

**Giuliano, Héctor Gustavo**

*Un modelo analítico para una educación en  
ingeniería contextualizada*

**Ponencia presentada en: I Congreso Latinoamericano de Ingeniería, 2017  
Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina**

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Giuliano, HG. Un modelo analítico para una educación en ingeniería contextualizada [en línea]. I Congreso Latinoamericano de Ingeniería, 2017. Consejo Federal de Decanos de Ingeniería de la República Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/investigacion/modelo-analitico-educacion-ingenieria.pdf> [Fecha de consulta: ....]

# Un modelo analítico para una educación en ingeniería contextualizada

Giuliano, Héctor Gustavo

Pontificia Universidad Católica Argentina, [gustavo\\_giuliano@uca.edu.ar](mailto:gustavo_giuliano@uca.edu.ar)

**Resumen**— En este trabajo se describe una propuesta analítica, denominada “modelo de barrilete”, que busca fundamentar la necesidad de propender a una formación en ingeniería contextualizada. Se cree que tal formación es necesaria para mediar, de manera no trivial, la gran capacidad técnica de la ingeniería relacionándola con los entornos culturales y naturales en el marco de la sustentabilidad ampliada propuesta por la Organización de las Naciones Unidas. Se detallan los objetivos que componen cada nodo del modelo en base a desarrollos actuales provenientes de la filosofía de la tecnología y la epistemología de la ingeniería. Se concluye que la incorporación en la formación de ingenieros de una pregunta contextual es de especial relevancia para afrontar responsablemente los grandes desafíos del presente de cara al futuro.

**Palabras clave**— epistemología de la ingeniería, filosofía de la tecnología, enseñanza de la ingeniería, educación tecnológica, integración del saber.

## I. INTRODUCCIÓN

Los saberes y capacidades de la ingeniería y la conformación de las prácticas e imaginarios sociales ocupa un lugar de importancia en la formación actual de ingenieros e ingenieras. El grado alcanzado del poder de intervención técnica sobre el mundo que ha brindado un creciente bienestar pero que también ha generado amenazas sociales, culturales y medioambientales, así lo ameritan. La problemática a trabajar es compleja y el camino a recorrer presenta dificultades tanto conceptuales como didácticas, sobre la base de que existen marcos teóricos dispares y de que éstos están a su vez alejados de los propios de las ciencias exactas y fácticas con las que los alumnos se encuentran más habituados a convivir.

Formará parte ineludible de una formación contextualizada conocer y discutir los aportes de la sociología, la filosofía y la historia de la ciencia y la tecnología. Es a través de estos saberes que es dable alcanzar al menos un primer acercamiento a las ciencias sociales y humanas que permita aprehender, o al menos vislumbrar, las complejidades subyacentes en la interpretación del fenómeno tecnológico y su simbiótica relación con el contexto cultural y natural sobre el que los futuros ingenieros actuarán profesionalmente.

Lograr que los alumnos adquieran conciencia crítica de la gran responsabilidad que confiere las capacidades de la ingeniería es un punto de mayor relevancia para desenvolverse en el mundo de hoy que reclama por la solución de múltiples problemas. En concordancia con las recomendaciones para el desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas es momento de perseguir como horizonte formativo la triple frontera de contribuir a lograr un mundo ecológicamente habitable, económicamente viable y socialmente igualitario.

Para que la ingeniería pueda aportar a alcanzar estas metas, se sugiere aquí que es necesario contar con un modelo epistemológico que de cuenta de la estructura del conocimiento que subyace en la ingeniería. Las visiones clásicas que consideran a la tecnología como “ciencia aplicada” han quedado obsoletas. Como señala Joseph Pitt, del Virginia Tech, los estudios de historia de la técnica que vienen desarrollándose desde mediados del siglo XX permiten hacer emerger una complejidad imposible de ser abarcada por una demarcación que ha quedado estrecha [1]. Es en este sentido que se propone en este artículo presentar una estructura analítica posible que se ha dado en denominar “modelo de barrilete”. De manera literal porque sigue un esquema topológico de cuatro nodos interconectados –como se observa en la Figura 1–, pero también de modo figurado en tanto que la imagen permite preguntarse sobre el poder efectivo de control de quienes sostienen el hilo del progreso tecnológico.

