

ECO-EFICIENCIA EN EL DISEÑO DE PRODUCTOS

Ion Iriarte Azpiazu

Garazi Madariaga Lazaga

Lander Balza Gómez

Itsaso González Ochantesana

Daniel Justel Lozano

Diseinu Berrikuntza Zentroa (DBZ)- Mondragon Unibertsitatea

Abstract

This communication deals with eco-efficiency in product design. First of all, the general eco-efficiency concept is examined, as it is a broad term that can be applied in very different areas. Second, and after a literature review related eco-efficiency, different strategies and tools to achieve eco-efficiency are analyzed. Third, different methods to assess eco-efficiency are also studied. Additionally, theoretical concepts and practical examples are connected based on examples related to some industries.

Finally, conclusions are formulated related to product eco-efficiency and its assessment.

Keywords: *sustainable development; eco-efficiency; industrial ecosystems; eco-innovation; assessment methods*

Resumen

En esta comunicación se trata de enfocar y dirigir la eco-eficiencia al diseño de los productos. Para ello, primero se analiza el concepto general ya que es un término que adopta diferentes áreas, desde la industria hasta los gobiernos. Después, se muestran las estrategias y herramientas que pueden ayudar a alcanzar más fácilmente la eco-eficiencia y los métodos de evaluación de la misma. En tercer lugar, se relacionan los conceptos teóricos con ejemplos prácticos industriales. Posteriormente, se reflexiona sobre la realidad de mercado y los modelos teóricos y finalmente se concluye con una orientación general hacia la industria con el fin de lograr la sostenibilidad de la sociedad.

Palabras clave: *desarrollo sostenible; eco-eficiencia; ecosistemas industriales; eco-innovación; métodos de evaluación*

1. Introducción

El sistema económico de las últimas décadas, basado principalmente en la máxima producción y en obtener beneficios a toda costa, no ha tenido en cuenta el daño irreversible creado sobre el planeta Tierra. Por ello, este sistema económico no es sostenible; ya que el planeta no podrá suministrar recursos ilimitadamente al ritmo que ha estado haciendo hasta ahora.

Debido a ello, se está imponiendo la idea de que hay que ir hacia un desarrollo real, que permita la mejora de las condiciones de vida, pero compatible con una explotación racional del planeta y que cuide el medioambiente. Es lo que denominan desarrollo sostenible. La

definición más conocida de Desarrollo Sostenible es la de la Comisión Mundial sobre Ambiente y Desarrollo (Comisión Brundtland) que en 1987 definió Desarrollo Sostenible como (Brundtland, 1987):

"Aquel que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades".

Para lograr el desarrollo sostenible los agentes que intervienen son: la sociedad, el gobierno y la industria (Capuz, 2002).

Esta comunicación se centra en el desarrollo sostenible desde un punto de vista empresarial. En la actualidad existen diferentes metodologías o herramientas para ayudar a las empresas a desarrollar mejores productos desde un punto de vista ambiental. Muchas empresas los venden en el mercado productos bajo la denominación de eco-eficientes, pero ¿hasta qué punto lo son?

2. Objetivo

El objetivo de esta comunicación es abrir una vía de discusión relativa a la eco-eficiencia en diseño de producto por parte de la industria, y a marcar líneas futuras de actuación. Así, en primer lugar, se analiza el concepto general ya que es un término que abarca diferentes áreas, desde la industria hasta los gobiernos. Después, se estudian las estrategias y herramientas que pueden ayudar a alcanzar más fácilmente la eco-eficiencia y, se relacionan los conceptos teóricos con ejemplos prácticos de mercado. Posteriormente, se realiza una discusión sobre los resultados, y finalmente, se concluye con una reflexión general sobre la eco-eficiencia de productos y se establecen unas futuras líneas de actuación.

3. Concepto de Eco-eficiencia

Tras realizar una revisión bibliográfica (Sturm & Schaltegger, 1990; WBSCD, 1997; OECD, 1998, EEA, 1999) se ha observado que existen diferentes definiciones del término eco-eficiencia. En el año 1990 los investigadores Sturm & Schaltegger definen el término eco-eficiencia bajo dos vertientes, una a nivel macro para instituciones y gobiernos (Ecuación 1) y, otra, a nivel micro para negocios (Ecuación 2):

$$\text{Productividad de Recursos} = \frac{\text{mayor beneficio/bienestar}}{\text{menor uso de recursos}} \quad (1)$$

$$\text{Eco-eficiencia} = \frac{\text{valor del producto/servicio}}{\text{influencia ambiental}} \quad (2)$$

En 1997 el Consejo Mundial para el Desarrollo Sostenible (*World Business Council for Sustainable Development*, WBSCD) definió la eco-eficiencia como:

"Producir bienes y servicios, naturalmente a precios competitivos, que satisfagan las necesidades humanas y que lleven a una mejor calidad de vida. Pero a la vez, hay una necesidad importante de reducir progresivamente el impacto ecológico y la cantidad de materias primas utilizadas a lo largo del ciclo de vida del producto y no sólo en las industrias. Además, hay que tener en cuenta la capacidad de carga de la Tierra (WBSCD, 1997)".

