

## PENSAMIENTO CRÍTICO Y APRENDIZAJE ACTIVO EN INGENIERÍA

Juan Arturo Camargo Uribe y Antonio García Rozo

Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia)

### Resumen

Frecuentemente se ha señalado que la metodología de aprendizaje activo favorece la adopción de actitudes críticas por parte de los estudiantes, al forzarlos a establecer vínculos entre la teoría y la práctica, y poner énfasis en los aspectos contextuales del trabajo ingenieril. Con el propósito de estimular y actualizar la reflexión acerca del pensamiento crítico en el currículo de ingeniería, se exploran en este documento algunas interpretaciones del significado y el lugar de esa competencia en la educación de los ingenieros colombianos y se presenta la experiencia de dos cursos del Grupo Tecnología y Sociedad de la Facultad de Ingeniería Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia), en este campo. Nuestra experiencia revela vínculos entre el desarrollo de un ambiente educativo favorable al pensamiento crítico, la aplicación de metodologías de aprendizaje activo y la pertinencia del estudio histórico contextualizado de los grandes sistemas tecnológicos colombianos.

**Palabras clave:** Aprendizaje activo, pensamiento crítico, educación en ingeniería, sistemas tecnológicos, tecnología y sociedad.

### Abstract

It has often been pointed out, that active learning methodologies promote the adoption of critical attitudes among students, forcing them to establish links between theory and practice and emphasizing the contextual aspects of engineering work. In this paper we explore most salient interpretations of the meaning and place of such competition in the education of engineers with the aim of stimulating discussion about critical thinking in the curriculum. We also present our experiences in this area in two courses devised by the Technology and Society Group at the Faculty of Engineering in Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia). Our experience reveals links between the development of an educational environment conducive to critical thinking, application of active learning methodologies and relevant historical context in the study of large technological systems in Colombia.

**Keywords:** Active learning, critical thinking, engineering education, technological systems, technology and society.

## Introducción

El desarrollo del pensamiento crítico, sus objetivos, condicionamientos y limitaciones, constituyen el tema de este documento. Su inclusión en los objetivos programáticos de numerosas facultades de ingeniería, al igual que en los criterios de acreditación del American Bureau of Engineering Education (ABET, 2009) ampliamente difundidos en Colombia, indican que la habilidad de desplegar un pensamiento crítico es considerada de importancia en los procesos de formación de ingenieros; no obstante, hay concepciones diversas sobre el significado y alcance de tal competencia para el caso de la educación en ingeniería, algunas de las cuales examinaremos brevemente para luego relacionarlas con el diseño y la experiencia en la ejecución de dos cursos del grupo Tecnología y Sociedad de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia). En tales cursos se estudia el desarrollo tecnológico y el cambio sociocultural en Colombia con una metodología activa, asociada al diseño de sistemas tecnológicos más exitosos en términos sociales, económicos y culturales. Se plantearán las razones por las cuales los autores consideran que esta propuesta es afín a las corrientes de pensamiento crítico que apuntan a incidir de forma activa sobre la configuración de las sociedades.

El propósito específico del documento es exponer los rasgos, las limitaciones y las oportunidades de articular la educación para el pensamiento crítico desde diferentes perspectivas, con las metodologías de aprendizaje activo, basándose en la experiencia de los cursos *Tecnología y Sociedad* e *Historia de las Telecomunicaciones en Colombia*, en los que participan estudiantes de otras facultades además de ingeniería<sup>1</sup>.

Al concluir se defiende una aproximación mixta al aprendizaje del pensamiento crítico, incluyendo cursos dedicados específicamente al tema junto a elementos de contexto necesarios para la reflexión crítica en el programa de los cursos técnicos de la carrera de ingeniería. En concepto de los autores, esta estrategia responde de manera adecuada a las

adversas condiciones que algunos analistas<sup>2</sup> (Zarama et al., 2004) (Mejía et al., 2006) han identificado como el principal escollo para la introducción del pensamiento crítico en el currículum ingeniería de las universidades colombianas, tales como una baja capacidad lectora de parte de los estudiantes y la dificultad de que los profesores de ingeniería se desempeñen en forma rigurosa en un campo para el cual no se han preparado tradicionalmente, que con frecuencia les parece ajeno a su estilo de pensamiento.

