrollo y evolución marcan una nueva y fructífera posibilidad educativa y de conocimientos propia de una época de crisis y novedades como la que estamos viviendo. Las complejas interrelaciones CTS plantean la aceptación de un conjunto de valoraciones que, por estar relacionadas con los problemas de la realidad, se encuentran en evolución constante. Asimismo, brindan a la formación de los futuros ingenieros una mirada crítica, acertada y concisa de este entramado sistémico pluridimensional. Entendemos que el desarrollo sustentable ha impuesto un nuevo desafío a la ciencia y la tecnología, y este nuevo modelo a su vez se relaciona profundamente con la nueva manera de comprender la relación ciencia-tecnología-ingeniería-industria en un mundo complejo y cambiante. En síntesis, sostenemos que IS es una de las principales contribuciones culturales para la formación holística de los ingenieros, que su núcleo está constituido por saberes integrados, y que hoy en el nuevo enfoque de la ingeniería dichos saberes están articulados a los propiamente ingenieriles.

Por último, proponemos algunas reflexiones, invitando al intercambio con otros grupos de estudio y trabajo que comparten preocupaciones y desafíos similares, pensando en una construcción colectiva y de articulación del área de ciencias sociales y humanas para la formación de ingenieros:

- La formación integral del estudiante deberá recorrer todo el currículo.
- La comprensión de la ingeniería dentro del paradigma de desarrollo sustentable requerirá un cambio cultural.
- El desarrollo de prácticas educativas innovadoras y de medios comunitarios de aprendizaje colaborativo, como escenarios pedagógicos y de aprendizaje, deberá brindar nuevas maneras de interacción con los conocimientos y nuevas experiencias requeridas en la práctica profesional de la ingeniería.
- El proceso de alfabetización científica-tecnológica deberá estar orientado a sustentar el poder de la ciudadanía y la reinserción del conocimiento producido en la universidad como parte de la cultura.
- El perfil del ingeniero deberá fortalecer su vocación creadora para construir el desarrollo local, nacional y regional.

Por lo dicho, la orientación del área de ciencias sociales y humanas deberá incluir el impulso de diversas actividades académicas: cursos de formación docente o vinculada con las asignaturas afines, trabajos de investigación y de desarrollo con el medio, visitas, exposiciones científicas-tecnológicas, etc. Es decir: deberá promover la actualización de los contenidos del área a través de las actividades de investigación y formación, la conexión con el medio laboral y social y la generación de formas de retroalimentación de conocimientos y experiencias necesarias para enriquecer la práctica académica.

Bibliografía

ACEVEDO DÍAZ, J. A., VÁZQUEZ ALONSO, A. y MANASSERO MAS, M. A. (2001): *El Movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad y la Enseñanza de las Ciencias*. Disponible en: <http://www.oei.es/salactsi/acevedo13.htm>. Consultado en abril de 2018.

ARACIL, J. (2000): “Humanidades e ingeniería”, conferencia pronunciada en la Universidad de La laguna, España.

CONSEJO FEDERAL DE DECANOS DE INGENIERÍA – CONFEDI (2014): Documentos del CONFEDI. Competencias en Ingeniería, Mar del Plata, Universidad FASTA. Disponible en <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/409>. Consultado el 13 de abril de 2018.

CROSS, H. (1998): *Ingenieros y las torres de marfil*, Madrid, INTEMAC. Disponible en <https://es.slideshare.net/joaquinramiguez/ingenieros-y-las-torres-de-marfil-pdf>. Consultado el 13 de abril de 2018.

CUTCLIFFE, S. (1990): “Ciencia, tecnología y sociedad: un campo interdisciplinar en Ciencia, Tecnología y Sociedad”, en M. Medina y J. Sanmartín (eds.): *Ciencia, tecnología y sociedad, Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, Barcelona, Anthrosos.

DMITRUK, A. y GRINSZTAJN, F. (2016): “La Formación de los Ingenieros”, *ReDDI – Revista Digital del Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas de la Universidad Nacional de La Matanza*, vol. 1, n° 1. Disponible en: <http://reddi.unlam.edu.ar/index.php/ReDDi/article/view/6/29>.

213

FACULTAD REGIONAL BUENOS AIRES (2014): *Plan Estratégico Institucional UTN–FRBA*. Disponible en: <https://www.frba.utn.edu.ar/es/plan-estrategico/>. Consultado el 13 de abril de 2018.

GONZÁLEZ GARCÍA, M., LÓPEZ CEREZO, J. y LUJÁN, J. L. (1997): *Ciencia, tecnología y sociedad*, Barcelona, Editorial Ariel.

LAMO DE ESPINOSA, E., GONZÁLEZ, GARCÍA, J. M. y TORRES, ALBERO, C. (1994): *La sociología del conocimiento y de la ciencia*, Madrid, Alianza Editorial.

MITCHAM, C. (1990): “En búsqueda de una nueva relación entre ciencia, tecnología y sociedad”, en M. Medina y J. Sanmartín (eds.): *Ciencia, tecnología y sociedad, Estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión pública*, Barcelona, Anthrosos.

OLIVÉ, L. (2007): *La ciencia y la tecnología en la sociedad del conocimiento. Ética, política y epistemología*, México DF, FCE.

QUINTANILLA, M. (2017): *Tecnología: Un enfoque filosófico y otros ensayos de filosofía de la tecnología*, México DF, FCE.

ROMERO HERNÁNDEZ, S., ROMERO HERNÁNDEZ, O. y MUÑOZ NEGRÓN, D. (2015): *Introducción a la ingeniería*, México DF, CENGAGE Learning.

SCHÖN, D. (1992): “La preparación de profesionales para las demandas de la práctica”, *La Formación De Profesionales Reflexivos*, Barcelona, Paidós. Disponible en <http://csmvigo.com/pedagogia/files/2016/07/D.A.-SCH%C3%96N-LA-FORMACI%C3%93N-DE-PROFESIONALES-REFLEXIVOS.pdf>. Consultado el 13 de abril de 2018.

SOBREVILA, M. A. (1999): *La formación del ingeniero profesional para el tiempo actual: tesis de las ingenierías de base*, Buenos Aires, Academia Nacional de Educación. Disponible en: <http://www.acaedu.edu.ar/BibliotecaDigital/LibrosBD/pdf/18-%20Sobrevila%20-%20La%20formacion%20del%20ingeniero%20profesional.pdf>.

SOBREVILA, M. A. (1988): *La profesión de ingeniero*, Buenos Aires, Marymar.

THOMAS, H., JUÁREZ, P. y PICABEA, F. (2015): *¿Qué son las Tecnologías para la inclusión social?*, Bernal, Ed. Red de Tecnologías para la Inclusión Social Argentina (Redtisa) y Universidad Nacional de Quilmes (IESCT). Disponible en: https://issuu.com/redtisa/docs/cuadernillo_n1_online.

TORRES ALBERO, C. (1994): *Sociología política de la ciencia*, Madrid., CIS n° 135 y Siglo XXI.

214

TOULMIN, S. (1977): *La comprensión humana: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*, Madrid, Alianza.

Cómo citar este artículo

RAMALLO, M., REPETTO, E. C., GAYOSO, M. C. y GIACOMINO, R. (2019): “Ingeniería y sociedad: aportes de los estudios CTS en la formación de los ingenieros”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad –CTS*, vol. 14, n° 41, pp. 197-214.