

Publicado en: Ingeniería, innovación y tecnología social

Editorial: Universidad Nacional de Colombia

Año de Edición: 2017 ISBN: 9789587831108

<https://www.uneditorial.com/ingenieria-44-innovacion-y-tecnologia-social-ingenieria-de-sistemas.html>

Los estudios CTS y su función en la ingeniería. Análisis de la experiencia del grupo Tecnología y Sociedad de la Universidad de los Andes de Colombia (2002-2015) ¹

Science and Technology Studies and its Role in Engineering. Experience Analysis of the Group Technology and Society of Universidad de los Andes - Colombia (2002-2015)

Javier Andrés Jiménez Becerra
ja.jimenez911@uniandes.edu.co

Mónica Bustamante Salamanca
0824monica@uniandes.edu.co

Introducción

Desde junio de 2002 en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, se conformó el grupo de investigación y docencia Tecnología y Sociedad, el cual, partiendo del diseño inspirado en los desarrollos pedagógicos de un equipo de docentes y profesores españoles, denominado Grupo Educativo ARGO² y otras experiencias a nivel internacional de educación en ingeniería, propicia la reflexión sobre el papel que desempeña la tecnología en la sociedad actual. Este grupo creó una propuesta de la cual

¹ Los autores agradecen especialmente a los profesores Ángel Alonso Gutiérrez Pérez y Jorge Rojas Alvarez de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes por sus aportes en la elaboración de este artículo.

² El desarrollado pedagógico tomado del grupo consiste en el estudio en clase de controversias públicas relacionadas con temas tecno-científicos con implicaciones sociales o medioambientales por medio de los cuales se busca entender cómo intervienen varios actores sociales con ideas, opiniones o intereses diversos (Grupo ARGO, 2003a y 2003b; Arribas y Fernández, 2001).

En la configuración de la controversia y en la identificación de los actores se intenta garantizar un adecuado equilibrio de posturas y argumentos a fin de incentivar y entender la importancia de participación pública de la ciudadanía en ciencia y tecnología (López y Luján, 2000; López Cerezo y Verdadero, 2003; Martín, Osorio y López, 2001; Camacho Alvarez y González Galbarte, 2001; González Galbarte, 2003).

hacen parte actualmente cursos de pregrado³ y un posgrado denominado especialización en Diseño y Gestión Social de la Tecnología. Por medio de esta propuesta, el grupo ha consolidado “un programa de investigación y docencia sobre las relaciones entre el cambio tecnológico y el cambio social en Colombia” (Camargo y García, 2009, p. 101).

Para muchos autores de este campo, comprender la ingeniería y su práctica profesional es el camino para entender la función de la tecnología en nuestra sociedad, pues es la profesión que está detrás del desarrollo y mantenimiento de los sistemas tecnológicos (Hughes, 1983), de los procesos de innovación, ya que es la profesión en la que confluyen los componentes físicos, organizativos y sociales que entran en juego en el proceso innovador (Callon y Easton, 1998) y por medio de la cual se puede examinar los límites de la racionalidad técnica, puesto que lo distintivo de nuestra relación como sociedad con la tecnología es materialidad ingenieril (Mitcham, 2001).

Por otro lado, en la medida en que nuestra sociedad se hace más tecnológica, el ingeniero se convierte en un agente social central, porque su práctica profesional organiza, diseña, crea, gestiona e implementa proyectos que están cambiando nuestra sociedad (Downey, 2009). Es por esto, que la enseñanza del ingeniero no puede ser descontextualizada, ya que la labor futura de este, cada vez más, tendrá aspectos sociales de los que sus decisiones difícilmente se podrán desligar.

En el caso específico de la formación en ingeniería, el grupo considera que esta propuesta aporta de una manera significativa en la medida en que:

Cita ...actualmente todo ingeniero ha de ser consciente y conocer los procesos y las dinámicas de las decisiones tecnológicas llevadas a cabo dentro del país. De igual forma, para todo ingeniero es indispensable conocer los efectos que tienen y han tenido tales decisiones tecnológicas, con el fin de advertir no solo la importancia social de su trabajo, sino también, la importancia de lo social en este, de modo que se reconozca y estimule la necesidad de apelar a otras perspectivas formales y no formales diferentes a la ingeniería, tanto con el fin de impulsar el trabajo interdisciplinario más cercano a las necesidades nacionales, como el de afianzar lo social y tecnológico no como

³ Los cursos de pregrado corresponden al Ciclo Básico Uniandino (CBU). Estos cursos han sido diseñados especialmente para estudiantes de todas las carreras que inician su educación universitaria y ofrecen elementos educativos distintos a los de la formación básica y profesional de cada carrera. Algunos ejemplos de estos cursos son: Tecnología y Sociedad, Tecnología y Globalización, Tecnoculturas en América Latina e Historia de la Tecnología.

meras variables a tener en cuenta en las decisiones tecnológicas, sino como horizonte de las decisiones mismas (Jiménez, Guerrero y García, 2003, p. 3).

Con base en estas inquietudes, a continuación se ampliarán las problematizaciones abordadas sobre la tecnología e ingeniería, sus relaciones con la sociedad y el enfoque que el grupo ha tomado para estudiarlas en la educación superior. Igualmente se mostrará cómo estos enfoques se han materializado en opciones de formación a nivel de pregrado y posgrado, e igualmente se expondrán sus principales aportes y horizontes.

El problema de la tecnología

Si bien este es un siglo cuya principal característica es para muchos el uso intensivo de la tecnología, definirla se convierte en algo cada vez más difícil. Para ilustrar sencillamente esa diversidad de acepciones, puede leerse su definición revisando el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española:

1. Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico, 2. Tratado de los términos técnicos, 3. Lenguaje propio de una ciencia o de un arte, 4. Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto (Real Academia de la Lengua, 2001).

Otras de definiciones de distintos autores son:

- Uso de herramientas por los seres humanos (De Gregori, 1985).
- Conjunto de conocimientos para producir cosas (Merryl, 1968).
- Paquete de conocimientos organizados según criterios científicos (Sábato y Mackenzie, 1982).

Si bien estas acepciones, pueden diferir en lo que señalan como tecnología, desde el conocimiento o la práctica, en el fondo ellas tienden a coincidir en lo que algunos autores señalan como rasgo común de lo que se denomina hoy por tecnología. Se considera que la tecnología son herramientas o artefactos construidos para una diversidad de tareas (González y Luján, 1996) y que son procedimientos, habilidades, artefactos desarrollados con ayuda del conocimiento científico (Sanmartín, 1990).

Históricamente, esta forma de definir la tecnología, está referida al conocimiento y transformación material del mundo desde una perspectiva moderna y precisamente para algunos autores la modernidad se caracteriza por una visión cultural, económica, científica y principalmente tecnológica diferente a los anteriores periodos de la civilización occidental que se gestó a partir del siglo XVI (Habermas, 1989 o también Lipovsky, 1986, entre otros).

Desde la ilustración se genera una esperanza grande, una confianza extrema en la capacidad del ser humano de controlar el ambiente y de expandir los conocimientos de forma ilimitada a través del descubrimiento de las leyes básicas de la naturaleza. Esta idea asociada a la física newtoniana, llevaba a considerar que la mejora de la vida iba a ser continua e ininterrumpida por medio de la tecnología (Marx, 1994).

