

# Tres esferas de acción del pensamiento crítico en ingeniería<sup>1</sup>

ANDRÉS MEJÍA D.

Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia

---

## Introducción: algunas limitaciones de la concepción actual del pensamiento crítico en ingeniería

Hay algunos eventos que nos permiten pensar que, desde hace algún tiempo, se ha activado de forma importante el interés por el desarrollo de pensamiento crítico en los estudiantes y en los practicantes de la ingeniería. Por ejemplo, dentro de los criterios de acreditación de programas utilizados por la Junta de Acreditación para Ingeniería y Tecnología en Estados Unidos (ABET por sus iniciales en inglés) el pensamiento crítico aparece como uno de ellos, al que se le ha dado un especial énfasis recientemente (ABET, 2003). Por su parte Richard Paul, un reconocido autor del movimiento de pensamiento crítico, ha publicado un texto –aunque breve– sobre el pensamiento crítico en ingeniería (Paul, Niewoehner y Elder, 2006). Adicionalmente, en la literatura se comienzan a encontrar, cada vez más, algunos esfuerzos por enmarcar este campo de interés (p.e. Mejía y Zarama, 2004), o por llevar a la práctica e investigar estrategias de promoción de este tipo de pensamiento (p.e. Sánchez, 1995; Dawood y Dericha, 1999; Beder, 2000; Nelson, 2001; Siller, 2001; Gunnink and Sanford Bernhardt, 2002; Fellows *et al.*, 2004; Cascante y Mejía, 2007). Al mismo tiempo, sin embargo, en ingenieros practicantes, en profesores de facultades de ingeniería, y en estudiantes de programas de ingeniería, todavía es común encontrar resistencia a esta idea del pensamiento crítico por considerarla algo inútil al asignársela exclusivamente a las ciencias sociales, a las ciencias especulativas, o a las ciencias “de opinión”. Esto implica posiblemente que los proyectos de promoción de pensamiento crítico en ingeniería, hoy en día, pueden contar con un razonable apoyo e interés de parte de profesores y directivos, aunque la resistencia hace que también siga siendo necesario poner en marcha más de un proceso de seducción, así como librar más de una batalla.

Una revisión de esta literatura muestra que, en general, estos esfuerzos han tendido a concentrarse en una concepción particular de lo que es pensamiento crítico, y por ende de lo que es un ingeniero crítico. Esta versión se puede identificar con una corriente algo más amplia llamada el “Movimiento de Pensamiento Crítico” (Siegel, 1988; Paul, 1993; Ennis, 1995; Fisher, 2001). Una definición comúnmente aceptada dentro de esta corriente para pensamiento crítico consiste en ser “un pensamiento razonable y reflexivo que se enfoca en decidir qué creer o cómo actuar” (Norris y Ennis, 1989, p. 1, traducción del autor), y se operacionaliza en

---

<sup>1</sup> Este artículo está basado en una ponencia magistral, sin publicar, presentada en el Primer Congreso Científico Técnico de Ingeniería - CICTI 2007, realizado en Maracaibo, Venezuela.

términos de *habilidades* y *disposiciones* transversales. A manera de ilustración, algunas de estas habilidades son: enfocarse en una pregunta; analizar argumentos; juzgar la credibilidad de una fuente; juzgar inducciones; juzgar deducciones; e identificar supuestos. Notemos que la formulación de estas habilidades proviene, fundamentalmente, de teorías de la argumentación, principalmente a partir de la lógica informal. Algunas de las disposiciones relacionadas son: buscar razones; tener en cuenta toda la situación; ser de mente abierta; y buscar precisión (Norris y Ennis, 1989, pp. 12 y 14). Todas estas habilidades y disposiciones serían aplicables en cualquier contexto así como en cualquier disciplina del conocimiento, lo cual puede, en cierta medida, considerarse como una fortaleza. Si un estudiante las adquiere, independientemente del contexto o la disciplina en las cuales las desarrolló, entonces podrá ser crítico en cualquier otro contexto o disciplina. Esta concepción ha llevado a algunas universidades, entre otras cosas, a establecer cursos sobre pensamiento crítico como la estrategia adoptada para promover este tipo de pensamiento en sus estudiantes.

