

RELACIÓN DE FACTORES DE INNOVACIÓN EN EL PRODUCTO Y FACTORES DE ECODISEÑO A TRAVÉS DE AHP

Vicente Chulvi

Rosario Vidal

Universitat Jaume I. Dep. d'Enginyeria Mecànica i Construcció

Abstract

Product innovation and eco-design have been two key factors within the framework of product engineering and industrial design. Nevertheless, these factors have been frequently analyzed separately. So, on the one side there are different tools in order to promote the technological development and innovation, and in the other side there are techniques to quantify how environmental friendly a product is, and towards where its evolution must orientate in order to become more ecologic.

The present paper pretends to link both evolutive patterns through the analysis of the parameters for evaluating the product innovation and the ecological factor. The tools of TRIZ, as a innovative technique, and LiDS-wheel, as a eco-design technique, have been selected for this proposal, and their parameters have been confronted. The results analysis have been made through experts query and the application of the multicriteria analysis technique AHP with ratings.

Keywords: *Eco-Design; innovation; AHP; TRIZ*

Resumen

El ecodiseño y la innovación en el producto son dos factores clave en el marco de la ingeniería de producto y diseño industrial. Sin embargo, estos han sido analizados frecuentemente por separado, existiendo herramientas para promover el desarrollo y la innovación tecnológica por un lado, mientras que por otro lado se han desarrollado técnicas para cuantificar o valorar cuan medioambientalmente amigable es un producto y hacia dónde debe orientarse su evolución para hacerlo más ecológico.

El presente artículo pretende ligar sendos patrones evolutivos a través del análisis de los parámetros dirigidos a valorar la innovación de un producto y su factor ecológico. Para ello se han escogido las herramientas de TRIZ, como técnica innovadora, y LiDS-wheel, como técnica de ecodiseño, y se han confrontado sus parámetros. El análisis de los resultados se ha realizado a través de la consulta a expertos y la aplicación de la técnica de análisis multicriterio AHP con ratings.

Palabras clave: *Ecodiseño; innovación; AHP; TRIZ*

1. Introducción

La innovación es un reto en el punto de mira de todas las empresas, tanto las que intentan crearse un hueco en el mercado actual como las más consolidadas para no verse sobrepasadas por la competencia. El principal problema de los responsables de innovación de estas empresas siempre es el mismo: ¿Cómo innovar? ¿Hacia dónde dirigir los

esfuerzos para innovar? Para solventar esta problemática, han surgido a lo largo de la historia reciente un gran número de metodologías: Brainstorming, Benchmarking; Delphi, 6 sigma, TRIZ, análisis morfológico, etc (Hipple, 2003; Ochoa & Pinto, 2004; Kwak & Anbari, 2006; Thompson G. & Lordan, 1999).

A esta preocupación por innovar se le añade hoy en día un nuevo reto derivado de las demandas de la sociedad: la ecología. La nueva conciencia ecológica de la sociedad deriva en la demanda de productos más ecológicos por parte de los consumidores, con lo que surge una nueva postura, la eco-innovación.

El presente trabajo ofrece un estudio comparativo de los parámetros de innovación tecnológica en el producto con los parámetros medioambientales del ecodiseño, con el ánimo de discernir los mejores puntos para eco-innovar o si las líneas de innovación actuales son contrarias a las demandas medioambientales. Para ello se ha escogido la herramienta de las líneas de evolución de TRIZ (Alsthsuller, 1984, 1997; Mann, 2003; Hipple, 2007) como herramienta de innovación tecnológica y la eco-rueda LiDS (Brezet & van Hemel, 1997) como herramienta de ecodiseño. Los parámetros de ambas han sido comparados y analizados a utilizando el AHP con ratings (Saaty, 1980).