El progreso comenzó a ser vinculado al conocimiento y la tecnología, y los ejemplos de progreso estaban presentes en las artes prácticas, es decir, en los aparatos e innovaciones tecnológicas realizadas en las herramientas, los instrumentos o las máquinas. Las creencias en occidente giraban en torno a la idea de innovación tecnológica como principal agente de progreso (Marx, 1994).

Dos aspectos importantes se derivan de esta mirada sobre la tecnología. El primero expresa que exclusivamente el conocimiento científico da lugar a la tecnología cuando es aplicado a la producción industrial, por lo que la tecnología depende necesariamente de la ciencia para avanzar y desarrollarse (Pacey, 1990).

El segundo aspecto, muestra que los artefactos tecnológicos son exclusivamente materiales y heredan los principios fundamentales de la ciencia moderna. Así, en la modernidad se considera que la ciencia se distancia de los demás saberes por ser una empresa con las siguientes características:

- Autonomía: los criterios de investigación los produce su propio avance y desarrollo, sin depender de los factores sociales o culturales. Estos factores son ajenos a ella para justificarse.
- Objetividad y neutralidad: se basa en un método racional de investigación no influenciado por valores, o criterios éticos, políticos, económicos, etc. (Echeverría, 1999).

Esta visión de la tecnología, lleva implícita la aceptación de unos determinados principios y un marco conceptual de referencia, bajo el cual trabaja la comunidad de investigadores y en virtud del cual se genera una interpretación particular de la realidad con algunos de los siguientes aspectos:

- La realidad se expresa como simple, tangible, convergente y fragmentable. Esto supone la legitimidad de estudiar la realidad en sus manifestaciones más externas, con la posibilidad de observar y medir sus elementos. Se toma como criterio básico la coincidencia de resultados en la explicación de determinados hechos. La finalidad es conocer y explicar la realidad con el objeto de dominarla y controlarla.
- La investigación basada en el método científico está exenta de cualquier tipo de valor, es decir, proporciona una actitud neutra, ya que este método garantiza la rigurosidad de los datos obtenidos y evita los sesgos ocasionados por preferencias subjetivas e inclinaciones personales.
- Las teorías generadas por el método científico tienen un carácter normativo al establecer generalizaciones aplicables a todo tipo de contextos (Colás y Buendía, 1994).

Por lo que se supone que el desarrollo de la ciencia no es más que la descripción de cómo se han ido acumulando conocimientos objetivos y no depende, más que de ella misma. De igual manera la tecnología no necesitaría de una reflexión específica, ya que sería simplemente la aplicación a la actividad productiva de los conocimientos desarrollados en el ámbito científico.

La adopción de estas características por parte de la sociedad hace que la tecnología se identifique con lo relativo a la producción de bienes materiales que demanda y por otra parte se considera que la tecnología y su incidencia en la sociedad y/o el mundo son neutrales. Adicionalmente, esta visión lleva a considerar a la tecnología desde una perspectiva «determinista», es decir, como algo inevitable, que determina los cambios sociales y culturales. (Marx, 1994).

El enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS)

Varias de las reflexiones que problematizan la visión tradicional de la tecnología presentada anteriormente, se han venido consolidando en lo que se conoce como enfoque de Ciencia, Tecnología (CTS o STS por sus siglas en inglés). Lo que hoy día se entiende como enfoque CTS surgió hacia mediados de la década de 1960 en Escocia y Estados Unidos como una reflexión académica que buscaba la comprensión del contexto social y cultural de la ciencia y la tecnología de la posguerra mundial y el estudio de sus impactos y consecuencias sociales y ambientales; es decir, el entendimiento de los factores

de naturaleza social, política o económica que modulan el cambio científico-tecnológico, como las repercusiones éticas, ambientales o culturales de ese cambio. (López, 1998).

En la visión moderna de la ciencia y la tecnología se considera que estas solo pueden contribuir al mayor bienestar social si se olvidan de la sociedad, para buscar exclusivamente la verdad. La ciencia entonces solo puede avanzar persiguiendo el fin que le es propio, el descubrimiento de verdades e intereses sobre la naturaleza, si se mantiene libre de la interferencia de valores sociales. De la misma forma, solo es posible que la tecnología pueda actuar de cadena transmisora en la mejora social si se respeta su autonomía, si se olvida de la sociedad para atender solo a un criterio de eficacia técnica. La ciencia y la tecnología son presentadas así, como formas autónomas de la cultura, como actividades valorativamente neutrales, como una alianza heroica de conquista cognitiva y material de la naturaleza (García, González y Cols, 2001).

Esta visión se vio potenciada tras la Segunda Guerra Mundial en los países europeos, en los que se asumió que la ciencia y la tecnología podían servir para elevar el crecimiento económico y para mejorar las condiciones de vida de los ciudadanos. Sin embargo, este consenso se quebró hacia finales de los sesenta, cuando se desarrollaron y consolidaron una serie de movimientos de protestas contra ciertas líneas de desarrollo tecnológico y la función tradicional de los expertos en la toma de decisiones. Los desastres relacionados con el desarrollo industrial contemporáneo, como derrames de petróleo o catástrofes nucleares, han servido de combustible para esa protesta y de catalizador para una concientización colectiva acerca de los riesgos e impactos de una ciencia y tecnología fuera de control (González, López y Luján, 1996).

Así se formó una especie de consenso básico: Si bien la ciencia y la tecnología proporcionan numerosos y positivos beneficios, también traen consigo impactos negativos, de los cuales algunos son imprevisibles y otros no, además todos ellos reflejan los valores, perspectivas y visiones de quienes están en condiciones de tomar decisiones concernientes al conocimiento científico y tecnológico (Cutcliffe, 1990).

A los factores sociales anteriormente señalados se sumó la crisis teórica de la concepción clásica de las relaciones entre la ciencia y la tecnología con la sociedad. Una concepción triunfalista que puede resumirse en una simple ecuación, el llamado «modelo lineal de desarrollo»: + ciencia = + tecnología =

+ riqueza = + bienestar social (García, Jiménez y Pérez, 2006). Esta perspectiva ignoraba o subestimaba el papel de los factores sociales en el desarrollo científico – tecnológico.

Lo anterior dio origen a los estudios CTS, que conjugan dos tradiciones frente a las relaciones ciencia, tecnología y sociedad como lo documentan Jiménez (2010), Dagnino y Thomas (2002) y Casas (2004):

- La tradición Norteamericana (Science, Technology and Society) con énfasis en las consecuencias sociales de las innovaciones tecnológicas, que llevan a buscar un carácter práctico que implica la presencia de una reflexión educativa y ética, así como un especial interés en la democratización de los procesos de toma de decisiones en políticas tecnológicas.
- La tradición Europea, (Science and Technology Studies) con énfasis en la dimensión social antecedente de los descubrimientos científicos-tecnológicos. Esta tradición hace énfasis en los factores sociales, presenta un carácter teórico y descriptivo.

Por otro lado en América Latina, desde los años 70, las vertientes de pensamiento CTS se han vinculado al papel desempeñado por el Estado en el desarrollo científico tecnológico, distinguiéndose las líneas que abordan los problemas sobre política científica y los estudios de caso sobre implementación e innovación tecnológicas. También se ha desarrollado una línea de reflexión sobre los procesos de transferencia tecnológica y su papel en el desarrollo socio-tecnológico (Jiménez, 2010; Dagnino y Thomas, 2002).