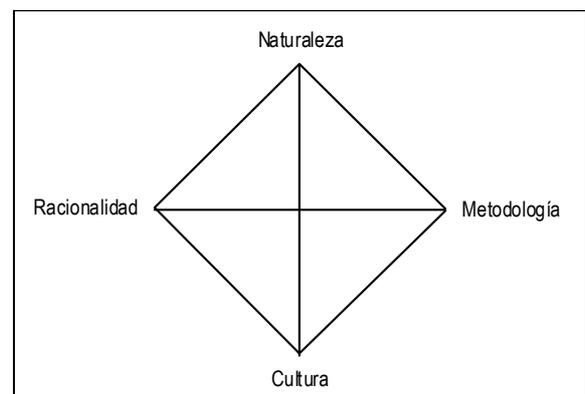


Fig. 1: el “modelo de barrilete” permite manifestar las relaciones de tensión presentes en el diseño tecnológico.

## II. DESARROLLO

Como se ha señalado, el “modelo de barrilete” responde a un esquema topológico de cuatro nodos interconectados. Éstos son conformados por dos ejes –diagonales del rombo– que se encuentran en permanente tensión: por un lado el eje definido por la racionalidad y la metodología ingenieriles, y por el otro, el eje delimitado por la naturaleza y la cultura humanística.

Lo que intenta sugerir el modelo es que la racionalidad ingenieril, orientada a la resolución de problemas de forma eficiente, presiona a la naturaleza mientras que es interpelada por las prioridades culturales –incluyendo las tendencias políticas y económicas– encargadas de definir qué cuenta y qué no cuenta como problema. Por su parte, la cultura se ve a la vez transformada por la siempre cambiante estructura material produciendo corrimientos no previstos en las escalas de valores que generan

inestabilidades sociales. A todo esto, la metodología empleada por la ingeniería encuentra limitaciones, tanto de índole práctica como conceptual, para poder dar cuenta de todas estas relaciones en forma simultánea [2].

Se presentan a continuación los objetivos mínimos que deben perseguirse en cada uno de estos nodos como una primera aproximación conceptual a una epistemología de la tecnología que no adolezca de reduccionismos.

### **Primera temática: la racionalidad**

Su objetivo es abordar la cuestión de la racionalidad que subyace en el saber ingenieril como actividad especialmente orientada a la “resolución de problemas” – transformando la realidad por vía técnica– y mostrar que esta racionalidad es diferente de la científica.

Una contribución central en esta dirección la dan los conceptos asociados de *heurística* y *estado del arte* propuestos por Billy Vaughn Koen, profesor emérito de ingeniería mecánica de la Texas University [3]. A diferencia de la ciencia que debe regirse por una metodología estricta, la ingeniería hace uso de heurísticas, entendiendo a éstas como “cualquier cosa que brinde una ayuda plausible para alcanzar o marchar en la dirección de la solución del problema”. Una heurística debe responder a la pregunta pragmática ¿funciona o es útil en un contexto específico? y nunca pierden validez, aunque sí pueden caer en desuso. El conjunto de heurísticas disponibles en un tiempo específico definen el estado del arte, el cual evoluciona con el tiempo y conforma los lentes con los que los ingenieros miran y actúan sobre el mundo.

