



ECODISEÑO: EJE DE INNOVACIÓN EN EL DISEÑO DE UN PRODUCTO INDUSTRIAL

F. Cavas-Martínez⁽¹⁾, J. Conesa Pastor⁽¹⁾, A. Rodríguez Piñeiro⁽²⁾, F. Acosta Ruiz⁽²⁾

(1) Dpto. de Expresión Gráfica. Universidad Politécnica de Cartagena
francisco.cavas@upct.es

(2) Facultad de Ingeniería Mecánica. CUJAE. CUBA

Históricamente, el enfoque del concepto del diseño ha estado estrechamente ligado al desarrollo tecnológico y ha centrado su atención en el desarrollo de productos (o de nuevos productos) para satisfacer las demandas de los consumidores. Actualmente, además de la visión anterior, se plantea la necesidad de mejorar la ecoeficiencia, reduciendo su impacto ambiental a lo largo de su proceso de fabricación y de su ciclo de vida, este nuevo enfoque, complementario al anterior, se denomina Ecodiseño.

El objetivo del presente trabajo ha sido la definición de criterios ambientales como eje de innovación en el diseño de una mampara con el fin de alcanzar una reducción del impacto global del producto durante su ciclo de vida. Para ello hemos utilizado la metodología denominada Operativa de Implementación en 7 pasos definida por IHOBE.

La aplicación de esta metodología nos ha permitido una reducción del 7.5 % de consumo de recursos energéticos, además de una reducción del 15 % de la cantidad de materia prima utilizada para la fabricación del producto. La mejora en la sostenibilidad ambiental del proceso mediante la definición de un nuevo sistema de producción cerrado consiguiendo un equilibrio dinámico entre el producto y los subproductos, una reducción del volumen del producto optimizando la operatividad, mantenimiento y el uso del espacio para los medios de transporte, así como, una mejora en la competitividad de la empresa al ofertar un producto con mayor valor añadido contribuyendo de forma decisiva a la conservación de los recursos y la protección del medio ambiente. Estos resultados constatan la validez de la metodología.

1. INTRODUCCIÓN

El diseño de un producto ha sido interpretado históricamente como la actividad que ha convertido una idea en un conjunto de especificaciones para la producción como consecuencia de una demanda del mercado, si en tal concepción, no han sido consideradas las fases posteriores (producción, distribución y ventas), ni tampoco aquellos factores (estado de la tecnología, estética, ergonomía, seguridad, fiabilidad, etc.), que tengan una influencia directa o indirecta con el producto a lo largo de toda su ciclo de vida, aparecerán problemas cuya raíz está en la misma concepción del producto, pero cuyo escenario problema, puede ser la línea de montaje, el almacén o la distribución, traducándose esto en un aumento global del impacto económico y medio ambiental del producto[1].

Además de la visión anterior, actualmente se plantea la necesidad de mejorar la ecoeficiencia en el diseño de un producto [2], para ello, las industrias plantean un nuevo enfoque global de sus productos o servicios basados en reducir la intensidad del uso de la energía y de las materias primas, fomentar la reutilización y reciclabilidad de los materiales, etc., y sobre todo, en reducir el impacto sobre la salud humana y el medio ambiente. Todos estos nuevos planteamientos están estrechamente vinculados al diseño del producto y del proceso que lo produce, por ello una herramienta para mejorar la ecoeficiencia es el Ecodiseño.

El ecodiseño es la integración sistemática de consideraciones ambientales en el proceso de diseño de los productos [3], su propósito principal es el desarrollo de los productos que llevan a la sostenibilidad, reduciendo su carga ambiental a través de todo su ciclo de vida,

considerando también otros requisitos convencionales (figura 1) de los productos y de los clientes como la funcionabilidad, calidad, seguridad, coste, ergonomía y estética.