Igualmente, se sostiene que las competencias argumentativas, la creatividad y la pluralidad son condiciones necesarias para el surgimiento del pensamiento crítico, pero la esencia de tal práctica reside también en la ejecución de programas de investigación que apunten a clarificar y resolver problemas concretos, pertinentes e históricamente situados de la sociedad. En otras palabras, programas comprometidos de forma práctica con la diversidad cultural, la innovación y el cambio económico y social.

Esta reflexión también contribuye, a repensar la localización curricular y la configuración de las prácticas cotidianas de la vida universitaria que dan lugar al surgimiento del pensamiento crítico y permiten su consolidación como un hábito dentro de la comunidad universitaria. A este respecto se considera que su aprendizaje es un proceso de largo aliento, que implica afinar las herramientas argumentativas y las capacidades asociadas a la codificación, decodificación e interpretación de textos, sin las cuales no es posible la construcción rigurosa de conocimiento, y que la reflexión crítica más profunda implica también la capacidad de establecer vínculos entre los textos, las emociones, los conocimientos y la orientación personal de los participantes.

## Concepciones sobre el pensamiento crítico

A continuación se presenta un bosquejo de las teorías más sobresalientes sobre el significado y las características del pensamiento crítico, su pedagogía en el

<sup>1</sup> Aproximadamente la mitad de los estudiantes pertenecen a la Facultad de Ingeniería y el otro cincuenta por ciento se distribuye entre las demás carreras ofrecidas en la Universidad tales como economía, arquitectura, administración, ciencias sociales, medicina, derecho, artes y humanidades.

<sup>2</sup> Este fue uno de los argumentos planteados por Roberto Zarama, Director del Departamento de Ingeniería Industrial en el foro sobre pensamiento crítico realizado en el marco del congreso ALE 2008 en la Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia).

caso de los estudiantes de ingeniería, y las variantes didácticas asociadas a cada una de ellas. Dado que la necesidad de desarrollar habilidades de pensamiento crítico es ampliamente reconocida en la actualidad como una condición para ejercer la ciudadanía, es interesante examinar los matices históricos que ha tenido su enseñanza, al igual que sus particularidades en el caso del diseño del currículo de ingeniería.

Una controversia frecuente medio para el caso de la educación en ingeniería, es la conveniencia de que los estudiantes universitarios involucren los aspectos políticos de los discursos y prácticas del cambio tecnológico. Tales consideraciones son percibidas como la amenaza al ideal de una tecnología neutral, producto de la aplicación objetiva de verdades científicas, que respondan obedientemente a las necesidades de la sociedad como un todo indiferenciado. Por el contrario, los defensores de una aproximación socio histórica al conocimiento en ingeniería, señalan que la objetividad científica también involucra un compromiso ideológico sesgado a favor de una visión moderna y capitalista del mundo.<sup>3</sup>

En una reseña sobre el tema, Waquiant (2006) sostuvo que las versiones kantianas de pensamiento crítico pueden describirse esquemáticamente como un examen atento de las categorías y las formas de conocimiento, tratando de evaluar su validez lógica y su valor cognitivo. Basadas en la instancia crítica cartesiana conocida como la *duda metódica*, estas corrientes niegan la posibilidad de tener un contacto directo con las cosas *en sí mismas* -al igual que con los problemas metafísicos sobre el sentido del mundo o la existencia de dios o del alma-. Kant, según Waquiant (2006), destacó que además del tiempo y el espacio como formas primarias de la sensibilidad, los humanos poseen entendimiento; en su perspectiva, mientras la sensibilidad es pasiva, el entendimiento es activo y tiene por función la construcción de nuevos conceptos.

Hoy en día, no obstante, la producción de conocimiento es un proceso social no limitado a la capacidad individual de decodificar e interpretar correctamente los conocimientos suministrados en textos e imágenes mediante mecanismos de

inferencia aceptados de manera generalizada, aplicando premisas válidas.

Waquiant (2006) resaltó que las teorizaciones marxistas del materialismo histórico proveen una comprensión muy diferente de la palabra *crítico*; la cual, en esa perspectiva, es considerada una práctica orientada a la exploración de la realidad histórica con el fin de clarificar y denunciar las formas ilegítimas de dominación para revelar las alternativas de desarrollo social bloqueadas por tal abuso.