2. Materiales y métodos

2.1 Líneas evolutivas de TRIZ

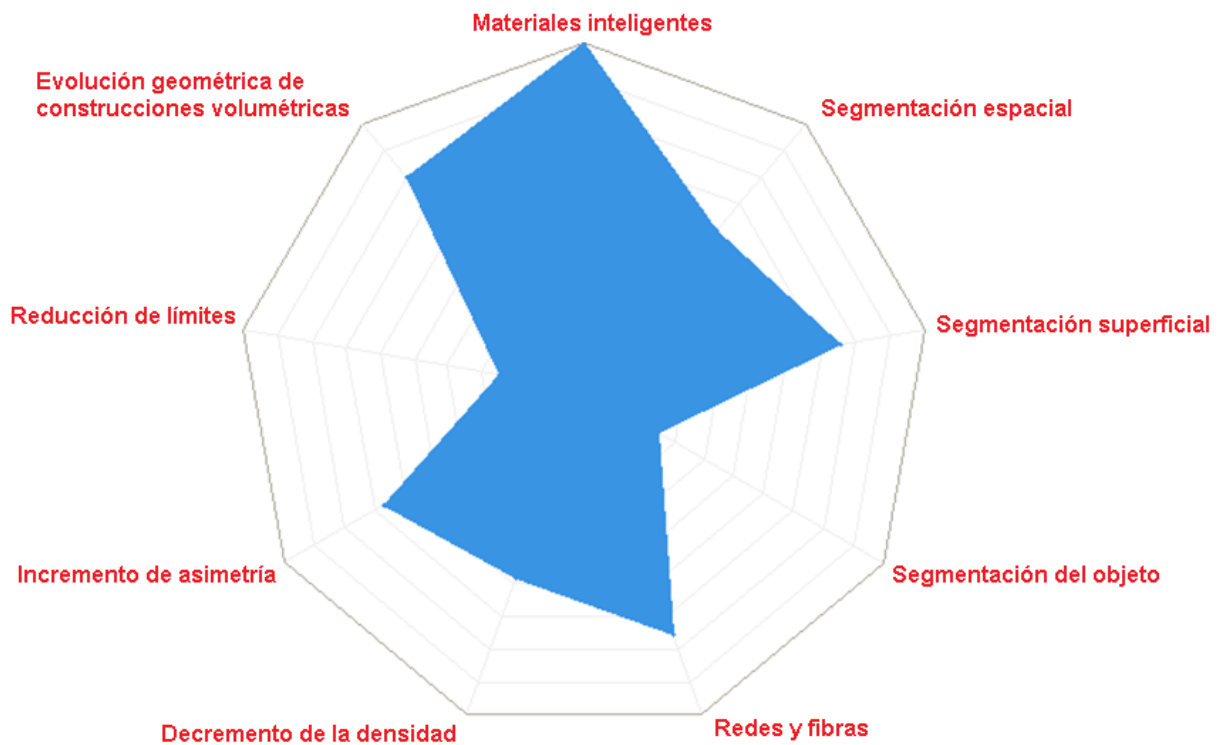
Las líneas de evolución, también conocidas como leyes de evolución de los sistemas técnicos, provienen de la idea de que todos los sistemas técnicos siguen unos patrones comunes de evolución, incluso si pertenecen a campos diferentes. De acuerdo con las teorías de Mann (2003), existen 31 líneas de evolución que englobarían todos los saltos tecnológicos posibles capaces de generar una solución innovadora a un problema tecnológico. Su uso estandarizado consiste en el análisis del potencial evolutivo de un objeto, esto es, dado un objeto se evalúa el nivel de evolución en que se encuentra para cada uno de los 31 parámetros existentes aplicable a dicho objeto.

El programa informático Creax Innovation Suite, elaborado a partir de la propuesta de Mann, presenta las 31 líneas separadas en niveles, útil para cuantificar el nivel de evolución que presenta un objeto dado en cada una de las líneas que le conciernen. La Figura 1 nos muestra un ejemplo de una línea evolutiva con todos sus niveles definidos. Con estos valores y una vez normalizados a una escala común, el programa elabora un gráfico de tela de araña, tal y como muestra la Figura 2. En ella se ve un análisis que, como ejemplo meramente ilustrativo, ha considerado nueve de las 31 líneas evolutivas. En la figura se puede apreciar de un simple vistazo que los parámetros menos evolucionados tecnológicamente del objeto analizado son su reducción de límites y su segmentación del objeto, mientras que la parte más evolucionadas es el uso de materiales inteligentes.