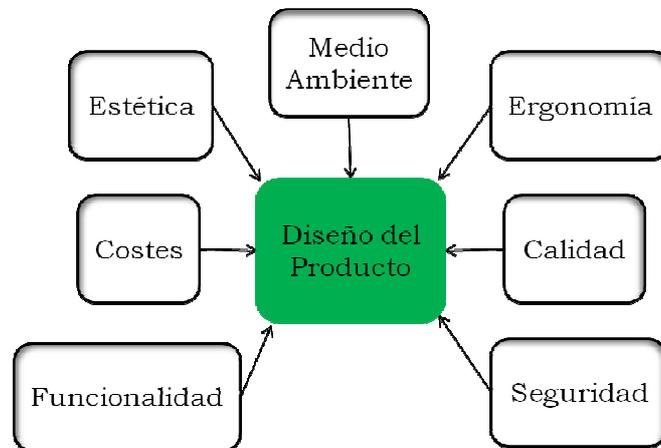


Figura 1. Concepto diseño producto [3].

El diseño es una actividad puramente creativa, en ningún caso, se pueden determinar las soluciones innovadoras propuestas a desarrollar, por ello, el desarrollo de una metodología basada en la definición de las soluciones más factibles para la integración temprana de las consideraciones ambientales en el proceso de desarrollo del producto, constituye una forma eficaz de introducir los cambios que influyen positivamente en el diseño de un producto con criterios medio ambientales.

Existen diferentes metodologías [4, 5, 6] para la integración del ecodiseño en el diseño de producto, están las basadas en la matriz de diseño [7] que permite obtener una visión global de las entradas y salidas de cada etapa en el ciclo de vida de un producto, las basadas en la función de calidad (QFD) [8], las basadas en el análisis de valor y/o modo de fallo [9], etc., todas ellas utilizan diferentes herramientas (matrices, eco indicadores, software LCA, etc.) para medir el impacto que provoca un producto en el medio ambiente, desde la extracción de sus materias primas, hasta los procesos de fabricación, distribución, uso y fin de vida, es decir, el análisis del ciclo de vida del producto.

Debe de considerarse, a la hora de utilizar una metodología, que existe un largo camino entre la decisión de implantar el ecodiseño y la obtención de un producto ecodiseñado.

La metodología a seleccionar debe de estar basada en varias etapas, de forma general debe de contemplar la selección del producto a rediseñar, el análisis del impacto ambiental de su estado actual, la identificación y definición del potencial de mejoras asumible por parte del producto objeto de rediseño y, finalmente, llevar a cabo las soluciones consideradas así como la consiguiente evaluación final de los resultados obtenidos.

Bajo estas hipótesis, se ha seleccionado la metodología definida por IHOBE [3] que explica paso a paso, en 7 etapas (figura 2), y de forma sencilla, la integración de criterios medio ambientales en el diseño de un producto. Para el análisis del ciclo de vida del producto va a ser utilizada la herramienta ECO-it, es un software de sencilla aplicación basado en el método Eco-indicator´95 que proporciona valores orientativos, no absolutos.

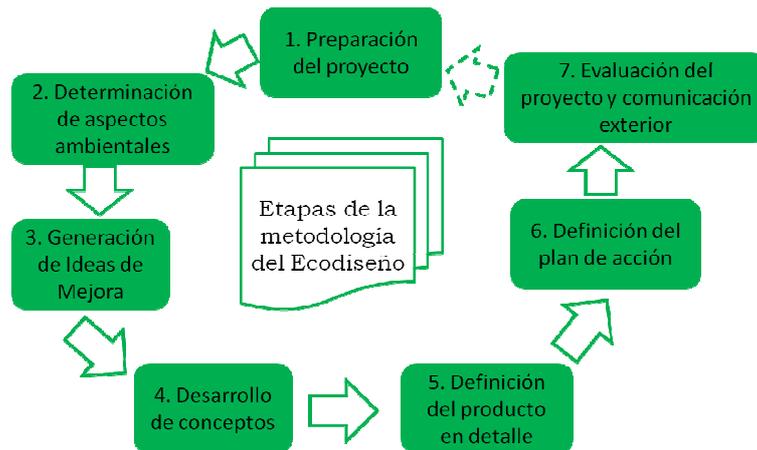


Figura 2. Manual práctico Ecodiseño. Operativa de implantación en 7 pasos [3]

2. CASO PRÁCTICO. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA A UN PRODUCTO INDUSTRIAL.

Etapa 1. Preparación del proyecto. Se trata de la creación y organización de un equipo multidisciplinar formado por varios profesores de la UPCT y del CUJAE, expertos en medio ambiente y en diseño de producto, con sólidos conocimientos en producción, compras, logística, calidad, marketing y en administración de empresas. La cooperación entre los miembros del equipo multidisciplinar ha sido un factor clave de éxito en el desarrollo y progreso del proyecto ya que ha permitido una interacción dinámica de ideas de forma constante durante toda la evolución del proyecto.

