

Giuliano, Gustavo

*De la cuna a la cuna : una crítica al diseño
ecoeiciente*

Artículo publicado en Revista Argentina de Ingeniería Vol. III, 2014

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, G. De la cuna a la cuna : una crítica al diseño ecoeficiente [en línea]. Revista Argentina de Ingeniería 2014:3(3). Disponible en:
<http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/investigacion/cuna-critica-diseno-ecoeiciente.pdf> [Fecha de consulta: ...]

De la cuna a la cuna: una crítica al diseño eco-eficiente

Héctor Gustavo Giuliano¹

Resumen

Desde la promulgación de las normas ISO 14000 la ingeniería ha tomado formalmente el desafío de contribuir a un modo de desarrollo sostenible. Sin duda, sus conceptos asociados de “eco-eficiencia” y “ciclo de vida” representan un gran avance en esa dirección. Sin desmedro de ello se presentan en la actualidad algunas miradas críticas a estos conceptos. El objetivo de este trabajo es presentar los puntos relevantes de una de ellas, la metodología de diseño “de la cuna a la cuna” propuesta en el año 2002 por el químico alemán Michael Braungart y el arquitecto norteamericano William McDonough.

Palabras clave: eco-eficiencia, eco-eficacia, análisis del ciclo de vida, diseño para el medioambiente, de la cuna a la tumba, de la cuna a la cuna.

Abstract

Since the enactment of the ISO 14000 standards engineering has formally taken the challenge to contribute to a sustainable way of development. Undoubtedly, their associated concepts of “eco-efficiency” and “life cycle” represent a major advance in that direction. Irrespective of the above there are some critical views on these concepts. The aim of this paper is to present the highlights of one of them, the design methodology “cradle to cradle” proposed in 2002 by the German chemist Michael Braungart and American architect William McDonough.

Keywords: eco-efficiency, eco-effectivity, life cycle assessment, design for environment, from cradle to grave, from cradle to cradle.

1. Introducción: El desarrollo sostenible

1. Doctor en Epistemología e Historia de la Ciencia (UNTREF), Ingeniero en Electrónica (UNLP). Profesor Titular Facultad de Ciencias Fisicomatemáticas e Ingeniería, Universidad Católica Argentina

El libro *Silent Spring*, del año 1962, de la bióloga estadounidense Rachel Carson suele ser señalado como el primer texto que tuvo algún grado de éxito en romper con la indeferencia institucional que caracterizaba, hasta mediados de los años sesenta, a la relación entre tecnología, desarrollo y medioambiente. A partir de esa fecha, lenta pero continuamente, las estrategias motorizadas por grupos ecologistas fueron forzando y construyendo mecanismos que promovieron la institucionalización del problema ambiental en Naciones Unidas con la formación, en el año 1982, de la World Commission on Environment and Development¹. Esta comisión fue la responsable de la elaboración del primer informe internacional *Our Common Future*, cuya redacción culminó en el año 1987 luego de amplios debates.

La comisión fue clara en señalar que el medioambiente no existe como una esfera separada de las acciones humanas, sus ambiciones y necesidades, sino que, siendo el lugar donde se despliega la vida, está intrínsecamente relacionado con el desarrollo social y cultural de las naciones: el medioambiente no debe reducirse sólo al mundo natural ni

1. También conocida como Brundtland Commission por el apellido de la por ese entonces Primera Ministra Noruega encargada de presidirla. Reconoce como antecedente la Stockholm Conference on the Human Environment realizada en 1972.

el desarrollo entenderse como mera asistencia de los países ricos a los pobres. También a esta comisión se debe la definición, ya clásica, que caracteriza al desarrollo sostenible como aquel que “permite satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas”. El concepto de desarrollo sostenible, así construido, implica reconocer la existencia de límites relativos al estado de la tecnología, a las formas de organización social y a la capacidad de la biósfera de absorber los efectos de la actividad humana.

A pesar de que la definición propuesta fue sumamente efectiva para poner en la agenda de los gobiernos el tema de la sustentabilidad, su capacidad para generar programas de acción concretos encontró limitaciones por su alto grado de vaguedad, en tanto no especifica qué es lo que debe ser sostenido, ni por cuánto tiempo, ni qué debe ser desarrollado, ni cuál debe ser el vínculo entre todas estas categorías. Esta imprecisión ha dado lugar a una diversidad de interpretaciones que cubren desde miradas que ven al planeta como un medio que se debe sostener en tanto proveedor de recursos para los humanos, hasta las que consideran que la naturaleza es un bien en sí mismo y que su cuidado no debe basarse en argumentos puramente instrumentales.