Otro aspecto de relevancia para demostrar la diferencia entre ciencia y tecnología se apoya en las características subjetivas presentes en el indicador de eficiencia. En este sentido León Olivé, epistemólogo de la Universidad Autónoma de México, presenta algunos cuestionamientos que permiten observar la relación de tensión expresada por el “modelo de barrilete” [4]. Olivé indica que la definición del conjunto de objetivos que persigue un diseño no es independiente del estado del arte de la ingeniería –que delimita el horizonte de lo posible– y que la ponderación del conjunto de resultados finalmente alcanzados no es ajena a las concepciones antropológicas e ideológicas que definen nuestro lugar en el mundo y la naturaleza. De este modo el indicador de eficiencia –que pondera la relación entre los objetivos y los resultados logrados– involucra necesariamente tanto aspectos técnicos como culturales dejando de ser un operador neutral calculado solo sobre bases científicas.

Finalmente es destacable el concepto de restricción propuesto ya en el clásico estudio de Edward Krick sobre el diseño en ingeniería, el que muestra la importancia que ocupa, a la hora de afrontar la solución de un problema, el “estilo” conformado por las concepciones subjetivas del diseñador, característica cultural que aleja como desahogada la imagen mítica del ingeniero como un agente científico objetivo [5].

### **Segunda temática: la metodología**

Su objetivo es poner de manifiesto la metodología que se emplea en la confección de un nuevo diseño y mostrar que ella no es patrimonio exclusivo de los ingenieros, sino que existe una imbricada relación que vincula el saber técnico

tanto con el entorno cercano de la empresa, como con el más lejano de la sociedad.

Uno de los principales aportes analíticos en esta línea es el “principio de la indeterminación de la relación entre forma y función” cuya formalización ha sido desarrollada por Peter Kroes de la DELF University of Technology de Holanda. Según esta visión, por un lado los artefactos son objetos con una estructura física definida, y por el otro, son objetos portadores de una función dentro de un contexto humano de uso. Desde el punto de vista de la estructura el objeto es definido a través de una serie más o menos compleja de teorías, leyes y propiedades técnicas, mientras que desde la función es visto como una caja negra a la que se asignan entradas y salidas. La relación entre estructura y función no es unívoca, no hay una única estructura que puede deducirse de una dada función, ni una única función puede deducirse de una estructura dada [6]. El diseño está subdeterminado técnicamente.

Otro aporte de valor para mostrar la relación del diseño con el contexto cultural la brinda el modelo SCOT (Social Construction of Technology) propuesto por Wiebe Bijker por intermedio de sus conceptos asociados de “flexibilidad interpretativa”, “mecanismos de clausura” y “marco tecnológico” [7]. Estas nociones permiten observar que el proceso de diseño tiene características contingentes en el sentido de que los problemas sólo adquieren relevancia en función de que exista algún grupo social que los reconozca como tales: no existen problemas ni artefactos aislados de un entorno de intereses.

De esta forma la metodología del diseño, comprendida como “la generación y evaluación sistemática e inteligente de especificaciones para artefactos cuya forma y función alcanzan los objetivos establecidos y satisfacen las restricciones especificadas”, excede el dominio del escritorio del ingeniero ampliándose al entorno social asociado al mismo [8].

### **Tercera temática: la cultura**

Su objetivo es mostrar que existen distintas posiciones respecto a la relación entre ingeniería y cultura. Como señala el filósofo de la tecnología Andrew Feenberg por un lado hay autores que sugieren que la tecnología se despliega mediante un proceso de características autónomas mientras que otros opinan que tiene que ser posible su control por parte de la sociedad. También muestra que la opinión valorativa es ambigua, en tanto que para unos la tecnología es un instrumento neutral, mientras que para otros está cargada de valores e intereses [9].

Los que apoyan la neutralidad y la autonomía –determinismo– asumen que la tecnología sigue una línea de progreso autorreferenciada que determina “natural e inevitablemente” (de aquí la neutralidad) el camino de la evolución humana. Las consecuencias no previstas de la innovación son contingentes y serán resueltas con más y mejor tecnología, de acuerdo con las características propias de un proceso evolutivo autorregulado.