Otras instancias críticas alternativas, desarrolladas durante el siglo XX, incluyen la teoría crítica de los intelectuales de la Escuela de Frankfurt, interesados en explorar los límites y posibilidades del proyecto de ordenamiento racional del mundo (Horkheimer et al., 2006), el positivismo lógico de la Escuela de Viena, orientado a valorar los límites lógicos de nuestro conocimiento sobre el mundo y que es cercano a las teorizaciones de L. Wittgenstein sobre juegos de lenguaje que dejan clara la dependencia de las condiciones de enunciación y contexto en la formación de sentidos y significados, y más recientemente el Análisis Crítico del Discurso (Woodak, 2003; Van Dijk, 1994) que apunta a denunciar formas abusivas de uso del lenguaje para perpetuar condiciones de exclusión social por parte de grupos dominantes. En el caso de la educación para el pensamiento crítico un referente obligado es en el Movimiento de Pensamiento Crítico para quienes el rasgo central del pensamiento crítico, sin importar el tema o contenido, consiste en mejorar la calidad de las capacidades analíticas aprendiendo las estructuras inherentes al acto pensante y evaluándolas de acuerdo con estándares intelectuales (Paul, 2008) y, por lo tanto, apunta a identificar y explicar esquemas defectuosos de argumentación que pueden parecer correctos.

En el ámbito latinoamericano, la pedagogía crítica de Paulo Freire (1970) propende por el análisis de las dimensiones sociales y políticas del conocimiento, buscando que los participantes exploren las relaciones de poder que dan pie a un determinado conocimiento, y la manera en que tales relaciones inciden en su aplicación en cada ámbito específico. Freire insiste en la importancia de reflexionar sobre las formas en que conocimiento es manifestación y resultado de las configuraciones de poder presentes en la sociedad

3 Esta idea fue planteada por U Jorgensen del Danish Technical Institute en el foro sobre pensamiento crítico realizado en el marco del congreso ALE 2008 en la Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia).

que lo produce; y de esa manera reproduce a su turno tales configuraciones en las relaciones sociales (Mejía y Zarama, 2004, p.92) Las contribuciones de la pedagogía radical incluyen asimismo reflexiones acerca de la forma de interacción entre los estudiantes y los profesores, como compañeros en el proceso de investigación, propendiendo por el establecimiento de interacciones dialógicas entre ellos, al igual que el acople de objetivos técnicos y críticos en las actividades didácticas programadas. (Freire, 1970, p.67)

Otras iniciativas orientadas a la introducción del elemento crítico de pensamiento, en el ámbito de la tecnología, es la *Heurística Críticas de Sistemas* (Ulrich, 1989) que presta atención a la justificación de las decisiones científicas siguiendo los descubrimientos de la lingüística crítica, según los cuales la comprensión profunda de un texto implica una dimensión emocional -la construcción de un modelo personal de la situación- y va mucho más allá de los elementos internos del discurso. Bajo tal perspectiva, para proceder con la interpretación y la crítica de los discursos encontrados en una determinada realidad histórica y sociocultural, es necesario conectar su fundamentación con las experiencias personales del intérprete.

La crítica constructivista (Ducrot, 1986) ha destacado también la intertextualidad, reconociendo que debido a la calidad histórica y plural de la condición humana, muchas realidades contrastantes son posibles – por lo que su comprensión involucra la capacidad de observar los problemas desde puntos de vista diversos, algunos de ellos incluso contradictorios- y cualquier visión comprometida con lecturas alternativas a la visión hegemónica prevaleciente en un momento dado debe estimularse. Una consecuencia positiva de esta actitud didáctica plural, es que las visiones alternativas visibilizan el sistema de creencias y construcciones emocionales que configura nuestras realidades personales.

En el campo específico de la educación en ingeniería, las diversas aproximaciones a la localización de los conceptos y habilidades de pensamiento crítico en el currículo van desde la negación de la importancia de los elementos socio histórico de la educación de los jóvenes ingenieros<sup>4</sup>, dando pie a una orientación

4 Ideología que aparece frecuentemente de forma tácita, como en el caso en las aproximaciones más objetivas al pensamiento crítico, por ejemplo el movimiento de pensamiento crítico de Paul ya mencionado.

descontextualizada del currículo, hasta la de quienes consideran que un currículo estructurado por completo alrededor de problemas formulados localmente es una condición necesaria de la formación de una generación de ingenieros con una visión más realista del cambio socio técnico en Colombia.