Según la *Organisation for Economy Co-operation and Development* (OECD) la eco-eficiencia es:

“Eficiencia con la cual los recursos ecológicos son utilizados para satisfacer las necesidades humanas (OECD, 1998)”.

La Agencia Europea del Medio Ambiente (*European Environmental Agency*, EEA) lo define como:

“Estrategia que permite desvincular la utilización de la naturaleza de la actividad económica, para satisfacer las necesidades humanas, dentro de la capacidad del planeta y para permitir el uso del medio ambiente por las generaciones actuales y futuras ” o “Mayor bienestar con menor impacto medio ambiental” (EEA, 1999).

Markus Lehni, director ejecutivo de WBCSD, en el año 2000 define el concepto de la eco-eficiencia de una forma más clara y sencilla:

“Maximizar el valor añadido a la vez que se reduce el impacto medioambiental y se reducen al mínimo el uso de recursos y energías a la vez que se consiguen beneficios económicos”.

La eco-eficiencia por tanto, reclama de las organizaciones la obtención de mayor beneficio con un menor consumo de materiales y energía y, con una reducción en las emisiones a la atmósfera, es decir, dañando menos el medio ambiente. Para ello, se debe aplicar esta “filosofía” en toda la organización - desde la investigación de mercados y el desarrollo de productos, hasta la manufactura y distribución-.

4. Estrategias y métodos para la eco-eficiencia en el desarrollo de productos

4.1. Estrategias para lograr la eco-eficiencia en productos

Los pasos que da la industria en el camino de la sostenibilidad son escalonados (Figura 1). Lo más usual es que una empresa empiece en la etapa inferior y vaya subiendo poco a poco, ya que la carrera de la sostenibilidad comienza con la concienciación y termina en un cambio de filosofía orientándola hacia la sostenibilidad-medioambiental, social y económica- y no sólo económica. Por eso, se identifican unas etapas por las que toda organización debe transitar antes de lograr un pleno desarrollo sostenible. Dentro de estas etapas, la eco-eficiencia sería la última y en ella se obtendrían los mejores resultados.

Figura 1: Camino hacia la sostenibilidad (Nuij, 2001; Gómez, 2004)



La eco-eficiencia es un término abierto a todos los sectores y tipos de proyectos. Lehni (2000) propone cuatro áreas de trabajo para la eco-eficiencia en el desarrollo de productos:

el Re-plantear las soluciones de mercado el Re-diseño de productos, la Re-ingeniería de procesos y la Re-valorización de subproductos:

- El Re-plantear las soluciones de mercado: se trata de satisfacer la necesidad del consumidor, llegando incluso a ofrecer un servicio en vez de un único producto.
- El Re-diseño de productos busca cambios en el producto, como puede ser la sustitución del material por uno menos contaminante, la disminución de la cantidad de material por unidad de producto ó la prolongación de la vida útil del producto.
- La Re-ingeniería de procesos busca la reducción del consumo de los recursos y de la producción de residuos, al mismo tiempo que se disminuyen los riesgos.
- La Re-valorización de los subproductos busca la utilización del residuo de una empresa como materia prima de otra.

Para lograr la eco-eficiencia en el desarrollo de productos las estrategias generales que se deberían de abordar son las tres siguientes (Lehni, 2000):

1. Reducir el consumo de recursos: esto incluye minimizar el consumo - de energía, materiales, agua y tierra-, aumentar la reciclabilidad y la durabilidad del producto, y cerrar el ciclo de los materiales.
2. Reducir el impacto en la naturaleza: incluye minimizar las emisiones de sustancias tóxicas, minimizar la generación de residuos y la dispersión de sustancias tóxicas, también incluye el apoyo al uso sostenible de los recursos naturales, por ejemplo, capitalizar el uso de energías renovables.
3. Suministrar más valor con el producto o servicio: significa dar más beneficios a los usuarios, por medio de la funcionalidad, la flexibilidad y la modularidad del producto, entregando servicios adicionales y enfocándose en vender la solución a las necesidades de los clientes. Esto abre la posibilidad para que el usuario dé satisfacción a sus necesidades, con un menor consumo de materiales y recursos.

El WBCSD determinó los siete indicadores de eco-eficiencia más importantes a nivel de producto (Desimone & Popoff, 1997):

- i. Reducir la intensidad material de sus bienes y servicios (reducir material).
- ii. Reducir la intensidad energética de sus productos y servicios (reducir energía).
- iii. Reducir la dispersión de cualquier material tóxico (reducir toxicidad).
- iv. Mejorar la reciclabilidad de los materiales (recuperar material).
- v. Maximizar la utilización sostenible de los recursos renovables (recursos sostenibles).
- vi. Extender la durabilidad de sus productos (alargar la vida útil).
- vii. Aumento de la intensidad de servicio de sus bienes y servicios (producto de servicio).

Actualmente, muchas de las necesidades de los usuarios, se satisfacen de una forma intensiva en consumo de recursos y energía. Existen diferentes maneras para hacerlo, por ejemplo: es posible que, dando un servicio en vez de vendiendo un producto, el consumo total de energía pueda disminuir. Esto abre la opción de un mayor crecimiento económico y una mayor rentabilidad; en definitiva, una mayor eco-eficiencia (Lehni, 2000).