En general, el principio rector de los estudios CTS se condensa en el llamado “silogismo CTS”:

- El desarrollo científico-tecnológico es un proceso social conformado por factores culturales, políticos y económicos, además de epistémicos.
- El cambio científico-tecnológico es un factor determinante principal que contribuye a modelar nuestras formas de vida y ordenamiento institucional. Constituye un asunto público de primera magnitud y compartimos un compromiso democrático básico.
- Por tanto, se debe promover la práctica, evaluación y control social del desarrollo científico-tecnológico, lo cual significa construir las bases educativas para la participación social (Castro, 2004).

En ese desarrollo, la ingeniería se destaca como el puente entre sociedad y tecnología. Sin embargo, hay ingenieros no satisfechos con su contribución social, ya que sienten que su conocimiento se difunde de forma inequitativa, al no poder brindarlo a las personas menos favorecidas económicamente (Baillie, 2006). En muchas universidades e instituciones, los ingenieros no reciben la educación y entrenamiento necesarios que apoyen el pensamiento crítico, la toma de decisiones reflexiva y el poder de acción para lograr un cambio social (Riley, 2008). Ante tal insatisfacción, los ingenieros buscan un enfoque que les aporte de forma más plena. Este es el caso de los sistemas de infraestructura modernos, que son particularmente importantes para modelar la sociedad. Una falla en esa infraestructura, por ejemplo, en los servicios, genera que millones de personas no tengan acceso a los beneficios de los que gozan las personas, generalmente de países desarrollados. En este punto es donde tanto ingenieros como los estudios CTS desempeñan un papel básico, desarrollando estratégicamente nuevas infraestructuras que reconozcan la relación entre tecnología y sociedad, garantizando el acceso general a los recursos (Bell, 2011).

Direcciones de los estudios de ciencia, tecnología y sociedad

Con este abanico amplio de inquietudes, que abordan tanto el problema de la tecnología como su práctica en la ingeniería, a nivel práctico, los estudios y programas que incorporan reflexiones CTS se han desarrollado hacia tres grandes direcciones:

1. En el campo de la investigación, los estudios CTS se han planteado como una alternativa a la reflexión académica tradicional sobre las relaciones mutuas entre la ciencia y la tecnología, promoviendo una nueva visión no esencialista, socialmente contextualizada de la actividad científica y tecnológica, y su impacto en los problemas críticos de los lugares en los que se aplica.
2. En el campo de la educación, esta nueva perspectiva integradora de la ciencia, la tecnología y la sociedad se ha cristalizado en la aparición de programas y asignaturas CTS desde la enseñanza secundaria, pasando por la formación de pregrado y posgrado universitarios exitosos en numerosos países.
3. En el campo de la política, los estudios CTS han propiciado la regulación social de la ciencia y la tecnología, promoviendo la creación de diversos mecanismos democráticos que faciliten la apertura de los procesos de toma de decisiones en cuestiones concernientes a políticas científico-tecnológicas y de innovación.

Dichas direcciones comparten algunos rasgos en común que han planteado grandes retos y oportunidades para aumentar sus aportes y profundizar sus reflexiones. A continuación, se enuncian algunas de estas características (Cutcliffe, 2003; González, López y Luján, 1996):

- Interdisciplinariedad: reúne a múltiples disciplinas académicas como la filosofía, la sociología, la historia de la ciencia y la tecnología, la teoría de la educación, la economía del cambio técnico, la ética de las ciencias, políticas en ciencia y tecnología, entre otras. La interdisciplinariedad en este campo no es una suma, sino una combinación de métodos y herramientas provenientes de varias disciplinas, así como la creación de nuevos métodos y herramientas a partir de la aparición de un nuevo campo conceptual.
- Heterogeneidad teórica, metodológica e ideológica: tienen la preocupación teórica por develar los nexos entre ciencia, tecnología y sociedad, pero se realiza desde diferentes posiciones teórico-metodológicas, epistemológicas, sociológicas, éticas e ideológicas.
- Es un campo con enfoque contextual: le concede especial importancia a la manera como la ciencia y la tecnología constituyen redes de individuos, arreglos institucionales y prácticas ancladas en contextos con sus propias determinaciones culturales, económicas y sociales que marcan todos los procesos.
- Responsabilidad social: al considerar la ciencia y la tecnología como procesos de construcción eminentemente social es fundamental comprender las consecuencias de su desarrollo e impactos sociales y generar mecanismos de apropiación y participación social para propiciar su desarrollo, pertinencia y permanencia.

El campo de Ingeniería, Tecnología y Sociedad (ITS)

Desde los setenta se han venido desarrollando a nivel mundial propuestas de formación de pregrado y posgrado en las que se ponen en diálogo el campo CTS con la ingeniería y que podríamos denominar Ingeniería, Tecnología y Sociedad (ITS). Estas propuestas consideran que una manera en que la ingeniería puede relacionarse con las políticas públicas y las demandas del sector privado y productivo en general, es través de una reflexión CTS. Las propuestas además permiten crear una respuesta educativa para la ingeniería y desde la ingeniería, que tiene en cuenta por un lado, las necesidades básicas del país donde se desarrolla la oferta académica y, por otro lado, se convierte en un referente para complementar el desarrollo de competencias y habilidades específicas requeridas en campos que tiene que ver con la

infraestructura, diseño y asesoría a clústeres, procesos tecnológicos, etc. (Vinck, 2012). Dicha respuesta educativa ya es conocida y aplicada en distintas universidades como: La Universidad de Aalborg en Dinamarca, el Georgia Institute of Technology, la Universidad Simon Fraser, o el Grenoble Institute of Technology localizado en Francia.

Sobre el área en particular han surgido diversas experiencias de enseñanza a nivel internacional y regional, que abarcó Europa, Norteamérica y Latinoamérica e incluyó las siguientes universidades e institutos:

Tabla 1. Experiencias internacionales

Lugar	Experiencia
Grenoble Institute of Technology - Institut d' Etudies Politiques (Francia)	Master Techniques, Sciences et Démocratie
Technical University of Denmark (Dinamarca)	Ph.D. Construction, Production, Civil Engineering and Transport, Technical
Massachusetts Institute of Technology (MIT - EE.UU.)	Ph. D. History, Anthropology and Science, Technology and Society (HASTS)
Virginia Tech (EE.UU.)	Ph. D. Science and Technology Studies
Carnegie Mellon University (EE.UU.)	Ph. D. Engineering and Public Policy
Colorado School of Mines (EE.UU.)	Graduate Certificate in Science and Technology Studies
Rensselaer Polytechnic Institute (RPI - EE.UU.)	Department of Science and Technology Studies
Princeton University (EE.UU.)	Ph.D. In Public and International Affairs with a focus in STEP (Science, Technology, Environment and Policy)
Simon Fraser University (Canada)	Centre for Policy Research on Science and Technology
Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO - Latinoamérica)	Posgrado en Tecnología y Desarrollo
Universidad Nacional de Quilmes (Argentina)	Maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad

Universidade Federal da Integração Latino-Americana (UNILA - Brasil)	Especialización en Tecnologías Sociales para la inclusión y el desarrollo local
Universidade Federal de Santa Catarina (Brasil)	Posgraduação em Educação Científica e Tecnológica
Universidade Estadual de Campinas (Brasil)	Posgraduação em Política Científica e Tecnológica
Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brasil)	Posgraduação em Tecnologia Para o Desenvolvimento Social