Desde posiciones intermedias, otros analistas<sup>5</sup> han argumentado que el pensamiento crítico puede ser desarrollado a través del estudio de las humanidades, la economía y otros cursos de contexto, o en cursos dedicados específicamente a tal materia.

En su estudio sobre la enseñanza de las matemáticas, que resulta especialmente significativo para el caso de la formación en ingeniería, Frankenstein (1998) distingue cuatro aspectos del aprendizaje crítico de las matemáticas: la comprensión de las matemáticas, la dimensión política de las matemáticas, la política de conocimiento matemático y la política de conocimiento en general. Cascante (2007) por su parte, extiende estas ramificaciones para el caso de curso de Sistemas Dinámicos, que forman parte del currículo de ingeniería industrial de la Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia) y formula preguntas acerca de la política asociada a esta tecnología, tales como cuales fueron las condiciones históricas que hicieron posible ese conocimiento específico, cuáles fueron las prácticas sociales y las instituciones que intervinieron en la definición de su aplicación, y qué papel ha desempeñado ese conocimiento en situaciones históricas particulares.

Habiendo reseñado hasta este punto las corrientes más significativas del pensamiento crítico, a continuación se establecerán los vínculos entre los problemas planteados, y los planes y experiencias en el Grupo Tecnología y Sociedad, que pretende contribuir a la formación de una instancia crítica en la Universidad de los Andes, incluyendo estudiantes, profesores y la institución en general.

tecnología es sociedad es un programa de investigación y enseñanza acerca de las relaciones del cambio tecnológico y el cambio social en Colombia. El grupo ha ofrecido varios cursos durante los últimos

<sup>5</sup> Esta idea fue planteada por Francisco Rebolledo, Decano Académico de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá (Colombia), en el Foro sobre Pensamiento Crítico, realizado en el marco del congreso ALE 2008 en la Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia).

seis años, incluyendo tecnología y sociedad, historia las telecomunicaciones en Colombia, tecnología y globalización y tecnología y cultura, entre otros. En esta ocasión nos concentraremos en los dos primeros, a pesar de que en todos ellos, existe una formulación crítica de problemas específicos de desarrollo tecnológico en el país. En nuestro concepto, las metodologías de esos cursos son intrínsecamente activas por fomentar la actividad práctica de parte de los estudiantes, y especialmente porque los objetivos, problemas y temas estudiados involucran a los estudiantes en la transformación planificada de la realidad sociocultural que los envuelve (Jiménez et al., 2003) permitiéndoles reflexionar de forma significativa sobre los vínculos de tal transformación con procesos más amplios del cambio tecnológico. Otro aspecto esencial de estas aproximaciones es su carácter interdisciplinario tanto por la participación de estudiantes de todas las carreras, como por la conformación del equipo docente con profesores de diversas facultades incluyendo las de antropología, historia, arquitectura y diseño, entre otras.

### **Tecnología y sociedad<sup>6</sup>**

La reflexión sobre tecnología y cambio social no es nueva en la Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia) y el curso Tecnología y Sociedad, en particular, fue diseñado sobre la base de experiencias anteriores realizadas en la Universidad durante los años ochenta y noventa del siglo pasado, tales como El asenso del hombre, América Latina Contemporánea, Colombia Hoy y Mundo Contemporáneo, que contaban con la participación de profesores de todas las facultades de la universidad y eran ofrecidos a estudiantes de diferentes disciplinas, lo que respondía a un convencimiento de que los problemas se deben reflexionar desde diferentes puntos de vista, pues para la Universidad ha sido claro que mediante cursos de contexto dedicados a una carrera en particular no se logra desplegar un pensamiento crítico.