Figura 1: Línea de evolución “segmentación espacial” (Fuente: Creax Innovation Suite)



Figura 2: Representación abreviada en una gráfica de tela de araña del estado evolutivo de un objeto (Fuente: Creax Innovation Suite)



2.2 Eco-rueda LIDS

La rueda LiDS es una herramienta para el ecodiseño que propone un sistema de clasificación de las diferentes estrategias utilizadas en el campo del ecodiseño en ocho bloques. Cada uno de estos bloques o parámetros principales puede ser dividido a su vez en diferentes sub-parámetros, creando de este modo una organización taxonómica de términos ecológicos. En el uso de la herramienta, cada uno de los ocho parámetros se representa en como un eje en una gráfica de tela de araña (Figura 3), al igual que en el caso de las líneas evolutivas de TRIZ, pero en este caso los resultados se refieren al estado evolutivo del objeto en términos ecológicos en lugar de parámetros tecnológicos.

Las dos razones por las que se ha escogido estas dos herramientas, las líneas evolutivas de TRIZ y la eco-rueda LiDS, para realizar la comparación, son, por un lado, que ambas utilizan el análisis a través de una gráfica de tela de araña, y por otro que disponen de un número elevado de términos en ambas herramientas para poder realizar un análisis completo en profundidad.

Figura 3: Eco-rueda LiDS (Brezet and van Hemel, 1997)



2.3 Metodología del estudio

2.3.1 Selección de ítems

Puesto que tanto a la hora de innovar tecnológicamente como cuando se trata de desarrollar un producto ecológico existen multitud de factores implicados, tanto internos como externos al producto en sí, el primer paso para relacionar los factores de innovación en el producto con los factores de ecodiseño consiste en discernir cuales de los parámetros de innovación y ecológicos se refieren únicamente al producto.

Por tanto, de las 31 líneas de evolución iniciales propuestas por Mann, para el presente estudio han sido seleccionadas las 17 relativas al producto, agrupadas según nos referimos al producto en sí o a su uso. La tabla 1 nos muestra las 17 líneas escogidas.

Tabla 1. Factores de innovación tecnológica relativos al producto

		Factor
Producto	Material	Materiales adaptativos en forma
		Incremento del uso de fibras y mallas
		Materiales menos densos
	Forma	Producto final altamente segmentado
		Producto final hueco o poroso
		Producto final con rugosidad superficial
		Producto final más pequeño
		Incremento de curvas, formas y asimetrías en el producto final
	Aspecto (estética)	Aumento de la cantidad de sentidos sobre los que actúa el producto final
		Aumento de la variedad de colores utilizados en el producto final
Incremento de la transparencia del producto final		
Uso	Aspecto funcional	Producto final compuesto de varios sub-productos iguales
		Producto final compuesto de varios sub-productos diferentes
		Producto final con formas diferenciadas para realizar funciones diferentes
	Diseño del producto	Reducción de las partes diferenciadas del producto (límites físicos)
		Producto optimizado para diversas condiciones de uso
		Producto diseñado utilizando más variables o parámetros de diseño

Por su parte, de los sub-parámetros de la eco-rueda LIDS, se han seleccionado aquellos referentes al producto:

- Materias primas menos contaminantes
- Menor contenido energético
- Más material reciclado
- Reutilizable
- Refabricable
- Reciclable
- Más ligero
- De menor volumen
- Más fiable y resistente

2.3.2 Cuestionario a expertos

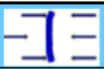






Con los parámetros seleccionados en el punto anterior se ha elaborado una matriz 17x9. Cada celda de la matriz se refiere, por tanto, a la relación entre un parámetro tecnológico y otro medioambiental. Se ha estipulado una escala de siete puntos para valorar el tipo de relación entre sendos parámetros, que comprende los valores:

- Muy positiva
- Positiva
- Ligeramente positiva
- Neutra
- Ligeramente negativa
- Negativa
- Muy negativa

Con ellos se pretende valorar si una mejora o evolución en un factor de innovación tecnológica causa una mejora en un factor medioambiental del producto, o si por el contrario lo perjudica, y en que intensidad se produce dicha interacción.