Con el fin de cerrar parcialmente las posibilidades de interpretación, las sucesivas conferencias sobre medioambiente y desarrollo de las Naciones Unidas –la de 1992 de Río de Janeiro y la de 2002 de Johannesburgo– avanzaron sobre el concepto de responsabilidad colectiva, sobre los alcances locales, nacionales, regionales y globales y, principalmente, determinaron un modelo de tres áreas interrelacionadas: la económica, la social y la ambiental que demarcan lo que se conoce como “sustentabilidad ampliada”. Entre los objetivos que se acordaron como importantes de alcanzar se encuentran los de corto término, establecidos para el 2015, por la Declaración del Milenio y los de mediano alcance, para el 2050, establecidos por el Board on Sustainable Development en base a los escenarios

previstos por el Global Scenario Group. Otra iniciativa que busca orientar el desarrollo sostenible es la Carta de la Tierra promulgada en el año 2000.

A pesar de todos estos esfuerzos continúan existiendo una gran diversidad de indicadores propuestos para cuantificar de manera adecuada el alcance de los objetivos establecidos. Esta diversidad no es más que un emergente de la complejidad inherente al concepto de desarrollo sostenible en su relación con la dispersión de intereses y aspiraciones representados por los distintos actores involucrados –instituciones de gobierno, movimientos sociales, corporaciones, pequeños productores– que han ido gestando sus propias tácticas y estrategias a lo largo de estas décadas [1].

De todos modos, cualesquiera de las miradas sobre el tema implican la necesidad de realizar una transición hacia el desarrollo de otras formas de vida y esto involucra la necesidad de pensar una ciencia y una tecnología acordes a esta nueva forma de habitar el mundo así como la de profundizar la deliberación y la toma de decisiones por vía democrática [2]. Los sistemas tecnológicos han alcanzado tal grado de complejidad que se debería comenzar a hablar de una “ingeniería y gestión de los sistemas de la Tierra” que tenga en cuenta la modificación que la tecnología introduce tanto en los sistemas naturales como en los culturales [3].

En este trabajo se presentan los lineamientos básicos propuestos por el “diseño para el medio ambiente” –en el que se sustentan las Normas ISO 14000– para luego avanzar hacia la crítica de sus conceptos asociados de “eficiencia” y “ciclo de vida” esgrimida por los promotores del “diseño de la cuna a la cuna”. Con ello no se pretende hacer juicios de valor ni propiciar una toma de posición, sino sólo mostrar que el campo disciplinar aún está sujeto a controversias conceptuales.

2. Diseño para el medio ambiente

La Organización Internacional de Acreditación, siguiendo la línea de acción exitosa inaugura con las Normas ISO 9000, y en anticipa-

ción a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente y el Desarrollo de Rio de Janeiro de 1992, conformó en el año 1990 el Strategic Advisory Group on Environment con la finalidad de desarrollar una normativa de características similares a ésta pero con foco específico en la cuestión medioambiental. Así nació la serie de Normas ISO 14000 –Sistema de Gestión Ambiental– fruto de la actividad de delegaciones de cerca de 50 países cuyos especialistas fueron los encargados de la discusión y la redacción final de los documentos. El objetivo general que guió el trabajo fue “proporcionar las directrices para una gestión empresarial que proteja al medioambiente y prevenga la polución en balance con las necesidades socio-económicas” [4].

Es importante resaltar que las normas de gestión tienen como objetivo establecer procedimientos y no valores de indicadores específicos de metas o productos. Estos últimos están sujetos a regulaciones nacionales o acuerdos internacionales como los establecidos en el Protocolo de Kioto para las emisiones de gases de efecto invernadero. De este modo, la norma especifica los requisitos para la implantación de un sistema de gestión ambiental que le permita a una organización formular su política y objetivos teniendo en cuenta los impactos ambientales significativos², pero sin establecer criterios específicos de desempeño ambiental más allá del compromiso de cumplir con la legislación y las reglamentaciones aplicables y de disminuir de manera continua su potencial contaminante. Bajo estos alcances, dos organizaciones que realicen actividades similares pero que tengan diferentes desempeños ambientales pueden cumplir ambas con sus requisitos.