Braungart & McDonough (2005), proponen proponen estrategias que la ciudadanía y las industrias deberían considerar:

- Construcciones que, al igual que los árboles, produzcan más energía de la que consumen y depuren sus propias aguas residuales.
- Empresas que produzcan como efluente agua potable.
- Productos que, una vez finalizada su vida útil, no se conviertan en basura inútil, sino que puedan ser devueltos al suelo para que se descompongan y se conviertan en alimentos para plantas y animales y en nutrientes para la tierra; o, caso contrario, que puedan ser reincorporados a los ciclos industriales para proporcionar materias primas de alta calidad para nuevos productos.
- Materiales por valor de miles de millones, incluso de billones de dólares, recuperados anualmente para usos humanos naturales.
- Medios de transporte que mejorarán la calidad de vida al tiempo que distribuyen productos y servicios.
- Un mundo de abundancia, y no uno de limitaciones, contaminación y desechos.

4.2 Herramientas para la eco-eficiencia

Para ayudar a abordar el camino existentes diferentes métodos o herramientas. La organización *Pollution Probe & Five Winds* (2004), por una parte, identificó una serie de métodos o herramientas que ayudarían a lograr la eco-eficiencia en las industrias, y por otra, determinó cuáles de ellas deberían ser empleadas por cada departamento de las organizaciones- administración y organización, diseño y desarrollo de los productos, proveedores / departamento de ventas, marketing y comunicación, producción y distribución y gestión de instalaciones/desarrollo de proyectos-.

Posteriormente el WBCSD (2006) validó las mismas. En el caso de diseño y desarrollo de producto se identificaron los siguientes métodos:

- Gestión del ciclo de vida (LCM)
- Diseñar para el medioambiente (DfE) o Ecodiseño
- Análisis de eco-eficiencia
- Análisis del Ciclo de Vida (ACV)
- Gestión medioambiental de la cadena de suministro
- Eco-etiquetado
- *Green Building Design*

Además, por otro lado, uno de los enfoques más significativos orientados a la obtención de la eco-eficiencia es el pensamiento sistémico y los ecosistemas industriales. El pensamiento sistémico deriva de la Teoría General de los Sistemas (TGS) desarrollada por el biólogo austriaco Ludwig von Bertalanffy, quien acuñó la denominación a mediados del siglo XX. En esencia, la teoría de los sistemas es un esfuerzo de estudio interdisciplinario que trata de encontrar las propiedades comunes a entidades llamadas sistemas (Von Bertalanffy, 1968).

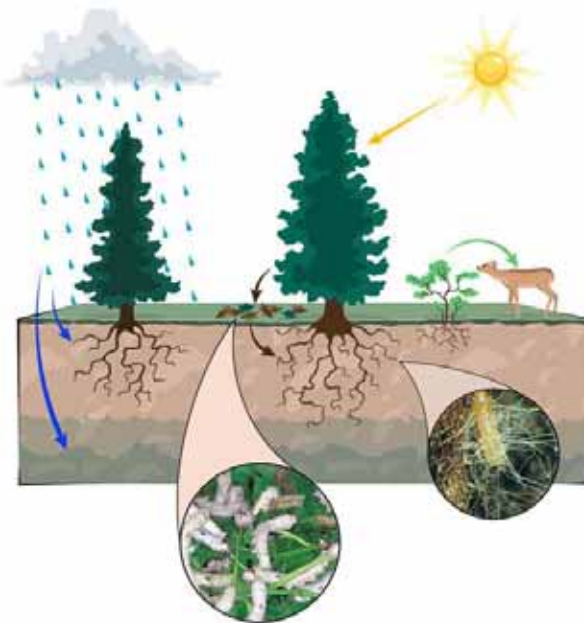
Según el diccionario de la Real Academia Española de la lengua (RAE), se entiende como sistema "*al conjunto de elementos que, ordenadamente relacionados entre sí, contribuyen a un determinado objeto*". Los sistemas reciben entradas/*inputs* - datos, energía o materia del ambiente y proveen a su vez salidas/*outputs* - datos, energía o materia al mismo-. La Teoría General de Sistemas fue, en origen una concepción totalizadora de la biología (denominada "organicista"), bajo la que se conceptualizaba al organismo como un sistema abierto, en constante intercambio con otros sistemas circundantes por medio de complejas

interacciones (Von Bertalanffy, 1968). Von Bertalanffy utilizó los principios expuestos en su teoría para explorar y explicar temas científicos y filosóficos.

Basándose en las teorías de Von Bertalanffy, entre otros autores, el físico austriaco Fritjof Capra ha venido presentado una nueva concepción sistémica de la vida biológica, de las organizaciones sociales y de las entidades económicas en sus publicaciones. En una primera instancia en *The Web of Life: A New Scientific Understanding of Living Systems* (1996) y posteriormente en *The Hidden Connections: Integrating The Biological, Cognitive, And Social Dimensions Of Life Into A Science Of Sustainability* (2002).