La encuesta ha sido enviada a un conjunto de 12 expertos: 6 en ecodiseño y los otros 6 en innovación tecnológica. Por experto se ha considerado todo aquel profesional o investigador con más de 5 años de experiencia en el campo requerido. El encuestado deberá responder con uno de dichos valores para cada celda de la matriz. Así, por ejemplo, si considera que la línea de evolución tecnológica “producto final más pequeño” ayuda en gran medida a que sea un producto “más ligero”, en la casilla de interacción de sendos factores marcará la opción “muy positiva”. Sin embargo, si considera que la línea de evolución tecnológica “incremento de uso de fibras y mallas” no sólo no ayuda, sino que puede llegar a empeorar el parámetro medioambiental de “refabricable”, marcará la interacción con la opción “negativa”. La Figura 4 muestra un extracto de la encuesta que se ha pasado a los expertos para su respuesta.

Figura 4: Extracto de la encuesta

Factor:		Con materias primas menos contaminantes	Menor contenido energético	Más material reciclado	R
Producto	Material	Materiales adaptativos en forma 			
		Incremento del uso de fibras y mallas 	Muy positivo Positivo Ligeramente positivo Neutro Ligeramente negativo Negativo Muy negativo		
		Materiales menos densos 			
	Forma	Producto final altamente segmentado 			
		Producto final hueco o poroso 			
		Producto final con rugosidad superficial 			
		Producto final más pequeño 			

2.3.3 ponderación AHP

Los resultados de los cuestionarios respondidos por los doce expertos se han analizado utilizando el AHP con ratings (Saaty, 1980). Para ello, en primer lugar se han calculado los pesos ponderados de cada valor posible de las interacciones descritas, obteniendo el valor normalizado para cada nivel de la escala empleada en las preguntas (Tabla 2). Esto nos indica el peso que tiene cada valor en la escala respecto al resto de valores, y nos permite convertir una escala cualitativa en una cuantitativa.

La conversión de la escala en valores ponderados permitirá determinar el valor considerado para cada interacción utilizando la media geométrica de las opiniones de los expertos consultados.




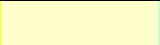



Tabla 2. AHP con ratings para la obtención de los pesos normalizados de cada nivel de la escala empleada

	Muy negativo	Negativo	Lig. negativo	Neutro	Lig. positivo	Positivo	Muy positivo	Media geométrica	Valor normalizado	
	1	2	3	4	5	6	7			
Muy negativo	1	1,00	0,50	0,33	0,25	0,20	0,17	0,14	0,296	0,143
Negativo	2	2,00	1,00	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29	0,592	0,286
Ligeramente negativo	3	3,00	1,50	1,00	0,75	0,60	0,50	0,43	0,888	0,429
Neutro	4	4,00	2,00	1,33	1,00	0,80	0,67	0,57	1,183	0,571
Ligeramente positivo	5	5,00	2,50	1,67	1,25	1,00	0,83	0,71	1,479	0,714
Positivo	6	6,00	3,00	2,00	1,50	1,20	1,00	0,86	1,775	0,857
Muy positivo	7	7,00	3,50	2,33	1,75	1,40	1,17	1,00	2,071	1,000

3. Resultados

La tabla 3 nos muestra los rangos de valores normalizados comprendidos en cada nivel de la escala utilizada, así como los colores que se utilizarán para una mejor interpretación de los mismos y el valor otorgado para realizar el contraste en el análisis posterior.

Tabla 3. Valores, rangos y codificación

Valor	Muy negativo	Negativo	Ligeramente negativo	Neutro	Ligeramente positivo	Positivo	Muy positivo
Rango	[0- 0,14[[0,14- 0,29[[0,29-0,43[[0,43-0,57[[0,57-0,71[[0,71-0,86[[0,86-1]
Color							
Contraste	- 3	- 2	- 1	0	+ 1	+ 2	+ 3

Así, en la Tabla 4 se pueden ver los valores medios normalizados obtenidos a partir de las respuestas de los 12 expertos consultados, aplicando los pesos normalizados de cada nivel de la escala empleada mostrados en la Tabla 2. Además del valor normalizado medio, en la tabla se puede apreciar la codificación por colores descrita anteriormente, por lo que en un simple vistazo se puede apreciar si cada línea de evolución tecnológica tiene un efecto positivo, negativo o neutro, y en qué grado, sobre cada uno de los parámetros de mejora medioambiental representados en las columnas.