Fuente: Elaboración propia.2013

Al analizar estas experiencias internacionales junto con los enfoques del grupo ARGO presentado en la primera parte de este artículo, quedó en evidencia que la importancia de ofrecer opciones de pregrado y posgrado relacionado con estudios ITS radica en la interacción que se logra entre carreras tradicionalmente consideradas de enfoque técnico y carreras de enfoque humanístico, tal y como ocurre en el Rensselaer Polytechnic Institute (EE. UU.), donde cuentan con un departamento exclusivo para estudios de Ciencia y Tecnología, o dos ejemplos cercanos al contexto latinoamericano, uno en la Universidad Nacional de Quilmes (Argentina), que ofrece una maestría en Ciencia, Tecnología y Sociedad y otro en la Universidade Federal do Rio de Janeiro (Brasil) que posee la maestría en Tecnologia Para o Desenvolvimento Social. La integración de ambos enfoques logra que el estudiante, durante su formación en la universidad, adquiera un conocimiento interdisciplinario que le permita diversificar sus fortalezas, ampliando por tanto, su rango de acción. Es decir, no se deja a un lado la enseñanza de habilidades técnicas, sino que se enriquecen para lograr una formación académica más completa que satisfaga un mercado laboral que se involucra cada día más con las decisiones que conciernen tanto a la tecnología como a la sociedad.

Durante la duración de los programas de las universidades e institutos revisados, se tiene como premisa despertar en el estudiante el interés por el diseño, gestión de tecnología y su impacto en la sociedad, que es precisamente lo que se busca mediante el Graduate Certificate in Science and Technology Studies de Colorado School of Mines (EE. UU.), y es lo que la Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO), pretende lograr, pero en Latinoamérica, mediante ciertas líneas de estudio (Desarrollo local y desarrollo tecnológico, Enfoque CTS para la participación y toma de decisiones en el desarrollo local, cambio social y cambio tecnológico y pensamiento latinoamericano, tecnología y política pública). Se trata de enseñar a los estudiantes cómo tomar decisiones que logren un equilibrio en el uso de la

tecnología y las demandas sociales y ambientales. Para lograr lo anterior, se debe tener un enfoque interdisciplinario, las materias que se dictan deben ser variadas en sus contenidos, propiciando el diálogo entre la ingeniería y los problemas sociales, por ejemplo, políticas gubernamentales sobre ciencia y tecnología, casos de desarrollo tecnológico, desarrollo de infraestructura, etc.

Aportes del grupo Tecnología y Sociedad a la formación del ingeniero

Tomando los diversos artículos que el grupo ha realizado a lo largo de su historia⁴, así como las reflexiones en torno la enseñanza en pregrado y posgrado, puede decirse que los aportes de las actividades del grupo a la formación de los futuros ingenieros se centraron en la pedagogía, la visión de la tecnología, fundamentación teórica, propuesta interdisciplinaria y desarrollo del pensamiento crítico.

Aporte pedagógico

Se entiende por aporte pedagógico, las contribuciones que el enfoque del grupo inspirado en el CTS hace al estudiante para la comprensión, apropiación y reconocimiento de las relaciones existentes entre la tecnología y la sociedad, así como también la pertinencia de los cursos para la creación de una cultura y reflexión interdisciplinaria en docencia e investigación universitaria. Esto incluye tanto la relación enseñanza-aprendizaje de los contenidos conceptuales de los cursos, como el desarrollo de habilidades en el estudiante que le permitan dentro de la academia y en el futuro profesional y laboral, asumir una posición responsable, crítica y proactiva frente a las realidades tecnológicas y sociales en términos de la toma de decisiones e implementación de tecnologías en Colombia.

Visión de la tecnología

En lo que se refiere a la visión de la tecnología, los estudiantes que han tomado los cursos de pregrado⁵ manifiestan haber tenido acceso a una visión o perspectiva no tradicional de la tecnología, visión que parece corresponder en buena medida a la que se pretende mostrar en el grupo de Tecnología y Sociedad en tanto es una aproximación crítica, contextualizada y no lineal. Los estudiantes pueden identificar diferentes aproximaciones por contraste con elementos de la visión tradicional de la tecnología. La comprensión de estos elementos por parte de los estudiantes puede sintetizarse de la siguiente forma:

⁴ En especial: Jiménez *et al.*, 2003; Valderrama, Burbano, Escobar y García, 2007; Parada y Gutiérrez, 2008a y 2008b; Camargo y García, 2009.

⁵ De acuerdo con las encuestas finales de los cursos realizadas por la Facultad de Ingeniería.

- **Visión dinámica vs. visión estática:** existe una visión tradicional que muestra el quehacer tecnológico como algo lineal fruto de una serie de eventos concatenados que llevan a ciertos resultados de una manera “natural”. Desde esta perspectiva, el problema de la tecnología sería principalmente cómo implementar ciertos avances en determinados contextos. Los cursos muestran otra perspectiva de la tecnología como un proceso social: la tecnología es creada por la sociedad y es fundamental que se ocupe de su control.
- **Tecnología como fenómeno humano vs. visión artefactual:** muy relacionado con lo anterior, los cursos amplían la visión generalizada y tradicional de la tecnología según la cual la tecnología comprende solo artefactos y herramientas. Los cursos muestran la tecnología como un fenómeno eminentemente social y evidencia de ello es que actualmente casi todas, si no todas las actividades del hombre, implican tecnología o están en relación con ella. El hombre depende de la tecnología y, por tanto, es importante reflexionar sobre el papel que se le asigna en la sociedad, sus límites y alcances, y donde es importante y pertinente mirar la dimensión ética, moral, y política de las actividades del hombre impregnadas de tecnología.
- **Tecnología como herramienta de construcción social:** los cursos muestran que la pregunta por la tecnología también es una pregunta por la sociedad que se quiere y la influencia que tiene el tipo de tecnología usado en la clase de sociedad que se está construyendo. Dependiendo de la tecnología que escoja una sociedad para abastecerse (agua), educarse (Internet), etc., y de quién se escoja para manejarla (multinacionales, el Estado, las comunidades), se determinan aspectos como la igualdad, equidad, oportunidades y su desarrollo futuro en términos generales.
- **Adecuación de la tecnología vs. neutralidad de la tecnología:** en los cursos, los futuros ingenieros, consideran que sus contenidos muestran que no toda tecnología es benévola ni es la más adecuada: que es necesario contextualizar la tecnología según el lugar dónde se vaya a implementar, pues las tecnologías que benefician a la población en un país del primer mundo, en un país subdesarrollado pueden ser nocivas para la población o inútiles para resolver determinado problema.
- **Tecnología como medio vs. tecnología como fin:** por último los cursos evidencian la importancia de asumir la tecnología como un medio para resolver los diversos problemas de una sociedad si se quiere tener una actitud responsable ante la misma. Si se opta por ver la tecnología como un fin en sí misma se cae en una actitud ingenua que piensa que los problemas sociales se resolverán con el avance tecnológico (que nunca se debe cuestionar), y que las soluciones a estos problemas no dependen de personas sino de la implementación de la última tecnología disponible para determinado problema.

Esto implica que los problemas de nuestro entorno, nuestra ciudad o país no son problemas de atraso tecnológico.

Fundamentación teórica

En este aspecto se considera que es muy importante que se mantenga una articulación clara en el desarrollo de los temas, que muestre su relación progresiva y que conecte aspectos teóricos que se manejan a lo largo de los cursos.