Este asunto no ha dejado de ser, no obstante, una fuente de polémica. Autores como McPeck (1994) han sugerido que cada disciplina de conocimiento tiene su propia lógica y su propia epistemología, y que por lo tanto las habilidades y disposiciones de pensamiento crítico adquiridas en una de ellas no serán necesariamente transferibles a otras. Adicionalmente, en trabajos anteriores he argumentado que existen barreras insalvables tanto a nivel de conocimiento como a nivel emocional, las cuales tienen como implicación que el pensamiento crítico no pueda ser una característica general de una persona, y que sea mejor entenderlo como una característica de una persona, *en un contexto, y acerca de aspectos particulares del conocimiento* (Mejía, 2001 y 2005). Esta dependencia del tipo de conocimiento, y por lo tanto de la disciplina, hace que sea pertinente revisar qué es lo particular de la ingeniería que nos permita entender con detalle en qué consiste ser un ingeniero crítico, y de ahí también diseñar y evaluar la promoción de pensamiento crítico en la educación de la ingeniería.

En el siguiente capítulo examinaré la disciplina de la ingeniería como una actividad que utiliza unas herramientas. Esto me permitirá enunciar tres esferas de acción acerca de las cuales podría y debería producirse desarrollo de pensamiento crítico. Argumentaré, adicionalmente, que los enfoques actuales de pensamiento crítico en ingeniería corren el peligro de cubrir solamente uno de ellos, o como máximo dos. En las secciones siguientes profundizaré e ilustraré el pensamiento crítico en cada una de estas esferas.

## 1. Lo particular del pensamiento crítico en ingeniería

El modo en el que se manifiesta el pensamiento crítico en la ingeniería depende, por supuesto, de cómo la concebimos. El Consejo de Ingenieros para el Desarrollo Profesional (ECPD por sus iniciales en inglés), en Estados Unidos, definió ingeniería como “la aplicación creativa de principios científicos para diseñar o desarrollar estructuras, máquinas, aparatos, procesos de manufactura, o trabajos, utilizándolos individualmente o en combinación; o para construir u operar los mismos con conocimiento pleno de su diseño; o para predecir su comportamiento bajo condiciones específicas de funcionamiento; todo esto en cuanto a su función pretendida, la economía de la operación y la seguridad para la vida y la propiedad” (ECPD, 1941, p. 456, traducción del autor). De esta definición quisiera resaltar que aparece como elemento central de lo que es la ingeniería, su asociación con la ciencia –que aquí se entiende como las ciencias naturales–. Más recientemente, esta misma organización (ahora renombrada como ABET) ha reformulado su definición de la siguiente manera: “Ingeniería es la profesión en la cual el conocimiento de las ciencias

naturales y matemáticas, obtenido mediante el estudio, la experiencia y la práctica, es aplicado junto con el juicio para desarrollar formas de utilizar, de forma económica, los materiales y las fuerzas de la naturaleza para el beneficio de la humanidad” (ABET, 1994, p. 61, traducción del autor). Como se puede ver, la asociación con las ciencias naturales permanece en esta definición, pero se le ha agregado también una nueva con las matemáticas. Esta doble asociación vista como un elemento central para la definición de la ingeniería no es rara; más aún, podríamos decir que es generalizada (p.e. University of Utah College of Engineering, s.f.). En la educación de la ingeniería esto se manifiesta de múltiples maneras, de las cuales la más visible es, posiblemente, la presencia extensiva en los currículos de cursos, tanto básicos como especializados, sobre diferentes ramas de las matemáticas, la física, la química, y en menor grado la biología.