El producto seleccionado para llevar a cabo la metodología es una mampara de baño (figura 3), este es un producto industrial maduro, del cual se dispone de la suficiente información, no es un producto complejo en sus partes (materiales y características técnicas (tabla 1)), además posee un número suficiente de grados de libertad para permitir modificaciones y mejoras en su rediseño, por lo tanto, se presenta el ecodiseño como un eje de innovación de un producto industrial maduro. El producto final debe de garantizar que cumple los factores motivantes para justificar el ecodiseño como herramienta de innovación.

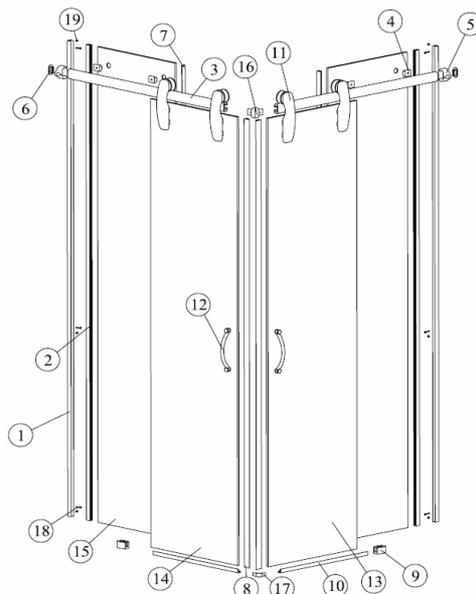


Figura 3. Mampara para baño.

Cantidad	Denominación	Marca	Material	Peso (kg)
6	Tornillo	19	Acero inoxidable 18/8	0,025
6	Tornillo	18	Acero inoxidable 18/8	0,025
1	Unión junta base	17	Plástico reforzado	0,25
1	Codo	16	Aluminio	0,25
2	Fijo	15	Cristal templado	12
1	Corredera izquierda	14	Cristal templado	12
1	Corredera derecha	13	Cristal templado	12
2	Tirador	12	Aluminio	1
4	Soporte Corredera	11	Acero inoxidable 18/8	0,5
2	Junta base	10	Aluminio	0,5
2	Guía	9	Plástico reforzado	0,25
2	Junta cierre	8	Plástico	0,25
2	Junta cruce	7	Plástico	0,5
2	Cierre perfil superior	6	Plástico reforzado	0,25
2	Tope	5	Aluminio	0,25
4	Soporte fijo	4	Aluminio	0,125
2	Perfil superior	3	Aluminio	0,5
2	Perfil lateral	2	Aluminio	0,4
2	Expansor	1	Aluminio	0,35

Tabla 1. Elementos de la mampara de baño.

Los factores motivantes vienen definidos por un análisis DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades) de la empresa. Se divide en:

- Factores motivantes internos: reducción de costes mediante la optimización de la cantidad de material utilizado, interpretación del ecodiseño como eje de innovación del producto, refuerzo de la calidad del producto por medio de una funcionalidad mejorada (criterios ergonómicos), motivación individual de las personas que fabrican el producto, mejora de la imagen del producto y de la empresa fabricante del producto cuando el nivel de conciencia de las partes interesadas (binomio empresa-cliente) es elevado (sentido de responsabilidad medio ambiental, referente en innovación medio ambiental).
- Factores motivantes externos: cumplimiento con las obligaciones legislativas que afectan a nuestro producto (embalajes, etc.), mejora ambiental del impacto del producto durante su ciclo de vida, incremento de la demanda de productos “eco”, suministro de materiales/técnicas que minimicen el impacto ambiental del producto (proveedores), diferenciación de la competencia mediante la puesta en mercado de mamparas eco diseñadas que sean respetuosas con el medioambiente y sean competitivas en el mercado, implantar la responsabilidad social corporativa en la empresa fabricante de mamparas (entorno social).