Según el enfoque sistémico ningún organismo puede vivir en una situación de absoluto aislamiento. Es más, la vida natural consigue perdurar y ser sostenible gracias a los continuos flujos de materia y energía que se dan en una compleja red de procesos biológicos, donde los *outputs* (residuos) de un proceso son los *inputs* (materia prima) para otros, por ejemplo en un ciclo trófico. Capra (1996) explica de una manera simplificada los ciclos tróficos entendidos dentro de redes más complejas de la siguiente manera (Figura 2): “ los residuos, así como los animales y plantas muertos son descompuestos por los llamados organismos de descomposición (insectos y bacterias), que los desintegran en nutrientes básicos, que serán absorbidos de nuevo por las plantas verdes. De este modo, los nutrientes y otros elementos básicos circulan continuamente por el ecosistema, mientras la energía es disipada en cada paso”.

Figura 2: Ciclo trófico simplificado (ASU, 2011)



Las teorías de Capra se fundamentan en este hecho, en opinión del Capra, para obtener la eco-eficiencia y la sostenibilidad, todas las estructuras sociales, económicas e industriales deberán de estar diseñadas en armonía con los principios organizativos que la naturaleza ha desarrollado, es decir, se deberán de organizar en términos de complejas redes no lineares, equivalentes a las redes naturales, donde los outputs de unos procesos productivos sean los inputs de otros procesos (Capra, 2002). Además de Capra, otros autores también han defendido una visión orgánica de las organizaciones económicas, como los teóricos de la gestión empresarial Peter Senge (Senge, 1990) o Arie De Gedus (De Gedus, 1997) que caracterizan a las empresas como seres vivos en constante evolución.

El término que viene siendo utilizado para trasladar el comportamiento sistémico de la naturaleza a las organizaciones económicas es el de Ecosistema Industrial. Aunque, en un

principio este concepto se refería únicamente a parques industriales interconectados, basados en el modelo Danés de Kalundborg, hoy en día, consideramos que está adquiriendo un significado más amplio referido a complejas redes productivas y económicas – redes industriales, redes de servicios, redes de intercambio de energía, redes de información, redes de conocimiento, redes de recursos, etc.-. Resumiendo, el objetivo principal de los Ecosistemas Industriales sería el máximo aprovechamiento de los recursos con el fin de “hacer más con menos” e imitado los principios organizativos de la naturaleza.

4.3 Evaluación de la eco-eficiencia

En la actualidad existen multitud de herramientas para evaluar la eco-eficiencia, tanto cualitativas como cuantitativas (Lye et al., 2001). Las primeras son más fáciles de usar, pero son más subjetivas ya que están basadas en observaciones y juicios de valor. Las segundas, en cambio, son más fiables pero exigen una gran cantidad de información, así como la existencia de sistemas de valoración asociadas. Sin un sistema de valoración asociada los datos obtenidos no servirían de nada ya que cada empresa aplicaría sus criterios. Estos autores son partidarios de una herramienta de medida que combine los dos tipos de medidas.

Según Brattebø (2005), cualquier método de eco-eficiencia debería apoyarse firmemente en normas generalmente aceptadas tales como las de la serie ISO 14000, y tanto los principios de evaluación del desempeño medioambiental como el Análisis Ciclo de Vida (ACV) deberían ser empleados tanto como fuera posible a la hora de determinar el rendimiento de la eco-eficiencia.

A partir de las investigaciones realizadas por diferentes Bastante (2006) y Madariaga (2009) se han identificado diferentes métodos de evaluación de la eco-eficiencia (Tabla 1).

Tabla 1: Métodos de evaluación de eco-eficiencia

-
1. Sistema de Indicadores de Eco-eficiencia de la *National Round Table on the Environment and the Economy* (NRTEE), de Canadá.
 2. Método BASF, desarrollado por la compañía BASF.
 3. Proyecto EIPRO (*Environmental Impact of Products*), llevado a cabo por el *European Science and Technology Observatory* (ESTO).
 4. Herramienta ECOTOOLKIT, desarrollada por la Fundación Entorno.
 5. Proyecto MEPI (*Measuring the Environmental Performance of Industry*), desarrollado en colaboración entre varias universidades europeas
 6. Trabajos desarrollados por Lye, Lee & Khoo, de la Universidad de Nanyang, en Singapur.
 7. Método desarrollado por el Öko-Institut.
 8. Método desarrollado en la *TOSHIBA Corporation*, basado en QFD y ACV.
 9. Método desarrollado en la Universidad de Wageningen, por Kuosmanen & Kortelainen.
 10. Cuantificación de la ecoeficiencia a partir de la evaluación del valor funcional y de los impactos económico y ambiental, de la Universidad Politécnica de Valencia, España.
 11. Ratio EDC/LCC, de la Universidad de Göteborg
-

Bastante (2006) tras el análisis de la gran mayoría de ellos concluye que:

- El valor del producto es diferente para el cliente y para la empresa.