Por otro lado, como lo mencionan las definiciones enunciadas, la aplicación de ciencias naturales y matemáticas en la ingeniería se realiza para tener un impacto en las personas, las sociedades, e incluso la humanidad. Esto implica que la disciplina de la ingeniería, efectivamente, y a diferencia de lo que podría ser una aproximación purista de las ciencias naturales, se centra en la *intervención de sistemas sociales*. Esta implicación se oscurece, y por lo tanto puede pasar desapercibida, por el hecho de que las definiciones de ingeniería, en general, ponen énfasis en su relación con las ciencias naturales. La referencia a su impacto en la sociedad es una declaración de propósitos últimos, pero por esa misma razón corre el riesgo de ser tomada –como creo que efectivamente en muchos casos lo es– como una formalidad que es necesario que aparezca en cualquier declaración como ésta, pero a la que no se le presta mayor atención en la práctica. Hay razones para suponer que este riesgo es real, y una manifestación de esto se puede encontrar en una gran cantidad de programas académicos, en la ausencia de contenidos y objetivos educativos relacionados con los sistemas sociales o, en muchos casos, en la presencia de dichos contenidos pero sin ninguna articulación con los contenidos y objetivos considerados “reales” de la ingeniería.

Entendiendo a la ingeniería en términos de la aplicación de herramientas en un sentido amplio, que tienen su origen en gran parte en las ciencias naturales y en las matemáticas, en lo que sigue presentaré y explicaré tres esferas de acción del pensamiento crítico, con relación a las herramientas de la ingeniería. Con ello pretendo mostrar qué de particular tiene la ingeniería que hace que debemos especializar nuestros objetivos y estrategias con respecto a la promoción de pensamiento crítico. Las dos primeras esferas de acción están basadas en las herramientas en sí mismas y, por lo tanto, más cercanamente en las ciencias naturales y en las matemáticas. La tercera interrelaciona el conocimiento de lo natural y de lo matemático con el conocimiento de lo social. Estas esferas corresponden a:

- 1) El uso inteligente de las herramientas de la ingeniería.
- 2) La contrastación entre diferentes herramientas de la ingeniería.
- 3) El entendimiento de los proyectos de ingeniería como intervenciones en sistemas sociales.

## 2. Primera esfera: aprendiendo a utilizar inteligentemente herramientas de ingeniería

Dado que el objeto de la ingeniería no es el conocimiento como conocimiento puro, se puede decir que ella utiliza diversas ramas de las ciencias naturales y de las matemáticas *como herramientas*. Las teorías de la mecánica de sólidos, de la termodinámica, de la biología molecular, de la estadística, de la optimización, etc., son fundamentalmente utilizadas para responder preguntas del tipo “¿qué pasaría si...?” Mediante estas preguntas se intenta anticipar cuáles serán los posibles efectos de la implementación de diseños de ingeniería. Tanto la formulación de estas preguntas, como la construcción de respuestas a ellas, se nutren en gran parte, aunque no exclusivamente, de dichas teorías. Es en este sentido que hablamos del conocimiento científico y matemático como herramienta.