En el año 2002 se dio un paso adicional en la reflexión, en esta ocasión desde la decanatura de ingeniería, incluyendo adicionalmente la reflexión específica sobre la tecnología, para lo cual se usaron elementos del

programa Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS) de la Organización de Estados Iberoamericanos. El programa de este curso persigue la introducción de los estudiantes al campo de los estudios sobre tecnología. Metodológicamente este curso se desarrolla alrededor de problemas y controversias socio técnicas, que se complementan con una selección de lecturas teóricas y estudios de caso. El plan involucra la investigación y argumentación activa de parte de los estudiantes acerca de problemas tecnológicos localizados en el contexto colombiano mediante la representación en el aula de controversias simuladas que obligan a abordar las problemáticas desde los puntos de vista de actores sociales relevantes para el tema, las cuales son basadas en problemas y actores reales del contexto local, por lo que su comprensión conlleva el establecimiento de un vínculo emocional y personal por parte de los estudiantes con el tema.

Algunas de las premisas del curso incluyen estimular la consolidación de una visión crítica de la tecnología, estimular la participación pública de los ciudadanos en las decisiones sobre políticas tecnológicas, y una orientación crítica al desarrollo tecnológico (Valderrama et al., 2007). El curso se concentra en las relaciones mutuas entre cambio tecnológico y construcción de sociedad, incluyendo las dependencias mutuas entre la agenda tecnológica y factores de orden cultural, social y económico. Además de la metodología de aprendizaje activo, otra característica que cabe destacar, por su relación con el pensamiento crítico consiste en la selección de problemas asociados a sistemas tecnológicos para la provisión de servicios públicos (transporte, agua, comunicaciones) lo cual refleja el compromiso analítico del Grupo, con la realidad local. Hasta el momento se han trabajado los siguientes temas: uso de aguas subterráneas, carácter de mercancía o bien público del agua, alternativas de transporte en Bogotá, desarrollo de las tecnologías de información, propiedad privada o estatal de las empresas de servicios telefónicos, armas y tecnología de muerte.

La decisión de usar una metodología de controversias se relaciona con el interés en involucrar emocionalmente y motivar, al igual que con la preocupación por fomentar el debate plural. A pesar de que en el Grupo, se es consciente del riesgo de caer en posiciones polarizadas asociadas a determinadas políticas

<sup>6</sup> Para más información sobre el programa y los referentes bibliográficos usados en este curso se recomienda visitar la página <http://tecnologiaysociedad.uniandes.edu.co>

de identidad, la experiencia ha demostrado que esto puede evitarse con una preparación adecuada del material y manteniendo una actitud abierta por parte del equipo de profesores que participan en el curso.

Las presentaciones de empresarios, académicos, políticos y ciudadanos del común que tienen interés en la controversia bajo estudio, toman una porción considerable del curso, como un reconocimiento de que estar suficientemente informados es esencial para desplegar una forma crítica de pensamiento.

Los modelos teóricos considerados en este curso reflejan corrientes contradictorias de pensamiento acerca del conocimiento tecnológico, así como las correspondientes posiciones ideológicas acerca de la sociedad; incluyen los extremos del determinismo tecnológico y la construcción social de la tecnología, al igual que aproximaciones intermedias tales como la Teoría Actor Red (Callon, 1998) o el Modelo de Grandes Sistemas Tecnológicos (Hughes, 1983). Es interesante destacar que en nuestra experiencia los estudiantes tienen dificultad en distinguir la realidad (problemas, circunstancias, implicaciones, límites) de las herramientas para observar la realidad (modelos).

### **Historia de las telecomunicaciones en Colombia**

Este es un curso construido sobre la premisa de que las preguntas históricas sientan sus bases en los problemas socio técnicos de las comunicaciones en el presente: arreglos financieros e institucionales, conocimiento empresarial, esquemas de regulación, participación y propiedad, democratización de los servicios y políticas de acceso universal, balance entre objetivos de educación, información y entretenimiento, debate sobre el surgimiento de una esfera plural de información y opinión, convergencia.

Historia de las Telecomunicaciones nació como un curso electivo para ingenieros eléctricos, siendo estructurado inicialmente por profesores de la Facultad de Ingeniería y el Departamento de Historia, y más adelante se abrió a estudiantes de toda la universidad, teniendo en cuenta que el impacto y las condiciones de desarrollo de los sistemas tecnológicos de telecomunicaciones no pueden comprenderse

en su verdadera magnitud sino es analizando sus vínculos sociales como un todo. Este curso ha sido visto por cerca de quinientos estudiantes a lo largo de su historia.