- El Análisis del Ciclo de Vida (ACV), o simplificaciones del mismo aparece como la técnica más utilizada.
- En todos los sistemas analizados aparecen el impacto ambiental y el coste como aspectos fundamentales que influyen en la determinación de la eco-eficiencia de un producto.
- No siempre se utiliza sólo una ecuación para obtener un índice de eco-eficiencia.

4. Estudio de casos de productos eco-eficientes

En este apartado se analiza el resultado de la búsqueda en la web de sectores o empresas que dicen expresamente que venden productos eco-eficientes. Se han analizado diferentes casos de estudio: sector aeronáutico, sector electrodoméstico y el enfoque sistémico.

4.1 Sector aeronáutico

Desde hace unos años el factor medioambiental ha ido cogiendo peso en el sector de la aeronáutica comercial, ya que a pesar de que las emisiones de gases de efecto invernadero son de un 3% respecto al resto de sectores, el aumento del número de vuelos de los últimos años ha provocado que las emisiones contaminantes aumenten en un 85% (AIRBUS, 2011).

Es por esto que las principales empresas fabricantes se posicionan de manera visible y se comprometen a reducir su impacto ambiental. En este apartado se comparan las estrategias medioambientales de AIRBUS y BOEING, las cuales se diferencian principalmente en la utilización del concepto de eco-eficiencia. AIRBUS (2011) en su web menciona el término de eco-eficiencia y lo justifica con los datos y objetivos que se muestran en la Tabla 2. Por su parte, BOEING (2011) plantea una serie de mejoras ambientales y de rendimiento, pero elude utilizar el término de eco-eficiencia para definir su estrategia. Aun así, especifica en su página web una serie de mejoras y futuros objetivos a conseguir para lograr mejoras ambientales. Entre ellos destacan:

- ↓ del 31% en emisiones de CO₂
- ↓ del 43% en consumo de agua
- ↓ del 38% en generación de residuos peligrosos

Tabla 2: Etapas ciclo de vida y mejoras del AIRBUS A380 (AIRBUS, 2011)

<i>MATERIA PRIMA</i>
Aligeramiento, uso de composites en un 25%
<i>FASE DE FABRICACION</i>
<i>Objetivos:</i>
↓ del 30% de consumo energético
↓ del 50% de emisiones de CO ₂
↓ del 50% de emisiones de disolventes
↓ del 50% de consumo de agua
↓ del 80% de vertidos al agua
↓ del 50% de residuos de producción
Eliminación progresiva de elementos tóxicos

USO

Logros:

↓ del consumo: 3 l/pasajero cada 100 km

Utilización de biocombustibles

Objetivo 2020: Reducción de un 50% de ruido, consumo de combustible y emisiones de CO₂

Reducción de un 80% de emisiones de NO_x

FIN DE VIDA

Logros:

Programa PAMELA: 85% de los componentes puede ser reciclado, reusado o recuperado

Programa TARMAC AEROSAVE: deposición de aviones retirados de una manera eco-eficiente

4.2 Sector de electrodomésticos

Según BOSCH (2011), el 95% del impacto ambiental de sus productos se origina en la fase de uso, por eso, el planteamiento de eco-eficiencia de los fabricantes de electrodomésticos se centra en la fase de uso, y sobre todo se hacen hincapié en ahorro de consumo (Tabla 3).

Tabla 3: Eco-eficiencia en el uso de electrodomésticos

FASE DE USO – BOSCH (2011)

En frigoríficos y congeladores, más del 70% de los modelos es un 25% más eficiente que la Clase A (Clase A+).

En lavadoras de carga frontal, el 70% de los modelos es un 20% más eficiente que la Clase A.

En secadoras de condensación, el 30% de los modelos es un 40% más eficiente que la Clase A.

Los nuevos lavavajillas con tecnología de secado con Zeolitas®, son un 20% más eficientes que la Clase A.

FASE DE USO – ELECTROLUX (2011)

Tiene una gama verde que en algunos productos reduce en un 35% la energía consumida, y se valoran como A++.

FASE DE USO – BALAY (2011)

En lavadoras respecto a sus productos del 2000, los del 2010 consumen un 21 % menos en energía y un 31% en consumo de agua.

4.3 Enfoque sistémico

A día de hoy los ejemplos de aplicación de los Ecosistemas Industriales no son excesivamente numerosos y los existentes han sido aplicados de manera aislada. Aun así, una de las organizaciones más activas en la aplicación de la visión sistémica es ZERI (*Zero Emissions Research Initiatives*). Fundada por Gunter Pauli en los primeros años de la década de los Noventa ha implementado varios proyectos de ecosistemas industriales en

diferentes lugares del planeta, todos estos casos de estudio se pueden consultar en la web de la organización www.zeri.org (Pauli, 2011a).

Los proyectos de ZERI se estructuran en base a tres redes complejas de relaciones siguiendo la visión sistémica de los autores anteriormente citados. La primera viene dada del reagrupamiento ecológico de las industrias locales, modelado en función de las cadenas que caracterizan los ecosistemas. La segunda es la red humana que constituye el colectivo local. Y por último, la tercera se constituye como una red internacional de investigadores, emprendedores, y funcionarios gubernamentales que actúan sobre los reagrupamientos productivos locales en base a los recursos propios. A causa de la naturaleza no lineal de estas redes interconectadas las soluciones resultantes son llamadas múltiples o sistémicas (Capra, 2002).