La concepción que propone que la tecnología no puede concebirse como moralmente indiferente y admite la imposibilidad de control –substantivismo– suele manifestarse de manera pesimista, asignando valores negativos al desarrollo tecnológico. Para los adherentes a esta mirada, la tecnología no es neutral ya que sesga las posibilidades sociales de acuerdo a un programa que se ha

vuelto autónomo, sin control humano, y que conlleva serios aspectos negativos de peligrosidad para la sociedad y la cultura. Contrariamente a sus promesas de libertad la tecnología terminará vaciando y esclavizando la vida del hombre.

Para quienes defienden la neutralidad pero que admiten la posibilidad de control –instrumentalismo– la tecnología no es ni buena ni mala en sí misma. Su carácter positivo o negativo depende de cómo se empleen los conocimientos, las técnicas y los artefactos que ella hace posible: la tecnología es sólo un instrumento neutral para obtener fines determinados por un agente exterior. Las valoraciones morales sólo surgen ante la elección de los fines a perseguir, ya que son éstos los que pueden ser buenos o malos.

Por último, se encuentran los que enmarcan a la tecnología en sí misma dentro del terreno de lo político –teoría crítica– y afirman que ya en la etapa temprana de diseño se ponen en juego valores que condicionan decisivamente la cultura. Esta idea asume que se debe ejercer algún tipo de control en la etapa de modelado inicial que preferentemente expanda las posibilidades de participación democrática.

Al ocupar la tecnología un espacio esencial en la cultura contemporánea y en el desarrollo de nuestras sociedades, la diversidad de opiniones descripta tiene implicancias normativas de peso. Las estrategias para la acción y el tipo de soluciones ingenieriles que se derivan de cada mirada disponen de alcances diferentes por lo que no son inocuas para la formación y la práctica de la disciplina.

#### Cuarta temática: la naturaleza

Su objetivo es presentar la relación controversial que se establece entre ingeniería y naturaleza en el marco del desarrollo sostenible.

Según la Organización de las Naciones Unidas, el desarrollo sostenible es aquel que “permite satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas”. Sin embargo algunos autores señalan que esta definición es ambigua y deja muchos interrogantes abiertos en tanto no especifica con claridad qué debe ser sostenido, ni por cuánto tiempo, ni qué debe ser desarrollado [10].

Estas imprecisiones han dado lugar a diversos abordajes desde la ingeniería que incluyen propuestas como el diseño para el medioambiente y la eco-eficiencia [11], el diseño de la cuna a la cuna [12], la ingeniería y gestión de los sistemas de la Tierra [13] o los supuestos decrecentistas que proponen otra relación posible entre el hombre y la naturaleza [14].

Para los primeros se trata de seguir los principios de *prevención de la contaminación* y de *mejora continua* que permitan alcanzar paulatinamente a una ingeniería amigable con el medioambiente. Sin embargo para los partidarios de *la cuna a la cuna* se debe proponer una estrategia de cambio. No se trata de buscar una opción menos dañina sino de repensar la totalidad del proceso de diseño en sí mismo. Se trata de desarrollar una nueva perspectiva que en lugar de pensar en controlar la naturaleza, proponga aprender de ella, seguir y conservar sus ciclos pactando una declaración de compromiso, de interrelación y no de independencia con ella.

Por su parte para los partidarios de *la ingeniería y gestión de los sistemas de la Tierra* la imbricación de los sistemas naturales con los humanos ha llegado a tal interdependencia que ya no alcanza para comprender su comportamiento los dominios de lo científico y lo técnico, sino que se deben incluir en pie de igualdad muchas disciplinas de las ciencias sociales. Ya no hay estado natural al cual volver, se trata de decidir racional y éticamente, en un mundo con diferentes culturas, valores y prioridades, hacia dónde ir.

Por último, para *los movimientos decrecentistas* se debe asumir que vivimos en sociedades que basan su economía en el derroche y el exceso la que es incompatible con un mundo finito. Se debe marchar en una reforma del modo de vida propuesto por la modernidad, lo que no significa un retorno a otras formas del pasado, sino una salida hacia delante que permita adecuar el estándar de vida con las reales capacidades físicas del planeta.