Durante la primera parte del curso los participantes escriben un ensayo basado en fuentes documentales primarias y secundarias, sobre un sistema de comunicaciones y problema socioculturales colombiano de su interés, localizados temporalmente en el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. En la segunda parte de semestre, el grupo se involucra en conjunto en una controversia sobre procesos destacados de cambio en el sistema de telecomunicaciones en la actualidad. Los últimos dos semestres hemos observado el proceso de selección del estándar de televisión digital terrestre, y la privatización de la empresa que ofrece el servicio telefónico en Bogotá.

Además de las características mencionadas de preocupación por los problemas locales, y un compromiso con la consecución de suficiente información para el tema, así como la búsqueda de espacio para diversas voces en el proyecto colectivo, este curso enfatiza la historia como un conocimiento esencialmente crítico.

Adicionalmente, la reconstrucción histórica detallada de los sistemas tecnológicos constituye una entrada atractiva a la historia de nuestro país, que permite una interpelación crítica de las vicisitudes que ha enfrentado la construcción de una nación a lo largo del tiempo, y de las alternativas planteadas para resolverlas.

Varias evaluaciones aplicadas a estos cursos a lo largo de seis años de existencia han revelado sus fortalezas, una demanda constante, motivación, pertinencia e impacto en la percepción acerca de la tecnología; al igual que sus debilidades, la inestabilidad institucional -debido al carácter interdisciplinario del equipo de profesores y del tema-, la clasificación generalizada por parte de los estudiantes de los cursos que forman parte del Ciclo Básico Uniandino como un curso de segunda prioridad, la ausencia de material de adecuada calidad acerca de desarrollo histórico de los sistemas tecnológicos en Colombia y la falta de un conocimiento acerca de las prácticas institucionales y organización del estado de parte de los estudiantes.

## Lugar y límites del pensamiento crítico

Michel de Certeau (1993) ha señalado justamente que el conocimiento académico siempre es producto de un lugar y un tiempo determinados. El pensamiento crítico no es algo que pueda ser enseñado en el currículo, sino a través de la totalidad de la organización de la universidad. Algunos aspectos del proyecto Tecnología y Sociedad y en particular los elementos descritos de los dos cursos que hemos considerado en este artículo, elaboran sobre ese tema. En primera instancia tal proyecto ha sido concebido como un lugar para reunir a profesores interesados en el problema del cambio social y tecnológico, procedentes de diferentes facultades y departamentos dentro de la universidad. Se ha contado con profesores del Centro de Investigaciones de Desarrollo Regional (CIDER) así como de las facultades de artes y diseño y los departamentos de historia, antropología, ingeniería civil, mecánica, eléctrica, química y de sistemas. Igualmente, los profesores involucrados con cursos de diseño en entornos académicos específicos, pueden compartir con el grupo de profesores de dedicación exclusiva, experiencias y concepciones alrededor de la práctica de aula compartida. La preparación, la evaluación de desempeño, la evaluación de estos cursos, proveen muchas oportunidades para el aprendizaje mutuo y el enriquecimiento de los participantes, lo cual a su vez contribuye a la conformación de un tanque de pensamiento sobre tecnología y sociedad soportada por las actividades investigativas del grupo.

En última instancia, el programa Tecnología y Sociedad reconoce que el pensamiento crítico no es una capacidad que pueda ser adquirida una sola vez y para todos los casos, y por tal motivo apunta más bien a permitir una reflexión que cuestione y ponga en evidencia su pertinencia en el proceso de toma de decisiones tecnológicas. Ello depende de la disposición de información, y del emplazamiento de hábitos adecuados de objetividad y rigor académico en la misma medida que de la existencia de un contexto institucional que ofrezca verdaderas posibilidades creativas.

No menos importante, la emergencia del pensamiento crítico también se relaciona con la disposición de un contexto emocional capaz de soportar lazos vitales entre los problemas estudiados y la experiencia per-

sonal de los participantes. Por tal razón, se considera que la noción de construcción mutua –de la tecnología y la sociedad– describe bien una aproximación al análisis de la tecnología suficientemente amplio para permitir que el componente tecnológico global y la realidad sociocultural particular, se establezcan satisfactoriamente desde la óptica de los propósitos sociales compartidos.