La idea base de ZERI se fundamenta en el cambio de una productividad centrada en el trabajo a una productividad centrada en los recursos. Según ZERI este nuevo reagrupamiento ecológico incrementa la productividad, mejora la calidad de los productos, reduce el impacto ambiental y genera puestos de trabajo (Pauli, 2011b). En esencia, se trata de pasar de una economía basada en productos, a una nueva economía basada en servicios y flujos, donde el rol del proyectista-diseñador es el de definir los flujos de materia y de energía para de esta manera diseñar el sistema en su totalidad (Bistagnino, 2007).

En este nuevo escenario, dada la complejidad que requiere el diseño de sistemas, es necesario contar con un equipo interdisciplinar con conocimientos que van desde la biología, a la sociología, a la antropología, a la ingeniería y a la gestión empresarial. La Politécnica de Turín en colaboración con ZERI y Fritjof Capra ha definido unas pautas que el diseñador de sistemas debe seguir para el diseño de estas (Bistagnino, 2007):

- 1- Identificación del sistema actual. Definición de los flujos de materia y de energía así como de los procesos productivos y de los actores participantes en el sistema.
- 2- Caracterización de todos los inputs y outputs de los procesos productivos que integran el sistema.
- 3- Identificación de los puntos críticos (debilidades) y potencialidades (oportunidades) del sistema.
- 4- Diseño de los nuevos flujos del sistema en función de las características de los inputs y outputs de los procesos productivos.

5. Discusión

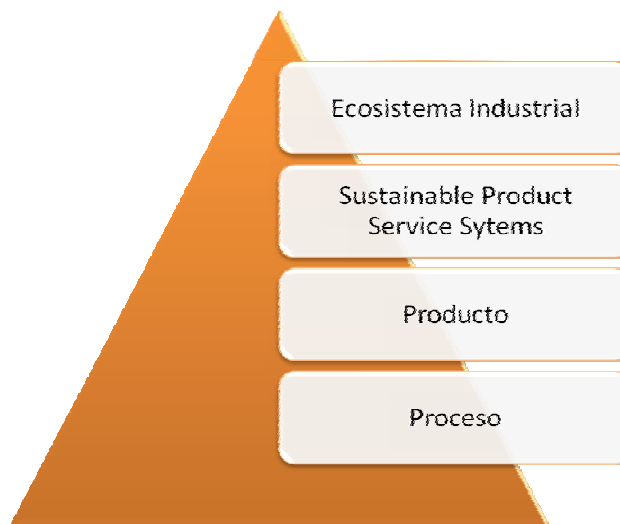
Los casos de estudio muestran que las empresas definen como soluciones eco-eficientes mejoras importantes en algunos de los 7 indicadores de eco-eficiencia del WBCSD, ya que son fácilmente medibles. Del análisis de los casos presentados, se puede concluir que tanto en los ejemplos de la industria aeronáutica como en los ejemplos de la industria de aparatos eléctricos y electrónicos existe una visión reduccionista de la eco-eficiencia. Los productores que se auto declaran eco-eficientes, centran sus esfuerzos en intentar incluir mejoras ambientales en sus productos principalmente con la intención de reducir los consumos energéticos y la emisión de gases contaminantes. Aunque es verdad que el mayor impacto ambiental de estos productos se da en la fase de uso, con las medidas anteriormente citadas sólo se pueden conseguir mejoras e innovaciones incrementales, pero no se conseguirán alcanzar las innovaciones radicales necesarias para obtener la eco-eficiencia (Justel, 2008). Para poder lograr sistemas de productos y servicios realmente sostenibles, se tendrán que tener cuenta toda la red de factores que circundan al producto, incluyendo: el ciclo de vida del producto, los servicios asociados al producto y los factores sociales de los mismos (comportamientos, hábitos, contexto social etc.).

La cuestión que se presenta es la siguiente, ¿a partir de qué valor se puede considerar que un producto y/o servicio es eco-eficiente?

Justel (2008) considera que la eco-eficiencia se logra a partir de innovaciones radicales. Si se considera el valor de la eco-eficiencia según la ecuación 2, se debería de determinar un valor de nivel del Factor X, a partir del cual, se defina al producto y/o servicio como eco-eficiente, pero entonces aparecería otro problema, ¿cómo comparar dos productos de diferentes competidores?, ya que los criterios y consideraciones empleados en cada caso son comunes. El problema de los métodos actuales es que sirven a las empresas para compararse consigo mismas, pero no para compararse entre ellas. Actualmente, en ciertos sectores, por ejemplo electrodomésticos, existe una normativa que regula la eficiencia energética en la fase de utilización y clasifica los productos en: A+, A, B, etc. Pero no hay un indicador a nivel global que evalúe el ciclo de vida total. Siendo lo más aproximado en este sentido, la certificación en la norma UNE 150.3001, de gestión del ecodiseño. Aunque tampoco serviría para comparar la eco-eficiencia entre empresas. En este sentido, Kuosmanen & Kortelainen (2005) afirman que el problema de medida de la eco-eficiencia radica en cómo medir el término ecológico de la ecuación de la eco-eficiencia.