El núcleo estratégico de la normativa se basa en dos principios centrales: la prevención de la contaminación y la mejora continua. La prevención de la contaminación se entiende como el uso de procesos, prácticas, materiales o productos que evitan, reducen o controlan la contaminación, los cuales pueden incluir reciclados, tratamientos, cambios en los procesos, mecanismos de control, uso eficiente de los recursos y sustitución de ma-

teriales. El mejoramiento continuo se entiende como un proceso de mejora del sistema de gestión ambiental para lograr progresos en el desempeño ambiental global de acuerdo con la política ambiental de la organización. Bajo este esquema, subyacen dos conceptos claves para alcanzar procesos y productos que tengan cada vez menor impacto medioambiental: “eco-eficiencia” y “ciclo de vida del producto”.

2.1 Eco-eficiencia

El concepto de diseño para el medioambiente y eco-eficiencia fue inicialmente pensado y trabajado por empresas fabricantes de productos electrónicos agrupadas en la American Electronics Association, las que intentaban incorporar una concientización ecológica en el desarrollo de sus productos a la vez que defendían sus propios intereses comerciales. Es así que según ellos:

Diseño para el medioambiente es un concepto que no ha surgido de chillones ecologistas extremistas que exigen que se congele el desarrollo industrial. Tampoco se ha originado por las fantasías sentimentales de los amantes de la naturaleza. Por el contrario, es un esfuerzo que ha sido pensado, deliberado y madurado por el gobierno y la industria, como reconocimiento de la importancia de conservar el medio ambiente a la vez que se apoya el crecimiento industrial. [5]

La premisa principal subyacente es que la calidad ambiental es compatible con el desarrollo industrial. Más que pagar un precio exorbitante para corregir los daños generados al ambiente, las empresas pueden rediseñar sus sistemas industriales para alcanzar tanto la calidad ambiental como la eficiencia económica. Supone que una consideración minuciosa de los factores medioambientales pondrá de manifiesto las oportunidades para

2. Entre los impactos ambientales significativos se encuentran las emisiones a la atmósfera que contribuyan al efecto invernadero y a la formación de lluvia ácida, la contaminación del agua y del suelo, la generación de residuos peligrosos y la utilización de los recursos naturales.

mejorar de forma simultánea la satisfacción del cliente, las ganancias y el rendimiento ambiental.

Es así que el diseño para el medioambiente propone abordar los problemas ambientales que puede generar un producto desde la etapa inicial de su diseño. Sin descuidar otros objetivos como el rendimiento técnico o el costo, se buscan innovaciones que den lugar a una reducción de la contaminación y los residuos en alguna o todas las fases del proceso de su fabricación y uso. Esto obliga a que se consideren los impactos sobre el medioambiente como un requisito más entre todos los que intervienen en la planificación temprana.

Bajo esta definición el diseño se desglosa en una consideración sobre el medioambiente, entendida como protección y conservación de los recursos naturales, y un diseño para la salud y la seguridad, que abre al análisis de la reducción de riesgos crónicos y la prevención de accidentes. En todo este proceso se destaca el concepto de “eco-eficiencia” que promueve una conexión entre el uso eficiente de los recursos, que se relaciona con el aumento de la productividad y la rentabilidad, y la responsabilidad medioambiental. La eco-eficiencia tiene un sentido empresarial, al eliminar los residuos y utilizar los recursos de manera más sensata, las compañías reducen gastos y se hacen más competitivas. Según la declaración del World Business Council on Sustainable Development:

Se pueden llamar corporaciones eco-eficientes a aquellas que logran una eficiencia cada vez mayor a la vez que evitan la contaminación mediante el buen mantenimiento de sus instalaciones, la sustitución de materiales, el uso de tecnologías y productos más limpios, y el esfuerzo por un uso y recuperación más eficiente de los recursos. [6]

Se deducen de aquí tres categorías cada vez más amplias: procesos más limpios, productos más limpios y utilización sostenible de los recursos. En la primera se modifican los procesos y la tecnología asociada para generar menos contaminación, en la segunda se

modifica el producto mismo para que su fabricación genere menos residuos y en la tercera se modifica todo el sistema de producción, incluso las relaciones con los proveedores y clientes. En este último sentido se promueve el programa ecologista conocido como de las “3R” por reducir, reutilizar y reciclar.

2.2 Ciclo de vida del producto

El Análisis del Ciclo de Vida (Life Cycle Assessment, LCA) es una metodología integral que permite cuantificar el desempeño ambiental de un artefacto o sistema “desde la cuna hasta la tumba”, desde los elementos iniciales necesarios para su construcción, pasando por su producción, distribución y uso hasta llegar a su disposición final. De este modo es un enfoque superior al del control de la contaminación durante el proceso de producción ya que se considera la totalidad de la cadena.