Por ello, es necesario mostrar el cómo y el porqué de la fundamentación teórica y su relación con los cursos. En esa medida, deben presentarse perspectivas o aproximaciones teóricas a los temas, de forma clara y diferenciada, así como información concreta de estos.

Adicionalmente, la participación de expertos, investigadores, tomadores de decisiones en los cursos para ejemplificar como suceden las relaciones tecnología y sociedad en nuestra sociedad, ha despertado la sensibilidad del estudiante alrededor de la importancia de reflexionar acerca de las interacciones tecnología y sociedad, tanto en términos macro, como en la vida cotidiana en la sociedad contemporánea dados los altos grados de incorporación de tecnología.

Propuesta interdisciplinaria

Uno de los elementos centrales del grupo es la construcción de una perspectiva interdisciplinaria e integrada de la relación entre tecnología y sociedad. Las diversas reflexiones antes citadas, consideran que esto solo se cumple en la medida en que la relación entre tecnología y sociedad como módulo genérico ha de incluir como mínimo, los siguientes niveles de relación: filosófica-epistemológica, dinámica y pragmática. La primera, es necesaria para la comprensión de los demás, pero especialmente para la consolidación de fundamentos académicos sólidos. Es aquí en donde deben presentarse los supuestos y fundamentos epistemológicos de por qué es importante apelar a un conocimiento interdisciplinario y paradigmático diferente en contraste con las formas tradicionales de analizar y comprender la tecnología y la sociedad. La relación dinámica en segundo lugar, se trata básicamente de hacer explícita la diferencia entre una visión estática de la tecnología en la que ésta es inerte y artefactual, además de seguir cursos lineales de acción, de aquella visión que la entiende como un proceso social y lógicamente dinámico y discontinuo. Es importante mostrar cómo y en dónde se configura dicho proceso; identificar modos de producción, mantenimiento y legitimación del conocimiento tecnológico,

diferentes usos y concepciones, evidenciando en qué medida y por qué puede entenderse este, como un proceso social (Parada Garzón y Gutiérrez Pérez, 2008a; 2008b).

Y en cuanto a la relación pragmática, este es, si se quiere, el nivel menos abstracto de la relación entre tecnología y sociedad, nivel en el que pueden ser articulados los elementos conceptuales trabajados anteriormente y en el que pueden analizarse casos concretos que permitan aprehensión de conocimientos específicos pero especialmente que permitan a los estudiantes discernir formas de hacer operativo el conocimiento.

Desarrollo del pensamiento crítico

Por medio de los cursos ofrecidos, otro elemento central ha sido la configuración de prácticas en educación superior de Ingeniería que dan lugar al surgimiento del pensamiento crítico y permiten su consolidación como un hábito dentro de la comunidad universitaria, dado que los cursos llevan a afinar las herramientas argumentativas y las capacidades asociadas a la codificación, decodificación e interpretación de textos, que hacen posible la construcción de conocimiento.

Esta perspectiva que se ha venido reforzando en la Facultad de Ingeniería por la inclusión de los criterios de enseñanza del Accreditation Board for Engineering and Technology-ABET (2009), influyen en el diseño y experiencia en la realización de los cursos del grupo, porque resaltan la importancia de estudiar el desarrollo tecnológico y el cambio sociocultural en Colombia a través de una metodología activa y asociada al diseño de sistemas tecnológicos exitosos en términos sociales, económicos y culturales.

El aporte del proceso de acreditación ABET, es que ha buscado mirar de manera integral los programas de ingeniería y ciencia aplicada, por medio de demostrar que los estudiantes también deben alcanzar unas habilidades denominadas “profesionales” (Shuman, Besterfield-Sacre, McGourty, 2005) en aspectos como la capacidades de diseñar sistemas, de trabajar interdisciplinariamente, de identificar y resolver problemas de ingeniería, de comunicarse con efectividad, de entender el contexto local y global y medir el impacto de las soluciones de ingeniería, de comprender la responsabilidad ética y profesional de la ingeniería y del ingeniero, de aprender a aprender, de conocer los asuntos contemporáneos, entre otros. Todas ellas con una alta pertinencia al hablar de pensamiento crítico.

Estos autores también proponen agrupar dichas habilidades profesionales en dos grupos:

- Habilidades de desarrollo: tales como habilidades de comunicación, trabajo en equipo y la capacidad de reconocer y resolver los dilemas éticos.
- Habilidades de concientización: relacionadas con la comprensión del impacto de los factores globales y sociales, el conocimiento de los problemas contemporáneos y la capacidad de aprender a lo largo de la vida.

Todo lo anterior implica incluir en los cursos la reflexión sobre la pluralidad de visiones comprendidas en la construcción de los proyectos tecnológicos, la dificultad de adoptar políticas nacionales polarizadas hacia la globalización, cuestionar la noción de tecnología como ciencia aplicada y la perspectiva neutral y ahistórica del problema tecnológico.

De esta forma, antes de definir el trazado de una carretera (o de decidir que determinada opción es mejor que el ferrocarril como solución a los problemas del transporte), de instalar una hidroeléctrica para la producción de energía, de aprobar la experimentación con nuevas medicinas o de planificar el futuro de un espacio urbano para el crecimiento de una ciudad, etc., conviene evaluar los efectos previsibles de cada una de las opciones sobre el entorno y la vida de las personas. En cada una de esas decisiones de desarrollo tecnológico existen alternativas diversas y cada una de ellas puede tener costes y consecuencias diferenciadas.

La creación de un enfoque de posgrado

Por último, se quisiera relacionar cómo las experiencias y el trabajo del grupo mencionado anteriormente, ha permitido la creación de una nueva opción de posgrado basada en este enfoque y que recibió la denominación de especialización en Diseño y Gestión Social de Tecnología.

La Universidad de los Andes se ha caracterizado desde sus inicios por definir sus objetivos más allá del carácter meramente educativo. Consciente de su función de coadyuvar en la conformación de un país desarrollado y justo, su aporte a la sociedad no se restringe exclusivamente a la formación de profesionales de alta calidad, sino que además está representado por una serie de servicios que de manera directa benefician a miles de colombianos.

De esta forma, el noveno objetivo del Programa de Desarrollo Integral (Universidad de los Andes, 2011a), establece que la Universidad debe lograr impacto en la sociedad fortaleciendo los vínculos con los sectores privado, público y sociedad civil. De este objetivo se desprenden estrategias y acciones

concretas para que la institución haga presencia en el país así como para promover el sentido de responsabilidad social en sus estudiantes. La declaración del Consejo Directivo enuncia: “Es parte esencial de su misión, a través de la investigación, la experimentación y el efecto de demostración, generar modelos educativos que sirvan al progreso y estímulo del sistema educativo nacional”.

Igualmente, El Plan de Desarrollo Institucional de la Facultad de Ingeniería (PDI) 2011-2015 (Universidad de los Andes, 2011b) establece como uno de sus objetivos: “Aumentar la contribución de la Facultad al desarrollo del país”. La especialización en Diseño y Gestión Social de Tecnología está alineada con las estrategias de asistir a las empresas en sus esfuerzos por aumentar su competitividad, contribuir en la construcción de soluciones para los problemas críticos del país, generar opinión alrededor de los temas de interés nacional e incidir en las decisiones tecnológicas, sociales, económicas, ambientales y políticas.