Etapa 2. Aspectos Ambientales. Para el análisis de los aspectos ambientales, es decir, el análisis del ciclo de vida, se va a utilizar el software ECO-it que proporciona valores orientativos y no absolutos.

La mampara de baño está formada por 4 hojas de vidrio templado, dos son fijas y dos móviles posee una estructura transparente o translúcida (en función del vidrio seleccionado) sobre una estructura fija de aluminio que divide una estancia en dos espacios, en nuestro caso separa el interior de la ducha del resto de la estancia. Los criterios de partida son: transporte por mediante camión de 16-32 Tn Euro 5. Distancias de los proveedores actuales a fábrica de mampara: 40 km para el suministro de aluminio, 25 km para vidrio y 10 km para cartón y otros materiales. Se considera que la distancia media desde la fábrica al consumidor final del producto es de 50 km. El consumo del camión Euro5 es de 10 l/gasoil cada 100 km. El peso de la mampara, incluido embalaje, es de 59,8 kg.

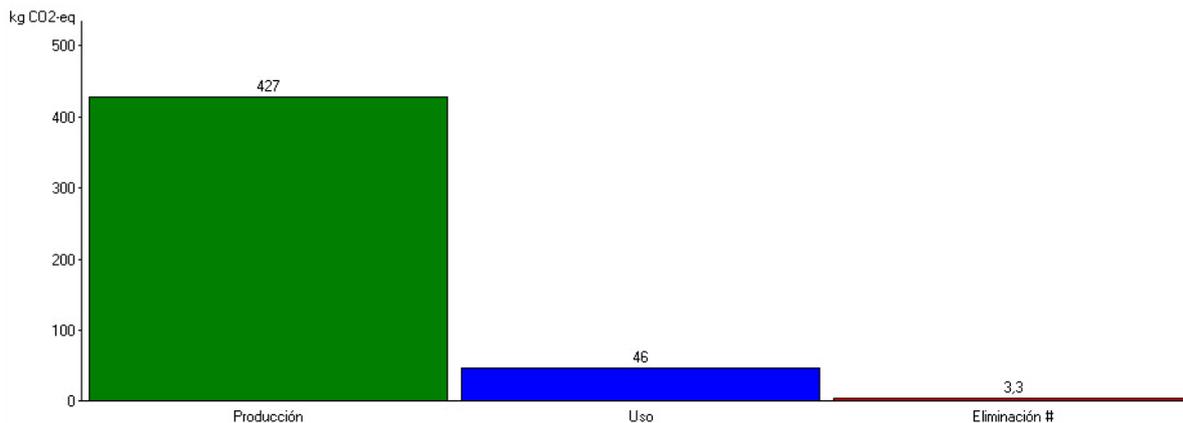


Figura 4. Ciclo de Vida Mampara de Baño 476 Kg CO₂-eq.

Los resultados del análisis del ciclo de vida global del producto (figura 4) muestran que el mayor impacto ambiental del producto recae sobre la etapa de producción 89 %, el 10 % corresponde a la fase de uso y a la eliminación le corresponde un 1 %.

En la fase de producción los mayores impactos se producen en el cristal templado y en los perfiles de aluminio fundamentalmente por el consumo de materiales y al sistema de producción abierto. En la fase de uso destaca el impacto del transporte y del embalaje del producto.

En la fase de eliminación se opta por el reciclaje municipal, que engloba la parte de los materiales que son reciclados en planta de tratamiento, depositados en vertedero y el impacto que genera el camión de recogida de residuos. En esta fase destaca los mayores impactos se producen en el cristal templado y en el aluminio.