Ahora, como lo menciona la definición de ABET, este uso de herramientas no es solamente el resultado de procesos sistemáticos, como podría ser el seguimiento de algoritmos, sino que debe utilizar el juicio informado. Por esta razón, posiblemente, algunos sugieren que la ingeniería es a la vez una ciencia y un arte (ver, p.e., University of Utah College of Engineering, s.f.). Este punto es importante, por cuanto es contrario a una idea común de que la ingeniería, por estar basada en las, así llamadas, ciencias exactas, no está sujeta a opiniones ni al uso del juicio y, por lo tanto, ni su aprendizaje ni su práctica son susceptibles de ser objeto de pensamiento crítico. No me detendré a argumentar en contra de esta idea, limitándome a sugerir que las tareas de diseño, que son tan propias de la ingeniería, requieren de creatividad, de manejo de incertidumbre y, por lo tanto, de consideración de alternativas sin ayuda de algoritmos de solución comprensivos que puedan evitar al ingeniero tener que juzgar por sí mismo. Partiendo de la base de que la ingeniería sí requiere del juicio, es entonces importante distinguir entre los usos de sus herramientas que son más y los que son menos inteligentes y reflexivos. Y sobre estas formas de uso aparece inicialmente una primera esfera de acción del pensamiento crítico en ingeniería: la aplicación inteligente de una herramienta. Un ingeniero crítico en este sentido puede usar una herramienta apropiadamente, contrastando sus supuestos técnicos –supuestos sobre los cuales se basan deducciones teóricas de la herramienta– con las características de la situación o del problema en el que la va a utilizar, y eligiendo o adaptando las herramientas a la situación problema que esté enfrentando. Un ingeniero industrial que utiliza estadística en control de la calidad en procesos de manufactura, podría, por ejemplo, tener que decidir cómo formular hipótesis nulas y alternas pertinentes, o cómo tomar muestras de productos de forma apropiada, dependiendo de los procesos y productos involucrados. Y éste no es un proceso sistemático que pueda automatizarse mediante un algoritmo: el ingeniero, para ello, debe utilizar su juicio de un modo consistente con la definición de Ennis de pensamiento crítico mencionada arriba: razonable y reflexivamente.

### 3. Segunda esfera: contrastando diferentes herramientas de ingeniería

Notemos que la primera esfera de acción del pensamiento crítico está limitada por las herramientas en sí mismas. Es decir, mientras que en ella se propende por un uso inteligente de las herramientas, al mismo tiempo parte de un presupuesto sobre la pertinencia y sobre lo apropiado de la herramienta, sin preguntarse por los supuestos, limitaciones y fortalezas de la misma. De esta observación se desprende una segunda esfera de acción para el pensamiento crítico en la ingeniería en la cual una herramienta de ingeniería se puede ver de manera más integral en contraste con otras herramientas alternativas. Si la primera esfera permite la reflexión enmarcada en una herramienta, la segunda se sale de ese marco para considerar la pertinencia y lo apropiado de la herramienta misma en comparación con otras herramientas

posibles. De todos modos es importante aclarar que la distinción entre estas dos esferas, aunque útil, no es tajante, y en muchos casos la segunda puede verse como una simple extensión de la primera. La delimitación misma de "herramienta" se puede hacer de múltiples maneras, de tal forma que en cualquier caso particular puede ser discutible si se ha pasado de la primera a la segunda esfera, o si se permanece en la primera. Por ejemplo, un tipo de modelo estadístico (p.e. la regresión lineal multivariada) puede considerarse como una herramienta diferente de otro tipo de modelo estadístico (p.e. un análisis discriminante) para enfrentar una misma situación problema. Pero, al mismo tiempo, las herramientas basadas en simulación a partir de la dilucidación de mecanismos causales (p.e. en la dinámica de sistemas) pueden considerarse como una herramienta alternativa frente a la estadística y a la econometría. De esta manera, una ingeniería crítica reconocería posibilidades y limitaciones técnicas de los diferentes modelos estadísticos, así como de la estadística como una herramienta en un nivel más general, contrastándola con otras alternativas. La importancia de hacer esta distinción no se basa en su unicidad como criterio de clasificación, ya que ni siquiera es único, sino más bien en su poder heurístico para ayudarnos a reconocer la posibilidad no deseable de quedarnos *atrapados* en una herramienta.