Por otra parte, el Estatuto Profesorial de la Universidad de los Andes establece las tres dimensiones en las que se deben dividir las actividades de sus profesores de planta. Una de estas dimensiones tiene que ver con su presencia en el sector externo, de quienes se espera que estén en contacto cercano con el medio público, privado y sociedad civil y que su experiencia y su conocimiento técnico y científico aporten creativamente a enfrentar las necesidades del país en su contexto particular.

Enfoque CTS e ingeniería en la especialización en Diseño y Gestión Social de Tecnología

En el caso de la ingeniería, el programa de especialización en Diseño y Gestión Social de Tecnología considera que es de suma importancia el desarrollo y la adopción de la visión constructiva de la ciencia y la tecnología que promueven los estudios CTS⁶, en la medida en que es una profesión que está cada vez más asociada a la toma de decisiones, gestión e implementación de la tecnología; actividades que en el siglo XXI guardan cada vez más relación con los temas de diseño en contexto, la reflexión ética y el diálogo interdisciplinario, entre otros (Valderrama, 2004; Jiménez y Bustamante, 2006).

Por ejemplo, en las empresas asociadas a temas de infraestructura, los ingenieros juegan un papel preponderante en la toma de decisiones y es necesario que para estas incorporen una visión integral.

⁶ donde se asume que la ciencia y la tecnología están influenciadas por componentes socioculturales, que muestran, para el caso de la tecnología, que la misma contiene elementos sociales y depende de los diversos intereses de los grupos o instituciones.

Debido a ello la educación en CTS crea consciencia en el balance que dicha toma de decisiones debe tener entre tecnología y responsabilidad social (Davis, 2005).

Estas reflexiones se han traducido en varias áreas de acción para la especialización en Diseño y Gestión Social de Tecnología, que incorporan inquietudes como la participación social en la ingeniería y la valoración de los desarrollos tecnológicos. A continuación se amplían estas inquietudes y se presenta cómo generaron distintos propósitos de formación, competencias y perfiles para los estudiantes del programa.

CTS, ingeniería y participación social

Una de las consecuencias más importantes del abordaje antes descrito está en la importancia que adquiere el generar espacios sociales que permitan promover la participación pública en las decisiones que orientan los desarrollos de la tecnología, a fin de democratizar y acercar a la sociedad las responsabilidades que conlleva el uso e implementación creciente de la tecnología, lo cual no se puede hacer sin comprender las prácticas tecnológicas como la ingeniería (Arana Ercilla, 2006).

Reflexionar sobre el papel social que le asignamos a la tecnología es fundamental, pues en la medida en que la tecnología se considera desde una perspectiva moderna y no se asume una posición crítica frente a ella, impide que exista una conciencia social alrededor de los artefactos y sus consecuencias.

En este sentido los estudios CTS hacen un llamado a la sociedad para que considere de un modo más concreto los fines hacia los que están dirigidas las tecnologías y buscan un mayor entendimiento de ellas en términos de sus consecuencias para la sociedad contemporánea. También se considera importante asumir y generalizar socialmente una visión ajustada de la tecnología que parte de la desmitificación de los principios básicos que soportan la visión heredada de la tecnología (Sarewitz 1996). Tales principios son:

- A medida que exista más ciencia y tecnología se llega a un mayor beneficio público y social.
- La información científica es una información objetiva que provee la verdad a través de reglas y leyes específicas.
- Los conocimientos generados en las fronteras de la ciencia son autónomos respecto a las consecuencias morales y prácticas de éstos en la sociedad.

- El mito de la autoridad: se considera que la investigación científica proporciona una base objetiva para resolver las disputas que generan los desarrollos de la ciencia y tecnología.
- El mito de la frontera sin fin: se considera que el nuevo conocimiento científico y tecnológico es autónomo respecto a sus consecuencias prácticas en la naturaleza y en la sociedad.

En contraposición, a tales principios, se considera importante asumir planteamientos críticos, interpretativos y valorativos que muestren que cualquier producción tecnológica, al igual que otras realizaciones culturales, configura sistemas culturales a través de redes de significado. Esto sucede porque las cualidades fundamentales de un sistema cultural en el que interviene la tecnología, están mediadas por artefactos, técnicas y construcciones materiales; y en conjunto establecen un entorno simbólico de conceptualizaciones, interpretaciones y legitimaciones que hacen viable dicho sistema (Medina, 2000) .

Es por ello que tecnología desde el CTS, lejos de ser neutral, refleja los planes, propósitos y valores de nuestra sociedad, por lo que los criterios aportados por los científicos e ingenieros deben ser puestos en diálogo por medio de la participación de la comunidad en toda decisión tecnológica.

CTS, ingeniería y la evaluación de tecnologías

Como se ha visto, desde la perspectiva CTS, los grandes logros tecno-científicos del siglo XX han evidenciado el gran valor social de la ciencia y la tecnología, pero de igual manera han puesto de manifiesto su capacidad para provocar graves daños a los seres humanos y enormes desastres ambientales. Los criterios de eficacia y de eficiencia económica no pueden ser los únicos patrones que orienten el desarrollo tecnológico. La perspectiva CTS nos muestra que en la valoración de las propuestas de desarrollo tecnológico, es importante que se tengan en cuenta también otros criterios y exige que las decisiones sobre los desarrollos tecnológicos se abran al debate público para permitir la participación de todos los implicados y afectados.

La evaluación de las tecnologías es, por tanto, fundamental para el CTS. Antes de definir el trazado de una carretera (o de decidir que determinada opción es mejor que el ferrocarril como solución a los problemas del transporte), de instalar una hidroeléctrica para la producción de energía, de aprobar la experimentación con nuevas medicinas o de planificar el futuro de un espacio urbano para el crecimiento de una ciudad, etc., conviene evaluar los efectos previsibles de cada una de las opciones sobre el entorno y la vida de las personas. En cada una de esas decisiones de desarrollo tecnológico existen alternativas diversas y cada una de ellas puede tener costes y consecuencias diferenciadas.

En muchos casos, la evaluación clásica de tecnologías se ha reducido a analizar la ecuación entre los costes y los efectos de cada opción para elegir la más apropiada. En este sentido, la evaluación de las consecuencias de una tecnología tiende a ser identificada con la evaluación de los impactos y su eventual aceptación en función de los beneficios esperados de esa tecnología.

Sin embargo no se examina si los beneficios de cierta tecnología compensan los efectos negativos de la mismas, como tampoco se mira si solo los criterios técnicos dan cuenta de estos problemas.

Desde el CTS se propone generar modelos de evaluación de tipo constructivo de las tecnologías que buscan incentivar la participación de los diversos actores sociales. Estos modelos buscan ya no involucrar a los actores sociales solo en la valoración de la implementación en una determinada tecnología, sino en el proceso de diseño de la misma. Son por tanto, modelos que buscan anticipar los efectos de una determinada tecnología e incorporar no solo los criterios de los expertos.

Es una apuesta a la participación pública a todos los niveles del desarrollo tecnológico y busca la democratización y la participación social como ejes. Para hacer posible la participación es necesario buscar mecanismos que permitan que los actores sociales estén informados y se interesen en los temas relacionados con las consecuencias y efectos de un determinado desarrollo tecnológico. La importancia entonces de una alfabetización en los temas CTS que nos permita comprender de manera contextualizada y cotidiana los efectos positivos y negativos de la tecnología, es una condición para hacer posible la participación pública que democratice las decisiones sobre los desarrollos tecnológicos.