Nuevamente se observa aquí una disparidad de criterios que no es inocua para el ejercicio de la ingeniería.

### III. CONCLUSIONES

Contextualizar la enseñanza de la profesión requiere de un proceso que se debe transitar gradualmente. Bajo este criterio Gene Moriarty sugiere que una posibilidad para comenzar a marchar hacia la ampliación de la educación tecnológica consiste simplemente en incorporar una nueva clase de pregunta durante el período de formación [15]. Así como en sus comienzos institucionales los estudios de ingeniería estaban fundamentalmente asociados al aprendizaje de los conocimientos relacionados con las cuestiones técnicas referidas a conocer *cómo* funcionan los distintos mecanismos; así como, señalando un giro importante, se sumó al abordaje anterior la inclusión de asignaturas que presentaban las bases de las ciencias exactas necesarias para conocer *por qué* los mecanismos funcionan de la manera en que lo hacen; ahora, frente a la realidad y los desafíos de la época actual, es tiempo de sumar una tercera aproximación relacionada con preguntas contextuales que abran la interrogación por los fines: *para qué y para quién funciona y cuáles son sus costos y consecuencias amplias*.

La pregunta por los fines no debe ser entendida como impuesta “desde afuera” sino como constitutiva de una racionalidad ingenieril más amplia. Con todas sus posibles limitaciones, se espera que el “modelo de barrilete” aquí presentado contribuya a que alumnos y docentes puedan visualizar que las consideraciones y controversias sociales y naturales no son “meras externalidades” sino que se encuentran intrínsecamente relacionadas con los aspectos técnicos asociados a la práctica del diseño tecnológico, promoviendo una genuina e imprescindible integración del saber.

### REFERENCIAS

- [1] J. Pitt, *Thinking About Technology, Foundations of the Philosophy of Technology*, Nueva York, Seven Bridges Press, 2000.
- [2] H.G. Giuliano, *La ingeniería: una introducción analítica a la profesión*, Buenos Aires, Nueva Librería, 2016.
- [3] B.V. Koen, *Discussion of the method: Conducting the engineer's approach to problem solving*, USA, Oxford University Press, 2003.
- [4] L. Olivé, *El bien, el mal y la razón*, México, Paidós, 2000.
- [5] E.V. Krick, *Introducción a la ingeniería y al diseño en ingeniería*, México, Limusa, 2006.

- [6] P. Kroes, "Technological explanations: The relation between structure and function of technological objects", *Techné*, Vol. 3, N° 3, pp. 124-134, Spring 1998.
- [7] W. Bijker, T. Hughes y T. Pinch, *The social construction of technological systems: New directions in the sociology and history of technology*, Massachusetts, MIT Press.
- [8] C. Dym y L. Patrick, *El proceso de diseño en ingeniería: Cómo desarrollar soluciones efectivas*, México, Limusa Wiley.
- [9] A. Feenberg, *Transformar la tecnología. Una nueva visita a la teoría crítica*, Bernal, UNQ Editora, 2012.
- [10] R. Kates, T. Parris y A. Leiserowitz, "What is sustainable development?", *Environment: Science and policy for sustainable development*, Vol. 47, N° 3, pp. 8-21, 2005.
- [11] J. Fiksel, *Ingeniería de diseño medioambiental: Desarrollo integral de productos y procesos ecoeficientes*, Madrid, McGraw Hill, 1997.
- [12] M. Braungart y W. McDonough, *Cradle to cradle: Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*, Madrid, McGraw-Hill, 2005.
- [13] B. Allenby, *Reconstructing Earth: technology and environment in the age of humans*, Washington D.C., Island Press, 2005.
- [14] S. Latouche, *Farewell to growth*, Cambridge, Polity Press, 2009.
- [15] G. Moriarty, "The Place of engineering and the engineering of place", *Techné*, Vol. 5, N° 2, pp. 83-96, Winter 2000.