Aunque la siguiente afirmación posiblemente requiere de investigación para poder enunciarla con certeza, se podría decir que, en gran parte, los enfoques de pensamiento crítico más usados actualmente en la educación en ingeniería promueven, exclusivamente, pensamiento crítico en la primera o como máximo en las dos esferas de acción que acabo de formular. En parte, esto puede estar relacionado con el hecho de que los enfoques dominantes de pensamiento crítico toman como objeto de estudio argumentos o posiciones y, de esta manera, se han concentrado, principalmente, en estudiar *lo que se dice* explícitamente, descuidando *lo que no se dice* (Duhan Kaplan, 1994). Y lo que se dice explícitamente en un salón de clases en ingeniería usualmente tiene que ver con las herramientas que se aprenden, en sí mismas, como teorías (provenientes de las ciencias naturales y de las matemáticas). Pero lo que no se dice en ingeniería puede ser igual o más importante, ya que, como lo explicaré a continuación, es lo que nos lleva a entender las concepciones e ideologías que se encuentran detrás de cualquier diseño o aplicación, y que conforman sus supuestos, implicaciones y límites con respecto a los sistemas sociales sobre los cuales se interviene. Y es aquí, en una dimensión fundamentalmente social, donde aparece una tercera esfera de acción para el pensamiento crítico de la ingeniería.

#### 4. Tercera esfera: entendiendo los proyectos de ingeniería como intervenciones en sistemas sociales

Un punto de partida es el reconocimiento de que las dos primeras esferas conciernen principalmente a una dimensión instrumental. Es decir, en estas dos primeras esferas la función principal de la ingeniería se entiende como la de decidir cuáles medios son mejores para cumplir con algún fin determinado, e implementarlos. El problema de adoptar una aproximación puramente estratégica consiste en que se corre el riesgo de caer en lo que se podría caracterizar como un *sentido mercenario* de la ingeniería; es decir, aquél desde el cual los ingenieros utilizan inteligentemente –o tal vez astutamente– su juicio para tomar las mejores decisiones de diseño de sistemas para lograr un fin que es contratado por el mejor postor, y sin preguntarse por el fin en sí mismo. El fin podría ser definido por otros, que tienen el poder para contratar sus servicios. Esto no significa que la implementación de los enfoques actuales más en boga de pensamiento crítico en ingeniería necesariamente vayan a producir este tipo de egresados; más bien

significa que estos enfoques no se constituyen en un antídoto para que esto ocurra, porque su noción de pensamiento crítico es limitada en este sentido. (Ver, en un contexto más general de educación, las discusiones de Duhan Kaplan, 1994, y Giroux, 1994. También ver la discusión sobre diseños de sistemas sociales de Ulrich, 1983 y 2000).

El problema de que los egresados de ingeniería adopten un sentido mercenario se ha enfrentado desde el punto de vista de la ética, especialmente en algunos casos a partir del desarrollo de cursos en los cuales se trabajan algunos problemas y códigos éticos del ingeniero. El problema de los fines y los medios en ingeniería es un problema ético, por supuesto, pero formularlo de esta manera puede ocultar el hecho de que no basta con que un ingeniero sea de "buen corazón" para que pueda identificar apropiadamente los supuestos, implicaciones y límites éticos y políticos de cualquier aplicación de herramientas de la ingeniería. Esto requiere de conocimientos sobre los sistemas en los que se interviene, así como sobre las diferentes formas de pensar que se han formado en torno a dichos sistemas. Beder lo plantea de la siguiente manera, en particular acerca de la conciencia ambiental (1996, p. 39):

Asegurarse de que los egresados de ingeniería lidian con la sostenibilidad en su trabajo, requiere más que solamente enseñarles a evaluar el impacto de sus actividades en el medio ambiente y a instalar mecanismos de control de contaminación. Los egresados de ingeniería necesitarán entender los factores que inhiben la implementación de tecnologías verdes limpias así como sus propios roles y responsabilidades como ingenieros en el desarrollo de tecnologías.