Para el caso de la ingeniería la inclusión de la visión CTS permite tanto a nivel formativo como de la práctica profesional comprender la importancia de la generación de procesos de evaluación de tecnologías, de tipo interdisciplinario así como el reconocimiento de la importancia de la participación social a nivel del diseño en los propios sistemas tecnológicos y su gestión, por ejemplo, el análisis de esta perspectiva de sistemas tecnológicos asociados al agua, la energía, la movilidad, etc. Puede ayudar a la orientación de su trayectoria tecnológica a fin de que sea más democrática, incluyente, socialmente responsable y consciente de su impacto en el entorno (Osorio, 2008).

Propósitos de formación, competencias y perfiles

Teniendo en cuenta las inquietudes presentadas anteriormente y con base en diversos estudios sobre el perfilamiento de los ingenieros han surgido necesidades de complementar los procesos formativos del profesional que le permitan el diseño y la gestión competente de sistemas sociotécnicos en sus áreas (García, Jiménez y Pérez, 2006), ampliar la visión de la tecnología a una forma más holística y contextualizada (Ferrando y Páez, 2009) que balancee lo global y lo local del ámbito productivo e incorpore eficazmente equipos interdisciplinarios en proyectos de ingeniería (Osorio, 2008).

En síntesis, la especialización en Diseño y Gestión Social de Tecnología surge del análisis de todos los antecedentes ya mencionados, que mostraron la pertinencia de que una misma especialización ofreciera:

- Visión socio-técnica de la tecnología: entorno, actores y su participación
- Pensar la ingeniería como diseño de sistemas sociotécnicos: diseñar sistémicamente y entender las consecuencias
- Comprender los procesos de adaptación y adecuación de tecnología en la toma de decisiones respecto a esta en el contexto colombiano.
- Saber estimar los efectos de las diferentes tecnologías en los contextos sociales.
- Tener herramientas para comprender las consecuencias de la implementación de un proyecto tecnológico en la sociedad
- Formar expertos multidisciplinarios, ejecutivos y gerentes de empresas y de las administraciones públicas, que se enfrenten a un entorno que combina la tecnología con aspectos sociales.

Ejemplo: Las plataformas de investigación en micro y nanotecnologías en el desarrollo local (infraestructura, estructura del mercado de empleo, uso de las tierras, mercado de vivienda [...]); estrategia de desarrollo de clústeres de “alta tecnología”; gestión de la hibridación de la investigación y de la industria.

De esta forma, el perfil de los egresados de la especialización, permitirá formar profesionales con destrezas y capacidades para analizar, conceptualizar, evaluar, diseñar contextualmente y orientar las decisiones tecnológicas, con particular énfasis en la articulación entre los procesos de ingeniería y los sectores público, privado y la sociedad civil.

Se busca que a través del análisis sociotécnico y reconociendo los contextos sociales, culturales, económicos e históricos presentes en los diversos actores de la tecnología, el estudiante será capaz de identificar, problematizar y evaluar transversal e interdisciplinariamente el impacto de un proceso tecnológico de manera reflexiva y situada.

El fin último de este programa es que estos profesionales sean agentes de cambio, capaces de comprender la interacción entre problemas tecnológicos y sociales, la responsabilidad de las prácticas de ingeniería y los procesos de transformación tecnológica.

Conclusiones

A lo largo del 2015, se realizaron ejercicios de evaluación⁷ con los estudiantes de los cursos de pregrado y posgrado para reflexionar sobre los aportes de las propuestas CTS respecto su formación profesional.

En este ejercicio los estudiantes destacaron que los cursos del grupo les permitieron una mayor comprensión, apropiación y reconocimiento de las relaciones existentes entre la tecnología y la sociedad. Los resultados preliminares mostraron también que a través de los cursos, pudieron percatarse de la pertinencia de una visión interdisciplinaria respecto al problema de la tecnología en nuestro contexto. De esta forma, tuvieron herramientas para asumir una posición responsable, crítica y proactiva frente a las realidades tecnológicas y sociales en términos de la toma de decisiones e implementación de tecnologías en Colombia.

Los estudiantes recalcan que este tipo de cursos les ayuda a entender la importancia de una visión sistémica de la tecnología. Consideran que los ejercicios realizados en las clases les permiten darse cuenta que la pregunta por la tecnología también es una pregunta por los planes, propósitos y valores de nuestra sociedad, por lo que los criterios aportados por los científicos e ingenieros deben ser puestos en diálogo por medio de la participación de la comunidad en toda decisión tecnológica y esto determina aspectos como la igualdad, equidad, oportunidades y su desarrollo futuro en términos generales.

Respecto al punto de vista de los profesores, dado que los cursos llevan a afinar las herramientas argumentativas y las capacidades analíticas asociadas a la ampliación de perspectivas para el diseño y

⁷ Se realizó un ejercicio de encuestas cualitativas a estudiantes de pregrado y posgrado.

gestión tecnológica, se hace posible la construcción de conocimiento situado sobre la práctica de la ingeniería con impacto social consciente en el país.

También creemos que este tipo de cursos ayudan a crear un espacio activo y dialógico, que permite a los estudiantes construir acuerdos significativos sobre el mundo que ellos quieren. De esta manera, se ha propiciado el desarrollo de habilidades necesarias para la toma de decisiones en el diseño e implementación socio-técnica, así como para el análisis de sus implicaciones e impacto en la sociedad, y del papel de la ingeniería en la construcción de mundo.

Finalmente, se consideramos significativos estudios que aborden las formas pedagógicas de aprendizaje en ingeniería y su relación con la amplitud y profundidad de reflexiones orientadas hacia temas de desarrollo regional y educación en ingeniería para entornos de conflicto.

Referencias

- Accreditation Board for Engineering and Technology. (2009). Criteria for Accrediting Engineering Programs 2010-2011. Recuperado de http://www.abet.org/uploadedFiles/Accreditation/Accreditation_Process/Accreditation_Documents/Archive/criteria-eac-2010-2011.pdf
- Arana Ercilla, M. (2006). Los valores en la formación profesional. *Tabula Rasa*, 4, 323-336.
- Arribas Ramírez, R. y Fernández García, L. E. (2001). *¿Qué hacemos con la basura? La gestión de los residuos urbanos. Simulación educativa de un caso CTS sobre el medio ambiente*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).
- Bell, S. (2011). *Engineers, Society, and Sustainability*. Ontario, Canadá: Morgan y Claypool Publishers LLC.
- Camacho Álvarez, A. y González Galbarte, J. C. (2001). *¿Vías o autovías? Simulación educativa de un caso CTS sobre el medio humano*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).
- Callon, M. y Easton, J. (1998). De los intereses y su transformación. Enrolamiento y contraenrolamiento. En *Doménech; Tiradop, Sociología simétrica. Ensayos sobre ciencia, tecnología y sociedad* (pp. 51- 62). Barcelona. España: Editorial Gedisa.
- Camargo Uribe, J. A. y García Roza, A. (2009). Pensamiento crítico y aprendizaje activo en ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 4(7), 98-106.