Su origen conceptual puede rastrearse hasta las pioneras investigaciones acerca de los límites del crecimiento realizadas por el Club de Roma en la década de 1970, a partir de las cuales comenzaron a desarrollarse diferentes iniciativas de empresas privadas y organismos estatales cuyo continuo crecimiento desembocó en el primer congreso internacional sobre la temática que se realizó en Washington en 1990 [7]. Finalmente, en respuesta a la llamada de los gobiernos para aplicar una economía del ciclo de vida expresada en la Declaración de Malmö del año 2000, se creó –con el auspicio del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Sociedad de Química y Toxicología Ambiental– la Iniciativa para el Ciclo de Vida y la Asociación Internacional del Ciclo de Vida con el objetivo de desarrollar y difundir herramientas prácticas para evaluar las oportunidades, riesgos y compensaciones, asociados a los productos y servicios durante todas sus etapas.

3. De la cuna a la cuna

A pesar de todos estos esfuerzos, para algunos diseñadores no es medioambientalmente adecuado instrumentar políticas de producción en la línea señalada por las “3R”

(reducir, reutilizar, reciclar) y la eco-eficiencia. Argumentan que si bien son conceptos aparentemente nobles, no señalan una estrategia de éxito a largo plazo en tanto no llegan a las raíces del problema. Aunque se administran mayores prescripciones morales y medidas legales coercitivas, hacer más eficiente el sistema actual sólo ralentiza el problema generado por un proceso de industrialización errado desde su propia génesis. Este proceso es heredero de la cosmovisión imperante en la Revolución Industrial en donde no era considerada ni la salud de los sistemas naturales, ni se tenía conciencia de su delicadeza, ni de la complejidad de la sociedad sobre la que recaían los nuevos productos manufacturados. La infraestructura que hoy se dispone sigue siendo básicamente lineal, focalizada en la fabricación de un producto y en su traspaso rápido a un cliente, sin muchas más consideraciones que la ganancia económica resultante de este proceso.

En este paradigma de producción y desarrollo, la diversidad del mundo natural es una fuerza hostil y una amenaza a los objetivos del diseño, algo a lo que se le debe oponer la fuerza de la razón tecnológica y su imperativo de soluciones universales máximamente eficientes. Bajo esta mirada el concepto de eco-eficiencia no puede salvar el medioambiente, ya que supone apoyar que la industria acabe con todo, sólo que ahora más lentamente, de forma más callada pero igualmente persistente. Sostienen que se conoce demasiado poco sobre los contaminantes industriales y sus efectos sobre los sistemas naturales como para que la ralentización sea una estrategia saludable a largo plazo [8].

Incluso reutilizar residuos por parte de algunas industrias no evita la propia toxicidad de los mismos durante su manipulación. En muchos casos, esta reutilización tan sólo sirve para trasladar el problema de un sitio a otro en un proceso de degradación progresiva³. Por otra parte, el uso creativo de materiales reciclados (en rigor “infraciclados” ya que su calidad es inferior a la original) puede ser aún más perjudicial que su descarte ya que abre vías de continuidad de uso de productos que

pueden contener componentes tóxicos peligrosos en condiciones para las que no fueron pensados inicialmente. Adoptar ciegamente aproximaciones ecológicas superficiales sin entender plenamente sus consecuencias puede llegar a ser incluso peor que no hacer nada:

Sinceramente, la eco-eficiencia sólo hace que los sistemas antiguos y destructivos lo sean un poco menos. En algunos casos puede incluso ser más pernicioso, porque su funcionamiento es más sutil y con consecuencias a largo plazo. Un ecosistema puede realmente tener más posibilidades de retornar a un estado sano y completo después de un rápido colapso que deje algunos nichos intactos, que tras un proceso lento, deliberado y eficiente de destrucción de la totalidad. [9]

Como alternativa, consideran que 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. La eficiencia no tiene valor propio, depende del valor del sistema mayor del que es parte. Si los propósitos son cuestionables, la eficiencia puede hacer a la destrucción aún más grave. En definitiva, la eco-eficiencia no cuestiona las prácticas y métodos básicos que hasta ahora han contribuido a degradar el planeta.