Es la corriente conocida como Pedagogía Crítica o Pedagogía Radical, más que el Movimiento de Pensamiento Crítico (mencionado arriba como el enfoque dominante en la actualidad), la que ha desarrollado más específicamente una noción crítica del conocimiento en relación a los sistemas sociales, en la que éste cumple una función centralmente política (Freire, 1970; Darder, Baltodano y Torres, 2003). Para entender la función política del conocimiento de la ingeniería, aprovecharé el esquema de objetivos de aprendizaje que Marilyn Frankenstein (1998) ha propuesto con relación a las matemáticas, sobre cuatro dominios de conocimiento: 1) las matemáticas; 2) las matemáticas de lo político; 3) lo político de las matemáticas, y 4) lo político del conocimiento en general. De esta manera, ella pretende que sus estudiantes aprendan los conceptos matemáticos (primer objetivo), que aprendan que el conocimiento matemático puede ser utilizado para comprender o intervenir mejor en la realidad de lo social y de lo político (segundo objetivo), y que aprendan a identificar cómo las matemáticas y el conocimiento en general pueden ser utilizados para servir intereses particulares en el mundo de lo social y de lo político (tercer y cuarto objetivos). El pensamiento crítico aparece aquí en los tres últimos dominios en los cuales Frankenstein definió sus objetivos: en el segundo se refiere a la crítica de la realidad *desde* las matemáticas, mientras que en el tercero y el cuarto se trata de la crítica *sobre* las herramientas matemáticas y sus aplicaciones. Transfiriendo este esquema a la ingeniería, puede decirse que un ingeniero crítico, en esta tercera esfera de acción, por un lado identifica tanto clientes, propósitos, supuestos normativos y concepciones generales que se manifiestan en diferentes diseños de ingeniería, como aquellos que *no* se manifiestan allí y que por lo tanto han sido excluidos. Es decir, se pregunta quiénes se benefician de una aplicación de herramientas de la ingeniería y quiénes no, en qué sentidos sí y en qué sentidos no, y cuáles son las perspectivas que se encuentran en juego en esas decisiones. Adicionalmente, cuando sea aplicable, el ingeniero crítico utiliza las herramientas de la ingeniería para comprender mejor la realidad social y política.

Para ser consistentes con lo anterior una educación crítica en ingeniería en esta tercera esfera debe, necesariamente, adoptar de forma explícita, dentro de sus objetivos de aprendizaje, los relacionados con la promoción del conocimiento de los sistemas sociales sobre los cuales se hace o hará intervención, de los actores involucrados, de sus intereses y propósitos, de las maneras en las que el conocimiento se ha utilizado para legitimar o deslegitimar esos intereses o propósitos, de las formas de poder que rodean a cualquier implementación de diseños de ingeniería, y de las concepciones e ideologías que entran en ellos, tanto en la definición de fines como en la especificación de medios. Este conocimiento no es trivial, ni se deduce con sólo preguntárselo. Se necesita que los estudiantes lo construyan. Y éste puede ser un rol fundamental de los estudios de humanidades y ciencias sociales dentro de los programas de ingeniería. Pero, por supuesto, ese rol sólo podría ser cumplido cabalmente si, además de estar presentes dichos estudios, se articularan con los estudios de matemáticas y ciencias naturales dentro de los programas de ingeniería. Y esto no va a ocurrir sin el trabajo en proyectos y trabajos académicos que, en cierta medida, fueren a estudiantes y profesores a utilizar todos estos conocimientos de forma conjunta.

## 5. Consideraciones finales

En este artículo he argumentado porqué considero que los enfoques dominantes de pensamiento crítico en ingeniería son limitados; y he mencionado también algunas posibles implicaciones de adoptarlos. Para suplir esta falencia de dichos enfoques, he propuesto un esquema que, además de las habilidades y disposiciones transversales, sugiere el trabajo sobre el pensamiento crítico en tres esferas de acción: el uso inteligente de las herramientas de la ingeniería, la contrastación entre diferentes herramientas de la ingeniería, y el entendimiento de los proyectos de ingeniería como intervenciones en sistemas sociales. La dificultad, con la idea de habilidades y disposiciones transversales como únicos objetivos de pensamiento crítico, se hace más notoria en el hecho de que personas que pueden ser muy críticas en la primera o en las dos primeras esferas de acción, pueden no serlo en la tercera. Más aún, es muy probable que ése sea el caso de muchos de los más hábiles practicantes y educadores de la ingeniería en la actualidad. Pero es precisamente esta tercera esfera de pensamiento crítico la que le brinda sentido a la ingeniería y a sus aplicaciones, precisamente porque es capaz de buscar y preguntarse por ese sentido.