- Casas, R. (2004). El pensamiento en ciencia tecnología y sociedad en Latinoamérica: una interpretación política de su trayectoria. *Revista Mexicana de Sociología*. Número especial. México, DF.
- Castro, G. et al. (noviembre, 2004). *Propuesta curricular para la formación de ingenieros desde el enfoque en estudios CTS+I en la Universidad del Cauca*. Coloquio Internacional sobre Currículo. Memorias en CD-ROM del 3er Coloquio Internacional sobre Currículo, Universidad del Cauca. Popayán, Colombia.
- Colás, B. P. y Buendía, E. (1994). *Investigación*. Sevilla, España: Ediciones ALFAR, (2^{da} Edición)
- Cutcliffe, S. (1990). Ciencia Tecnología y Sociedad: Un campo interdisciplinar. En Medina, M. y Sanmartín, J. *Ciencia, Tecnología y Sociedad*. Barcelona, España.
- Cutcliffe, S. (2003). *Ideas, máquinas y valores: Los estudios de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, Barcelona, España: Anthropos.
- Dagnino, R y Thomas H. (2002). *Panorama dos Estudos sobre Ciência, Tecnologia e Sociedade na América Latina*. Brasil: Cabral Editora e Livraria Univeritária.
- Davis, M. (2005). *Questions for STS from Engineering Ethics*. California: Wadsworth
- De Gregori, T. R. (1985). *A Theory of Technology*, Ames. Iowa: Iowa State University Press.
- Downey, G. (2009). What is engineering studies for? Dominant Practices and scalable scholarship. Recuperado enero de 2012 de <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19378620902786499>
- Echeverría, J. (1999). *Introducción a la metodología de la ciencia*. Madrid, España: Cátedra.
- García, P., González, G., López, C. y Cols. (2001). Ciencia, Tecnología y Sociedad: Una aproximación conceptual. Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
- García Roza, A., Jiménez Becerra, J. A. y Pérez Martelo, C. B. (2006). El perfil del ingeniero electrónico: competencias como una red de relaciones de actores oferta – demanda educativa. *Revista Educación en Ingeniería*, 1(2), 19-25.
- González Galbarte, J. C. (2003). *Ahormada: una controversia urbana. Simulación educativa de un caso CTS sobre el medio humano*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).
- González, M., López, J, y Luján, J. (1996). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid, España: Tecnos.
- González García, M., López Cerezo, J. A. y Luján, J. L. (1996). *Ciencia, Tecnología y Sociedad: una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.

- Grupo ARGO (2003a). *La polémica de las plataformas petrolíferas. Simulación educativa de un caso CTS sobre fuentes energéticas y sostenibilidad*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).
- Grupo ARGO (2003b). *La controversia de las antenas de telefonía móvil. Simulación educativa de un caso CTS sobre radiaciones y vida cotidiana*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI).
- Hughes, T. (1983). *Networks of Power Electrification in Western Society, 1880-1930*. EE. UU.: Johns Hopkins University Press
- Jiménez, J. (2010). *Desarrollo de los estudios de ciencia, tecnología y sociedad y su perspectiva en América Latina en: Ciencia, política y poder*. Ecuador: Flacso
- Jiménez, J. y Bustamante, M. (abril, 2006). *La controversia en la representación del uso de las NTIC en educación: el caso "red-p" en Bogotá, Colombia*. Ponencia en las VI Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología, ESOCITE. Universidad Nacional, Bogotá, Colombia.
- Jiménez Becerra, J. A., Guerrero Hernández, J. C., y García Roza, A. (2003). *Tecnología y sociedad: el salón de clase como lugar de construcción de la sociedad*. Presentado en La dimensión social de las facultades de ingeniería, Bogotá: Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI).
- Lipovestky, G. (1986). *La era del vacío*. Barcelona, España: Anagrama.
- López, J. (1998). *Tecnología y Sociedad: El estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos*. *Revista Iberoamericana de Educación* No. 18.
- López Cerezo, J. A. y Luján, J. L. (2000). *Ciencia y política del riesgo*. Madrid: Alianza Editorial.
- López Cerezo, J. A. y Verdadero, C. (2003). Introduction: science, technology and society studies - from the European and American north to the Latin American south. *Technology in Society*, 25(2), 153-170.
- Marx, L. (1994). *La idea de la tecnología y el pesimismo post moderno*. En Smith, M. R. y Marx L. (Eds.) *Historia y determinismo tecnológico*. Alianza Editorial.
- Medina, M. (2000). *Ciencia, Tecnología y Sociedad en el siglo 21. Los retos de la tecnociencia y la cultura de CTS*. Recuperado de:
http://garritz.com/andoni_garritz_ruiz/documentos/Los%20estudios%20CTS/Medina_CTS_sigloXXI.pdf
- Merryl, R. (1968). *The study of Technology*. Virginia, EE.UU.: Mac Millan Company

- Ministério da Educação. (2009). *Princípios Norteadores das Engenharias nos Institutos Federais*. Recuperado de: http://portal.mec.gov.br/index.php?Itemid=ygid=504yoption=com_docmanytask=doc_download
- Mitcham, C. (1994). *Thinking Through Technology: The Path between Engineering and Philosophy*. Chicago, EE.UU.: University of Chicago Press
- Osorio Marulanda, C. A. (2008). La Formación de Ingenieros para la Participación Pública en Ciencia y Tecnología. *ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, 1(1), 91-108.
- Parada Garzón, N. M., y Gutiérrez Pérez, A. A. (2008a). Diseño ingenieril para la construcción de mundo. Presentado en Tercer Encuentro Regional de la Asociación Latinoamericana de Sistémica (ALAS), Ciudad de México, México.
- Pacey, A. (1990). *La cultura de la tecnología*. México: Fondo de Cultura Económica
- Parada Garzón, N. M., y Gutiérrez Pérez, A. A. (2008b). Water problem based simulation as a technology and society controversy: Designing and implementing an active and equitable engineering education. Presentado en The International Workshop ALE (Active Learning in Engineering Education), Bogotá D. C., Colombia.
- Real Academia de la Lengua Española. (2001). Diccionario de la Lengua Española Edición 22. Recuperado de <http://lema.rae.es/drae>
- Riley, D. (2008). *Engineering and Social Justice*. Ontario, Canadá: Morgan y Claypool Publishers LLC.
- Sábato, J. y Mackenzie, M. (1982). *La producción de tecnología- autónoma o transnacional*. México: Editorial Nueva Imagen
- Sanmartín, J. (1990). *Tecnología y futuro humano*. Argentina: Anthropos.
- Sarewitz, D. (1996). *Frontiers of Illusion: Science, Technology and Problems of Progress*. Philadelphia: Temple University Press.
- Shuman, L. J., Besterfield-Sacre, M. y McGourty, J. (2005). The ABET "Professional Skills" - Can They Be Taught? Can They Be Assessed? *Journal of Engineering Education*, 94(1), 41-55.
- Universidad de los Andes. (2011a). Programa de Desarrollo Integral (PDI 2011-2015). Recuperado de <http://planeacion.uniandes.edu.co/Descargar-documento/12-Programa-de-Desarrollo-Integral-2011-2015>
- Universidad de los Andes. (2011b). Plan de Desarrollo Facultad de Ingeniería 2011-2015. Recuperado de <https://ingenieria.uniandes.edu.co/images/stories/2011/docs/pdfi2011-2015.pdf>

- Valderrama, A. (2004). Teoría y crítica de la construcción social de la tecnología. *Revista colombiana de Sociología*. No. 23
- Valderrama Pineda, A., Burbano Valdés, A. E., Escobar Gutiérrez, J. A. y García Roza, A. (2007). STS Problems in Colombia. En *Memories of the Annual Meeting of the Society for the Social Studies of Science*. Montreal, Canadá.
- Vinck, D. (2012). Pensar la técnica. *Universitas Philosophica*, 58, 9-14.