Braungart y McDonough proponen en su reemplazo la “eco-efectividad”, que significa trabajar sobre los productos, los servicios y los sistemas correctos, en lugar de hacer que las cosas incorrectas sean menos malas⁴. Una vez que se están haciendo las cosas correc-

3. Una alternativa que se está explorando para evitar esta dificultad es la conocida como “Ecología Industrial” que piensa a un sistema tecnológico tomando como referencia el comportamiento de un ecosistema natural. Es una red de sistemas industriales que cooperan entre sí, reusando los desperdicios de unos procesos como la entrada de otros, en una suerte de metabolismo artificial que tiende a un equilibrio con el entorno que minimiza la generación de residuos y el consumo de energía [11].

4. La eficiencia se refiere a la relación entre medios y fines mientras que la eficacia o efectividad se refiere a los fines en sí mismos [12].

tamente, entonces sí tiene sentido hacerlas mejor con la ayuda de la eficiencia, entre otras herramientas conceptuales. Según estos autores, la eco-efectividad es un nuevo paradigma para el diseño del mundo, un diseño que abarca desde la visión del objetivo inicial hasta considerar la totalidad de sus implicancias. Es una innovación que provoca algo completamente distinto a lo ya conocido, no porque proponga soluciones necesariamente radicales, sino porque se trata de un cambio de perspectiva. Una nueva perspectiva que en lugar de pensar en controlar la naturaleza, propone aprender de ella, seguir y conservar sus ciclos pactando una declaración de compromiso, de interrelación y no de independencia, con ella.

Una de las bases principales del diseño eco-efectivo es el principio de "basura cero". Al igual que sucede en la naturaleza, los desechos, de alguna manera, deben convertirse en alimento. Por un lado de forma de "nutrientes biológicos" que pueden volver a la tierra sin peligro, contribuyendo a la salud de la biosfera, y por otro como "nutrientes técnicos" que alimentan el circuito productivo. El producto debe pensarse desde su origen para que sea factible esta reconversión final, evitando mezclas irreversibles que generan "híbridos monstruosos", productos de "usar y tirar", cuyo destino final no puede ser otro más que el basural, desperdiándose valiosos componentes que no pueden ser recuperados para que continúen su vida en un circuito virtuoso de uso. Eliminar el concepto de residuo significa diseñar los productos, los embalajes y los sistemas desde su origen para su desensamblado final: la forma debe servir a la evolución, no sólo a la función. Los objetos, de esta manera, podrían redefinirse como productos de servicio, y no como productos de consumo, en tanto brindan un servicio a los usuarios y al ser reemplazados, por obsolescencia o simple gusto, en lugar de ser desechados, vuelven a sus fabricantes quienes son los que retienen la propiedad de sus componentes [10].

Otra de las premisas debe ser "respetar la diversidad", no sólo la biodiversidad sino tam-

bién la diversidad de los lugares y las culturas, de los deseos y las necesidades. Los diseños no deben pretender ser eternos y universales, sino efímeros y locales, evitando la monotonía y generando abundancia. También, como ya se mencionó, se debe "reconocer la interdependencia", en tanto los elementos del diseño humano están entrelazados con los flujos del mundo natural y dependen de él, con implicaciones profundas y variadas a cada escala. Se debe progresar hacia una "revolución industrial" con una tecnología que diseñe ingeniosas máquinas que no sólo empleen a la naturaleza como herramienta, sino que los sistemas que ellas generen puedan a su vez convertirse en una herramienta para el desarrollo del entorno natural y social.

Por último, los diseños eco-efectivos deben reconocer las necesidades del comercio y el hecho de ser productivos, pero esto no se debe lograr a expensas de la equidad y la salud del medioambiente. Deben servir tanto al comercio como al bien público que lo sustenta. Por ello los diseños deben responder a los objetivos de la sustentabilidad ampliada, debiendo tenerse en cuenta tanto los aspectos ambientales como los económicos y los sociales buscando relaciones de compromiso que permitan satisfacer simultáneamente a todos ellos⁵.

Braungart y McDonough avanzaron en la instrumentación de su propuesta teórica por intermedio de la creación de una etiqueta registrada de desempeño ecológico a la que denominaron "C2C". La certificación es ofrecida por la compañía McDonough Braungart Design Chemistry (MBDC) y aplica tanto a productos terminados como a materiales, componentes y procesos de producción⁶.

5. También en este sentido, los partidarios del "diseño para la sociedad", critican la mirada dominante del diseño como el arte de dar forma a los objetos de consumo, cuyo desarrollo está basado en cuestiones contingentes delimitadas por el mercado más que en planificaciones orientadas por las grandes necesidades sociales. Sostienen que no es suficiente con incluir consideraciones ecológicas en los diseños mientras no se cuestione toda la lógica subyacente en la cultura del consumo. Ver [13] [14] [15].