Tabla 4. Valores medios normalizados de las interacciones entre factores tecnológicos y medioambientales

	Con materias primas menos contaminantes	Menor contenido energético	Más material reciclado	Reutilizable	Re-fabricable	Reciclable	Más ligero	De menor volumen	Más fiable y resistente
Materiales adaptativos en forma	0,62	0,59	0,64	0,74	0,64	0,61	0,57	0,60	0,75
Incremento del uso de fibras y mallas	0,56	0,60	0,71	0,52	0,47	0,45	0,86	0,77	0,90
Materiales menos densos	0,63	0,73	0,61	0,61	0,60	0,60	0,96	0,69	0,51
Producto final altamente segmentado	0,61	0,61	0,64	0,73	0,66	0,73	0,71	0,64	0,67
Producto final hueco o poroso	0,66	0,76	0,65	0,64	0,61	0,66	0,92	0,59	0,42
Producto final con rugosidad superficial	0,61	0,56	0,61	0,55	0,60	0,58	0,57	0,57	0,63
Producto final más pequeño	0,64	0,75	0,57	0,59	0,60	0,60	0,92	0,90	0,44
Incremento de curvas, formas y asimetrías en el producto final	0,61	0,42	0,57	0,47	0,49	0,57	0,50	0,44	0,61
Aumento de la cantidad de sentidos sobre los que actúa el producto final	0,59	0,54	0,59	0,59	0,57	0,55	0,55	0,57	0,55
Aumento de la variedad de colores utilizados en el producto final	0,39	0,50	0,53	0,48	0,52	0,44	0,57	0,57	0,56
Incremento de la transparencia del producto final	0,51	0,56	0,42	0,55	0,56	0,53	0,51	0,59	0,53
Producto final compuesto de varios sub-productos iguales	0,60	0,64	0,57	0,73	0,64	0,63	0,53	0,56	0,59
Producto final compuesto de varios sub-productos diferentes	0,57	0,58	0,64	0,64	0,57	0,47	0,56	0,51	0,60
Producto final con formas diferenciadas para realizar funciones diferentes	0,57	0,49	0,59	0,47	0,53	0,56	0,60	0,56	0,69
Reducción de las partes diferenciadas del producto (límites físicos)	0,60	0,56	0,60	0,52	0,54	0,53	0,54	0,59	0,64
Producto optimizado para diversas condiciones de uso	0,62	0,54	0,59	0,63	0,59	0,56	0,60	0,59	0,77
Producto diseñado utilizando más variables o parámetros de diseño	0,70	0,64	0,64	0,51	0,59	0,60	0,64	0,64	0,81

Para calcular el global del efecto de cada línea de evolución tecnológica se utilizan, por un lado el valor promedio de las diferentes interacciones entre dicha línea de evolución y cada

uno de los parámetros medioambientales contrastados, esto es, el promedio de los valores de las columnas para cada fila de la Tabla 4, y por otro la comparación entre el valor positivo y negativo de cada una de las interacciones utilizando los valores de contraste de la Tabla 3. El resultado final de sendas comparaciones puede verse en la Tabla 5:

Tabla 5. Potencial ecológico de las líneas de evolución tecnológica

	Media	Contraste
Materiales adaptativos en forma	0,642	+ 10
Incremento del uso de fibras y mallas	0,648	+ 11
Materiales menos densos	0,660	+ 10
Producto final altamente segmentado	0,666	+ 11
Producto final hueco o poroso	0,657	+ 9
Producto final con rugosidad superficial	0,587	+ 6
Producto final más pequeño	0,667	+ 12
Incremento de curvas, formas y asimetrías en el producto final	0,521	+ 2
Aumento de la cantidad de sentidos sobre los que actúa el producto final	0,567	+ 4
Aumento de la variedad de colores utilizados en el producto final	0,507	0
Incremento de la transparencia del producto final	0,527	0
Producto final compuesto de varios sub-productos iguales	0,609	+ 7
Producto final compuesto de varios sub-productos diferentes	0,572	+ 5
Producto final con formas diferenciadas para realizar funciones diferentes	0,561	+ 3
Reducción de las partes diferenciadas del producto (límites físicos)	0,569	+ 3
Producto optimizado para diversas condiciones de uso	0,609	+ 7
Producto diseñado utilizando más variables o parámetros de diseño	0,642	+ 8