## Bibliografía

- ABET (1994): "Curricular Objectives". En: *ABET 1993-94 Accreditation Yearbook*.
- (2003): "Criteria for Accrediting Engineering Programs". Disponible en: [http://www.abet.org/images/Criteria/E001\\_04-05\\_EAC\\_Criteria\\_11-20-03.pdf](http://www.abet.org/images/Criteria/E001_04-05_EAC_Criteria_11-20-03.pdf) [09-2007].
- ACCREDITATION BOARD FOR ENGINEERING AND TECHNOLOGY. *Curricular Objectives*, para IV.C.2. of "ABET 1993-94 Accreditation Yearbook", p. 61.
- BEDER, S. (1996): "Toward an environmentally conscious engineering graduate". En: *Australasian Journal of Engineering Education*, vol. 7, n.º 1, pp. 39-45.
- BEDER, S. (2000): "Valuable skills learned from "basket-weaving". En: *Engineers Australia*, marzo, p. 46.
- CASCANTE, M., y MEJÍA, A. (2007): "Hacia una dinámica de sistemas crítica: Un marco conceptual para investigación y una ilustración en educación". Ponencia presentada en el 5º congreso anual del *Capítulo Latinoamericano de la Sociedad de Dinámica de Sistemas*, Buenos Aires, noviembre de 2007. Disponible en: [http://www.prof.uniandes.edu.co/~jmejia/PDF/DS\\_crítica.pdf](http://www.prof.uniandes.edu.co/~jmejia/PDF/DS_crítica.pdf).