Por otro lado, si dentro de las soluciones eco-eficientes se estableciera una clasificación se podría usar el término de manera más precisa, y sin que diera lugar a confusiones. Se podrían discernir entre diferentes tipos de eco-eficiencias, en función del nivel de disgregación (Figura 3). En el nivel superior o primer nivel, estaría el Ecosistema Industrial, con soluciones globales que modificarían radicalmente el sistema actual. En el segundo nivel, *Sustainable Product Service Systems*, con soluciones sostenibles de nuevos servicios con sus productos asociados. En el tercer nivel, Producto, que proporciona soluciones que mejoran el producto actual, y en el último nivel estarían las mejoras de los procesos industriales.

Figura 3: Niveles de escala de eco-eficiencia



Para lograr los niveles más altos de eco-eficiencia la industria debería de incluir en sus planteamientos análisis socio-culturales con el fin de promover cambios en el modo de vida de las personas y así lograr mejora ambientales mayores, aunque para ello la inversión o apuesta inicial deberá ser mayor. Los niveles intermedios se lograrían con el análisis de las actividades que realizan las personas y finalmente los niveles más bajos de eco-eficiencia se obtendrían del estudio del producto y el proceso productivo en sí. En este caso se obtienen soluciones de diseño que optimizan la función y son menos innovadores, aunque las mejoras tecnológicas pueden ser elevadas.

Es cierto, que en la realidad diaria, no son muchos los casos prácticos donde se ha plasmado esta visión de Ecosistema Industrial. La mayoría de ellos se encuentran en países en vías de desarrollo, siendo más escasos los casos de estudio encontrados en los países ya desarrollados económicamente. La gran cantidad de recursos humanos y económicos necesarios para poner en marcha proyectos de este calibre hace difícil su implementación, y estos factores se ven acrecentados si actuamos en escenarios de países desarrollados, dada la complejidad de las redes de agentes (*stakeholders*) que intervienen en los sistemas.

Es indudable, que mantener el sistema lineal actual (obtención de materia prima, consumo y deposición) en un planeta de recursos limitados es totalmente insostenible. La visión sistémica presenta una sólida alternativa para una nueva reagrupación de los sistemas productivos y de consumo (al menos desde el punto de vista teórico), pero para asegurar una implementación exitosa es necesaria una total implicación de los *stakeholders* (económicos, ambientales y sociales) que conforman la red de flujos, implicación que pocas veces suele lograrse dada la gran cantidad de intereses encontrados con los que el diseñador de sistemas se topa. Aún así, los resultados ya implementados siguen siendo alentadores, ya que aunque no siempre se consigan alcanzar muchos de los ambiciosos objetivos que persiguen (innovaciones radicales), si se distinguen una serie de mejoras puntuales (innovaciones incrementales) en varios puntos de la red de flujos del sistema, por lo que se consiguen diseñar modelos productivos y de consumo más eco-eficientes que si únicamente se analizara el proceso o el producto de manera aislada.

6. Conclusiones

Crear productos cada vez más eco-eficientes puede generar muchas ventajas económicas, pero es de especial interés aplicar la eco-eficiencia en los planteamientos estratégicos de las empresas. Pero, para lograr un desarrollo sostenible pleno es indispensable que esa visión estratégica sea asumida por todos los agentes implicados en el sistema-administración, ciudadanía e industria-

Para obtener mejoras eco-eficiente significativas, no es suficiente con tener una visión local de los productos o los procesos, sino que hay que diseñar sistemas de productos y servicios sostenibles integrados en la visión estratégica mencionada anteriormente. De esta manera se obtendrían tanto innovaciones incrementales puntuales, como innovaciones radicales.

Además, se debería de desarrollar un sistema de evaluación del grado de eco-eficiencia para cada una de las etapas que indica la pirámide de la Figura 3. Siendo necesario definir modelos de evaluación y de comparación, entre empresas de un mismo sector y de diferentes sectores.

Finalmente, también sería necesario formar a los agentes que intervienen en el desarrollo sostenible para poder alcanzar productos y servicios más eco-eficientes.

Referencias

AIRBUS, 2011 <http://www.airbus.com/innovation/eco-efficiency/>, consultado 21-3-2011.

ASU. School of life Science, Arizona State University. http://askabiologist.asu.edu/sites/default/files/image/ecosystems/ecosystem_movement.jpg, consultado 29-03-2011.

BALAY, <http://www.balay.es/ecoeficiencia/productos-ecoeficientes.html>, consultado 29-03-2011.

Bastante, M.J. "Propuesta metodológica para la cuantificación de la ecoeficiencia de los productos industriales a partir de la evaluación del valor funcional y de los impactos

económico y ambiental”. Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. 2006.

Bistagnin, L. ” Design dei Sistemi. Approccio Progettuale: Sistemi industriali aperti a zero emissioni”. Politecnico di Torino.Turín. 2007.

BOEING. <http://www.boeing.es/ViewContent.do?id=42142&aContent=Medioambiente>, consultado 21-03-2011.