4. Conclusiones

En líneas generales se puede afirmar que los parámetros de innovación en el producto son coherentes con los parámetros de mejora medioambiental o, como mínimo, neutros. En principio se percibe una mayoría de interacciones favorables, aunque en su mayor medida sólo ligeramente. De hecho, 83 de las 153 interacciones posibles han sido consideradas como ligeramente positivas, y 47 como neutras. Tenemos también que 14 interacciones han sido consideradas positivas y 5 como muy positivas. Por el contrario, sólo 4 interacciones han sido catalogadas como ligeramente negativas, y ninguna como más desfavorable de este nivel.

Aunque existen algunos casos concretos en que un parámetro innovador es contraproducente con un parámetro medioambiental, se compensa con la mejora medioambiental que su interacción causa en otro parámetro. Por ejemplo, en el caso del factor de innovación de "Incremento de la transparencia del producto final" se puede ver cómo su efecto es ligeramente negativo en el caso de "más material reciclado", pero se ha

considerado como ligeramente positivo en el caso de “menor volumen”, y permanece neutro en el resto de los factores medioambientales, esto es, no tiene ninguna relación.

Otros aspectos innovadores se han declarado como claramente favorables a la mejora medioambiental, como el caso de “producto final más pequeño”, que se muestra como muy positivo en dos parámetros medioambientales, positivo en uno de ellos, ligeramente positivo en cuatro, y neutro en los dos restantes.

Con todo ello, se puede concluir que los patrones de innovación tecnológica son relativamente positivos para lograr una mejora medioambiental en términos generales, o como mínimo no negativos, si bien en algunos aspectos específicos se tiene que consultar si dicha mejora tecnológica no causará un retroceso medioambiental en algún parámetro aislado.

Paralelamente, el estudio sirve para ver en que líneas tenemos que mejorar tecnológicamente un producto para que presente un mayor beneficio medioambiental, al mismo tiempo que mantenemos el nivel de innovación para no perder competitividad en el mercado.

2.8 Referencias

- Altshuller, G. (1984). *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems*. Luxembourg: Gordon and Breach Science Publishers.
- Altshuller G., & Shulyak L. (1997). *40 principles: Triz keys to technical innovation*. Technical Innovation Center, Worcester, MA.
- Brezet H. & van Hemel C.,(1997). *Ecodesign. A promising approach to sustainable production and consumption*. France.
- Hipple, J. (2003). So, you want to start an innovation effort. *Research Technology Management*,46, 11-13.
- Hipple, J., & Reeves, M. (2007). *The use of TRIZ to increase the value of intellectual property*. Atlanta, GA: Licensing Executive Society.
- Kwak, Y. H., & Anbari FT. (2006). Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation* 26, 708-715
- Mann, D. (2003). Better technology forecasting using systematic innovation methods. *TF Highlights from ISF 2002*, 8, 779-795.
- Ochôa, P., & Pinto, L. G. (2004). *Aprender a innovar: guia para o desenvolvimento de competências de gestão para os profissionais de informação e documentação*. Lisboa: BAD.
- Saaty T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Thompson, G., & Lordan, M. (1999). A review of creativity principles applied to engineering design. *En Proceedings of Proceedings of the I MECH E Part E, Journal of Process Mechanical Engineering*, 17-31

Correspondencia (Para más información contacte con):

Vicente Chulvi Ramos
Universitat Jaume I. Dep. d'Enginyeria Mecànica i Construcció
Phone: + 34 964 728113 Fax: + 34 964 728106
E-mail: chulvi@uji.es