- COYLE, G. (2000): "Qualitative and quantitative modelling in system dynamics: Some research questions". En: *System Dynamics Review*, vol. 16, n.º 3, pp. 225-244.
- DAWOOD, A., y DERICHE, M. (1999): "Riding the wave of new strategies in engineering education". En: *Memorias del Fifth International Symposium on Signal Processing and Its Applications (ISSPA)*.
- DARDER, A.; BALTODANO, M., y TORRES, R. (2003): "Critical pedagogy: An introduction". En: *The critical pedagogy reader*. Nueva York: Routledge.
- DUHAN KAPLAN, L. (1994): "Teaching intellectual autonomy: The failure of the critical thinking movement". En: WALTERS K. (ed.): *Re-thinking reason: New perspectives in critical thinking*. Albany: State University of New York, pp. 205-219.
- ECPD (1941): "The Engineers' Council for Professional Development". En: *Science*, vol. 94, n.º 2446, p. 456.
- ENNIS, R. (1995): *Critical thinking*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- FELLOWS, S. B.; MCGRANN, R. T. R., y LAFERTY, M. (2004): "Collaborative partnerships: writing in the engineering classroom (using undergraduate course assistants from the English department to improve writing skills in science and engineering students)". En: *Memorias de la 34ª Frontiers in Education Conference*.
- FISHER, A. (2001): *Critical thinking: An introduction*. Cambridge: Cambridge University.
- FORRESTER, J. (1961): *Industrial dynamics*. Cambridge: MIT Press.
- FRANKENSTEIN, M. (1998): "Reading the world with maths: Goals for a criticalmathematical literacy curriculum". Disponible en: <http://www.nottingham.ac.uk/csme/meas/papers/frankenstein.html> [09-2007].
- FREIRE, P. (1970): *Pedagogía del oprimido*. México: Siglo XXI.
- GIROUX, H. (1994): "Toward a pedagogy of critical thinking". En: WALTERS, K. (ed.): *Re-thinking reason: New perspectives in critical thinking*. Albany: State University of New York, pp. 199-204.
- GUNNINK, B., y SANFORD BERNHARDT, K. (2002): "Writing, critical thinking, and engineering curricula". En: *Memorias de la 32ª Frontiers in Education Conference*.
- JACKSON, M. (2000): *Systems approaches to management*. Nueva York: Kluwer.
- MCPECK, J. (1994): "Critical thinking and the "trivial pursuit" theory of knowledge". En: WALTERS, K. (ed.): *Re-thinking reason: New perspectives in critical thinking*. Albany: State University of New York, pp. 101-117.
- MEJÍA, A. (2001): "Reconstruction in criticality: A discussion on questions, assumptions, and interpretation". En: *Inquiry: Critical Thinking Across the Disciplines*, vol. XXI, n.º 1, pp. 17-31.
- (2005): "Some philosophical issues concerning the promotion of critical thinking in education". En: *Memorias de la Annual Conference of the Philosophy of Education Society of Great Britain (PESGB)*.
- MEJÍA, A.; DÍAZ, F.; DÍAZ, G., y OLAYA, C. (2007): "Ser directo puede traerte problemas, pero ser indirecto también: Las realimentaciones en dinámica de sistemas cualitativa y cuantitativa". Artículo aceptado para el *Congreso Latinoamericano de Dinámica de Sistemas*.
- MEJÍA, A., y MOLINA, A. (2007): "Are we promoting critical autonomous thinking? Observing conversational genres can help us answer that question – but not too much". En: *Cambridge Journal of Education*, vol. 37, n.º 3, pp. 409-424.
- MEJÍA, A.; ORDUZ, M., y PERALTA, B. (2006): "¿Cómo formarnos para promover pensamiento crítico autónomo en el aula? Una propuesta de investigación acción apoyada por una herramienta conceptual [versión electrónica]". En: *Revista iberoamericana de educación*, vol. 39, n.º 6.
- MEJÍA, A., y ZARAMA, R. (2004): "La promoción de pensamiento crítico en ingeniería". En: *Revista de Ingeniería*, n.º 20, pp. 88-102.
- NELSON, S. (2001): "Impact of technology on individuals and society: a criticalthinking and lifelong learning class for engineering students". En: *Memorias de la 3ª Frontiers in Education Conference*.
- NORRIS, S., y ENNIS, R. (1989): *Evaluating critical thinking*. Pacific Grove: Midwest.
- PAUL, R. (1993): *Critical thinking: What every person needs to survive in a rapidly changing world*. The Foundation for Critical Thinking.
- PAUL, R.; NIEWOEHNER, R., y ELDER, L. (2006): *Engineering reasoning*. The Foundation for Critical Thinking.

- SÁNCHEZ, L. (1995): "Critical thinking and design: Evolution of a freshman engineering graphics course". En: *New Directions for Teaching and Learning*, n.º 61, pp. 67-76.
- SIEGEL, H. (1988): *Educating reason: Rationality, critical thinking and education*. Londres: Routledge.
- SILLER, T. (2001): "Sustainability and critical thinking in civil engineering curriculum". En: *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, vol. 127, n.º 3, pp. 104-108.
- SKOVSMOSE, O. (1999): *Hacia una filosofía de la educación matemática crítica*. Bogotá: Uniandes.
- STERMAN, J. (2000): *Business dynamics. Systems thinking and modeling for a complex world*. Boston: McGraw-Hill.
- ULRICH, W. (1983): *Critical heuristics of social planning: A new approach to practical philosophy*. Chichester: Wiley.
- (2000): "Reflective practice in the civil society: The contribution of critically systemic thinking". En: *Reflective Practice*, vol. 1, n.º 2, pp. 247-268.
- UNIVERSITY OF UTAH COLLEGE OF ENGINEERING (s.f.): "What is engineering?" Disponible en: <http://www.coe.utah.edu/k12/What> [09-2007].
- YOUNG, R. (1992): *Critical theory and classroom talk*. Clevedon: Multilingual Matters.