BOSCH. <http://www.bosch-home.es/ecoeficiencia.htm>, consultado 29-03-2011

Brattebø, H. “Towards a Methods Framework for Eco-efficiency Analysis”. Journal of Industrial Ecology. Vol 9 (4), pp 9-11. (2005)

Braungart, M. and McDonough, W. “Cradle to Cradle (De la cuna a la cuna): Rediseñando la forma en que hacemos las cosas”. ISBN: 84-481-4295-0. Madrid, 2005.

Brundtland, G.H. “Nuestro futuro común”. Alianza Editorial. Madrid 1987.

Capra, F. “The Hidden Connections: Integrating The Biological, Cognitive, And Social Dimensions Of Life Into A Science Of Sustainability”. RCS Libri S.P.A.Nueva York. 2002.

Capra, F. ”The Web of Life: A New Scientific Understanding of Living Systems. Anchor Books. Nueva York. 1996.

Capra, F. y Pauli, G.” Steering Business Toward Sustainability”. United Nations University Press. Tokyo. 1995.

Capuz, S. “Ecodiseño: ingeniería del ciclo de vida para el desarrollo de productos sostenibles” ISBN: 978-84-9705-191-0. Editorial UPV, 2002.

De Geus, A. “The living Company”. Harvard Bussines Scholl Press. Cambridge. 1997

Desimone, L.D. and Popoff, F. “Eco-efficiency: the business link to sustainable development”. Massachusetts Institute of Technology. 1997. Cambridge, MA.

EEA (European Environmental Agency). “Making Sustainability Accountable. Eco-efficiency”, Resource Productivity and Innovation. EEA Topic Report Nº 11. Copenhagen. 1999

ELECTROLUX, <http://www.electrolux.es/Products/Gamas/Gamas---Productos-cruzados/La-nueva-Gama-Verde-ampliada/>, consultado 29-03-2011

Gómez, T. “Propuesta metodológica para la mejora de la ECO-EFICIENCIA de los productos industriales a lo largo de su ciclo de vida. Aplicación a las PYME de la Comunidad Valenciana”. Tesis doctoral de la Universidad Politécnica de Valencia. Valencia. 2004.

Gunter, P. (2011). “About ZERI: Case Studies. Zeri.org”. http://www.zeri.org/case_studies.htm. Consultado el 18-03-11. 2011a

Gunter, P. “About ZERI: The Science Behind It. Zeri.org” http://www.zeri.org/about_what_is_zeri.htm, Consultado el 18-03- 11. 2011b

Justel, D. “Metodología para la eco-innovación en el diseño para desensamblado de productos industriales”. Tesis doctoral de la Universitat Jaume I. Castellón. 2008.

Kuosmanen, T. and Kortelainen, M. “Measuring eco-efficiency of production with data envelopment analysis”. Journal of Industrial Ecology. Vol. 9 (4), pp. 59 – 72. 2005.

Lehni, M. “Eco-efficiency: Creating more value with less impact”. WBCSD (World Business Council for Sustainable Development). ISBN 2-940240-17-5. Ginebra. 2000.

Lye, S.W.; Lee, S.G.; Khoo, M.K. “A design methodology for the strategic assessment of a product’s eco-efficiency”. International Journal of Production Research. Vol. 39 (11), pp. 2453-2474. 2001

Madariaga, G. "Ecoeficiencia en el diseño de productos". Proyecto Fin de Carrera. Escuela Politécnica Superior de Mondragon Unibertsitatea. 2009.

Nuij, R. "Eco-innovation: Helped or hindered by Integrated Product Policy". The Journal of Sustainable Design. Vol. 1, pp. 49-51. 2001.

OECD. "Eco-efficiency". Organizaton for Economic Co-operation and Development (OECD). Paris. 1998.

Pollution Probe & Five Winds. "Policy Framework for Environmental Sustainability". 2004.

Senge, P. "The Fifth Discipline". Doubleday. New York, 1990.

Sturm, A. and Schaltegger, S. "Ökologische Rationalität, in Die" Unternehmung Nr 4. 1990.

Von Bertalanffy, L. "General System theory: Foundations, Development, Applications. New York. 1968.

WBCSD. "Eco-efficiency learning module". World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). 2006.

WBCSD. "Midiendo la ECO-EFICIENCIA – una guía para reportar el desempeño empresarial". World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Ginebra 2000.

Agradecimientos

Los autores agradecemos la financiación recibida por los patrocinadores del Aula de Ecodiseño de Mondragón: el Departamento de Desarrollo Sostenible de la DFG y la Escuela Politécnica Superior de MONDRAGON UNIBERTSITATEA.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Daniel Justel Lozano

Diseinu Berrikuntza Zentroa (DBZ)- Mondragon Unibertsitatea

Dpto. de Mecánica y Producción Industrial de Mondragon Unibertsitatea

Loramendi kalea, 4; Apartado 23. 20500 Arrasate-Mondragón (Gipuzkoa) Spain

Phone: 943 79 47 00

Fax : 943 79 15 36

E-mail: djustel@eps.mondragon.edu

URL : <http://www.mondragon.edu/innodis>