## Conclusiones

El pensamiento crítico, entendido como el desarrollo y práctica de hábitos autónomos rigurosos y creativos de pensamiento, es una habilidad social asociada con la capacidad de separarse de las verdades establecidas, las historias institucionales y las prácticas de vida social preestablecidas. Bajo tal perspectiva, para el caso de los cursos que hemos presentado, el pensamiento crítico involucra la voluntad de preservar aquellas configuraciones sociales que valoramos más y el compromiso de cambiar aquellas en las cuales un juicio objetivo e informado revela relaciones inequitativas de poder y acceso a los beneficios como es actualmente el caso en muchas áreas.

Otros aspectos del pensamiento crítico, menos mencionados, a pesar de estar estrechamente relacionadas con decisiones metodológicas favorables al trabajo interdisciplinario, incluyen la capacidad para reconocer la pluralidad de visiones y verdades comprendidas en la construcción de nuestros proyectos tecnológicos. Esto incluye desenvolverse con criterios o métricas de desarrollo e ideologías conflictivas (Downey et al., 2004) en relación con los problemas planteados por los líderes políticos e intelectuales de la nación lo cual se hace evidente a lo largo de los ejercicios de simulación y las investigaciones históricas situadas que forman parte de nuestra metodología.

La participación de estudiantes de diversas disciplinas también es esencial para la identificación de controversias significativas para los estudiantes, y para la realización de debates participativos; adicionalmente, esta diversidad es también condición para la construcción de alternativas locales viables frente a los problemas que tenemos, y para poder desarrollar: una identidad nacional difusa, un marco institucional del estado frágil, una distribución inequitativa de la

riqueza y las oportunidades, una condición de marginalidad económica, pobreza, corrupción y la falta de voluntad hacia la competencia.

En el ámbito de los sistemas tecnológicos de acueducto, telecomunicaciones, transporte, que forman parte integral de nuestra propuesta, esos problemas incluyen la dificultad para bosquejar y adoptar políticas nacionales sobre la propiedad y la regulación de las redes y servicios, actitudes polarizadas hacia la globalización, y una definición tortuosa de propuestas para enfrentar la dependencia tecnológica de una manera realista y consensuada.

Aplicando un sano criterio de autocritica a las ideas expresadas en este artículo es necesario reconocer que aunque estamos confiados del potencial transformador de una actitud resuelta en favor del desarrollo de un pensamiento crítico, en el sentido que hemos

descrito tal competencia, para la formación de los futuros ingenieros colombianos, este proyecto se encuentra aun en un estado incipiente, y enfrenta serias dificultades para desenvolverse en un contexto institucional favorable a la especialización, cuyas propuestas curriculares todavía reflejan un sesgo favorable a la noción de tecnología como ciencia aplicada, enviando un mensaje permanente a los estudiantes en favor de una perspectiva neutral y ahistórica del problema tecnológico.

Para concluir, es importante enfatizar que el Grupo es consciente del estado incipiente del proyecto, y que la motivación principal para plantear estas reflexiones, es convocar la participación de otros profesores e instituciones interesados en el tema para fortalecer una red de docencia e investigación sobre el papel del pensamiento crítico en la formación de los jóvenes ingenieros colombianos