6. El certificado ofrece cuatro niveles de exigencia creciente, basic, silver, gold y platinum. Ver <http://www.mbdc.com>.

4. Conclusiones

Según señala la Organización de las Naciones Unidas, la búsqueda y consecución de un mundo sostenible debe pensarse necesariamente sobre la base de tres registros inseparables: disponer de un entorno ambiental vivible que sea económicamente viable y socialmente equitativo.

Reconocer a la ingeniería como una actividad no neutral que actúa sobre el mundo y conforma modos de vida imprime una gran responsabilidad para los profesionales de la disciplina. Ya no puede concebirse pensar la sostenibilidad del planeta sin una comprensión amplia y profunda del fenómeno tecnológico y sus implicancias ambientales, sociales y culturales.

Las nuevas orientaciones metodológicas y normativas de diseño y producción desplegadas hasta el momento dan muestra del hecho de que la ingeniería ha asumido el desafío de aportar a la construcción de un mundo sostenible. Sin embargo también presentan evidencias de que aún queda camino teórico por transitar acerca de las premisas conceptuales sobre las que se basan sus propuestas.

Como se enunció en el inicio, este trabajo no pretende hacer juicios de valor ni propiciar una toma de posición, sino sólo mostrar, por intermedio de la crítica esgrimida por los ideólogos del diseño “de la cuna a la cuna” al concepto de eco-eficiencia, que aún hay temas abiertos cuyo abordaje resulta de crucial importancia para la formación y el ejercicio de la profesión de la ingeniería en el mundo actual.

Referencias

[1] KATES R., PARRIS, T y LEISEROWITZ, A. (2005). What is sustainable development? Goals, Indicators, Values, and Practice. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*. 47 (3): 9-21.

[2] KOMIYAMA, H. y TAKEUCHI, K. (2006). Sustainability science: building a new discipline. *Sustain Science*. 1 (1): 1-6.

[3] ALLENBY, Brad. (2001). Earth systems engineering and Management, *IEEE Technology and Society Magazine*. Winter 2000/2001: 10-24.

[4] BLOCK, Marilyn (1997). Implementing ISO 14001. ASQC. Milwaukee.

[5] FIKSEL, Joseph (1997). Ingeniería de diseño medioambiental: Desarrollo integral de productos y procesos ecoeficientes. McGraw Hill. Madrid.

[6] FIKSEL, Joseph (1997). Ingeniería de diseño medioambiental: Desarrollo integral de productos y procesos ecoeficientes. McGraw Hill. Madrid: 49.

[7] CHACÓN VARGAS, J. (2008). Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida. *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería*. 72: 37-70.

[8] BRAUNGART, M. y McDONOUGH, W. (2005). *Cradle to cradle: Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. McGraw-Hill. Madrid.

[9] BRAUNGART, M. y McDONOUGH, W. (2005). *Cradle to cradle: Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. McGraw-Hill. Madrid: 58.

[10] BRAUNGART, M. y McDONOUGH, W. (2005). *Cradle to cradle: Rediseñando la forma en que hacemos las cosas*. McGraw-Hill. Madrid: 105.

[11] GRAEDEL, T. y ALLENBY, B. (2010). *Industrial Ecology and Sustainable Engineering*. Prentice Hall. U.S.A.

[12] QUINTANILLA, Miguel Ángel (1991). *Tecnología: un enfoque filosófico*. EUDEBA. Buenos Aires.

[13] MARGOLIN, Victor (1998). Design for a Sustainable World. *Design Issues*. 14 (2): 83-92.

[14] MARGOLIN, V. y MARGOLIN, S. (2002). A Social Model of Design: Issues of practice and research. *Design Issues*. 18 (4): 24-30.

[15] WOODHOUSE, E. y PATTON, J. (2004). Design by Society: Science and technology studies and the social shaping of design. *Design Issues*. 20 (3): 1-12.

Autor

Héctor Gustavo Giuliano. Dirección postal: Alicia Moreau de Justo 1500, Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Teléfono: (011) 4349-0200 int. 7204. Correo electrónico: gustavo_giuliano@uca.edu.ar.

Proyecto de investigación asociado: FONCYT PICT 2012-1485 “Ingeniería y desarrollo sostenible: Aportes de la teoría crítica de la tecnología para la evaluación tecnológica”.