## Bibliografía

---

- ABET (American Bureau Of Engineering Education) (2009). Criteria for Accrediting Engineering Programs. Engineering Accreditation Commission Consultado el 29 de abril de 2009 en [http://www.abet.org/forms.shtml#For\\_Engineering\\_Programs\\_Only](http://www.abet.org/forms.shtml#For_Engineering_Programs_Only)
- Aldana y Reyes (2004) *Disolver Problemas. Criterio para formular proyectos sociales* Ed. Uniandes. Bogotá
- Callon, M. (1998). El proceso de construcción de la sociedad. El estudio de la tecnología como herramienta para el análisis sociológico. *Sociología simétrica. Ensayos sobre ciencia, tecnología y sociedad*. M. D. y. F. J. Tirado. Barcelona, España, Gedisa: 143-170.
- Cascante, M. (2007) *Promoción del pensamiento crítico en el curso dinámica de sistemas del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de los Andes*. Tesis no publicada. Maestría Ingeniería Industrial. Uniandes. Bogotá.
- De Certau Michel (1993, 1975) *La escritura de la historia*, Universidad Iberoamericana, México, México
- Downey, G Lucena, J. (2004) "Knowledge and Professional Identity in Engineering". *History and Technology* 2004 p. 393-420.
- Ducrot O, (1986) *Lo dicho y lo no dicho. Polifonía de la enunciación*. Paidós Barcelona
- Horkheimer M, Adorno T. (2006) *La dialéctica de la ilustración. Fragmentos filosóficos*. Editorial Trotta Barcelona
- Hughes T. (1983) *Networks of Power. Electrification in western Society. 1880-1930*. Baltimore. Johns Hopkins University Press(1983) (pp.140 -173) (p. 405)
- Frankenstein, M. (1998) "Reading the World with Maths: Goals for a Critical mathematical Literacy Curriculum. Consultado Octubre 2008 En <http://www.nottingham.ac.uk/csme/meas/papers/frankenstein.html>
- Freire, P (1970) *Pedagogía del oprimido*. Montevideo: Tierra Nueva, 1970.
- Jiménez, J.; Guerrero, J.; García, A. (2003) *Tecnología y Sociedad: el salón de clases como lugar de construcción de la sociedad* en Memorias de La dimensión social en las Facultades de Ingeniería. XXIII Reunión Nacional de Facultades de Ingeniería / Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería. Cartagena.
- Lleras, E. (1997) *Enfoque TESO de intervención organizacional en Estrategia, competitividad e informática*

- Compiladores GALVIS, A y ESPINOSA A. Ed. Uniandes. Bogotá
- Lleras, E. (2003) Las comunidades de aprendizaje como ámbitos de construcción de mundo. En: *Manual de Iniciación Pedagógica al Pensamiento Complejo*. UNESCO, Quito.
- Mejía, A. Orduz S. Peralta B. (S.F.) ¿Cómo formarnos para promover pensamiento crítico autónomo en el aula? Una propuesta de investigación acción apoyada por una herramienta conceptual. En *Revista Iberoamericana de Educación*. Bogotá. consultada en <http://www.rioei.org/deloslectores/1499Mejia.pdf>
- Paul R; Elder L. (2007) La mini-guía para el Pensamiento crítico. Conceptos y herramientas. Fundación para el Pensamiento Crítico. [www.criticalthinking.org](http://www.criticalthinking.org) (consultada abril 2007)
- Ulrich, W. (1989) *Critical Heuristics of Social Planning A New Approach to Practical Philosophy* [versión electrónica], Paul Houp, Bern Press, N.Y., 1989
- Valderrama, A.; Burbano, A.; Escobar, J. Y García, A. (2007) STS Problems in Colombia in Memories of the Annual Meeting of the Society for the Social Studies of Science, Canada. Montreal
- Van Dijk T, (1994) Estructura Discursiva y Cognición Social, Cali, Univalle. Escuela de ciencias del Lenguajes y literaturas. No 2 Año 2. Octubre 1994
- Wacquant, L. (2006) Pensamiento crítico y disolución de la Doxa. En *Revista Antípoda* No 02 Entrevista con Loic Wacquant, Tema: N° 2, (Ene-Jun 2006) Bogotá
- Woodak R, (2003) El enfoque histórico del discurso. En Woodak Ruth, 2003 *Comp. Métodos de análisis crítico del discurso*. Gedisa Barcelona España.
- Zarama, R; Mejia, A. (2004) La promoción del pensamiento crítico en ingeniería. En *Revista de ingeniería # 20*. Facultad de ingeniería, ed. Uniandes. Bogotá

## Sobre los autores

---

### Juan Arturo Camargo Uribe

Ingeniero Electrónico (Universidad Javeriana, Bogotá, 1986). MSc Robotics and Industrial Automation (Imperial College of Science Technology and Medicine, Londres 1991) Maestría en Historia (Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2008). Profesor Facultad de Ingeniería, Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia)  
[jucamarg@uniandes.edu.co](mailto:jucamarg@uniandes.edu.co)

### Antonio García Rozo

Ingeniero Electrónico (Pontificia Universidad Javeriana) Profesor Titular Facultad de Ingeniería. Universidad de los Andes, Bogotá (Colombia)  
[angarcia@uniandes.edu.co](mailto:angarcia@uniandes.edu.co)

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.