Etapa 3. Ideas de mejora. Identificados los principales aspectos ambientales y teniendo en cuenta los factores motivantes que han impulsado el rediseño de la mampara comienza el proceso de generación de ideas de mejora del producto. La colaboración del equipo en la generación de ideas mediante la herramienta denominada “Tormenta de Ideas” ha sido decisiva, estas, en su fase previa han sido recogidas en su totalidad, para ser evaluadas mediante su correspondiente estudio de viabilidad basado en parámetros ambientales (mejoras ambientales), técnicos (factibles) y económicos (tabla 2). Estas ideas plantean soluciones a la problemática ambiental que ha sido detectada previamente, aunque han surgido otras ideas para actuar sobre el producto y que aportan un incremento en su capacidad de mejora. Las medidas de mejora evaluadas para su implantación en base a los parámetros de mejora ambiental -1-, innovación -2-, imagen/calidad -3-, viabilidad técnica -4- y viabilidad económica -5- son:

2	Puntuación muy buena
1	Puntuación buena
0	Puntuación neutra
-1	Puntuación negativa
-2	Puntuación muy negativa

CP	Corto Plazo
MP	Medio Plazo
LP	Largo Plazo

MEDIDAS	1	2	3	4	5	Selección
a.- Utilización de aluminio reciclado.	2	1	2	2	1	CP
b.- Utilización de acero inoxidable 16/2.	2	1	0	-2	1	CP
c.- Sustituir el Plástico reforzado.	1	1	1	1	1	CP
d.- Sustituir el Policarbonato.	1	0	1	1	1	CP
e.- Reducción de la cantidad de aluminio y acero.	2	1	0	2	2	CP
f.- Reducción de la cantidad de vidrio.	2	1	0	2	2	CP
g.- Reducción integral de volúmenes.	2	2	0	2	2	CP
h.- Evaluación energética de procesos, optimización.	1	2	2	2	2	CP
i.- Minimizar los materiales de embalaje	2	0	1	1	2	CP
j.- Marcaje de piezas de plástico para su reutilización	1	1	2	2	0	MP
k.- Elaboración de un manual de fin de vida	2	2	2	0	0	LP

Tabla 2. Medidas de mejora generadas y preseleccionadas en la tormenta de ideas y su valoración en base a criterios del equipo de Ecodiseño.

Etapa 4. Desarrollar conceptos. Se procede a desarrollar en profundidad las medidas seleccionadas obteniéndose las siguientes conclusiones:

a.- Utilización de aluminio reciclado, b.- utilización de acero inoxidable 16/2. Se utilizarán aluminio reciclado a partir de chatarra nueva y acero inoxidable con menor aleación de cromo en las cantidades posibles para cumplir los requisitos técnicos definidos.

c.- Sustituir el plástico reforzado, d.- Sustituir el policarbonato. Se ha visto que es posible la sustitución directa del plástico reforzado y del policarbonato por PS de alto impacto, tras analizar las alternativas en cuanto a prestaciones técnicas, económicas y ambientales. El cambio ha supuesto una reducción del 57,4 % del impacto ambiental.

e.- Reducción de la cantidad de aluminio y acero, f.- reducción de la cantidad de vidrio, g.- reducción integral de volúmenes, i.- minimizar los materiales de embalaje. Se rediseñan varios conceptos para obtener una mampara más ligera (perfiles superior y lateral más estrechos, marcas 2 y 3, disminución de altura de mampara –mínimo 170 cm.) menos voluminosa, siempre cumpliendo los requisitos técnicos.

h.- Evaluación energética del proceso. Se ha contactado con empresa suministradora para consulta de consumo energético del proceso y evaluar las posibles opciones de fabricación.

j.- Marcaje de piezas de plástico para su reutilización. Se han seguido las directrices de la ISO 11469 de marcaje de plásticos.

k.- Elaboración de un manual fin de vida. Se trata de la elaboración de un manual para facilitar su desmontaje y separación.

5. Producto en detalle. Se procede a desarrollar las medidas seleccionadas hasta su implantación:

a.- Utilización de aluminio reciclado, b.- utilización de acero inoxidable 16/2. Se definen las piezas del producto y sus cantidades de aluminio reciclado y de acero de baja aleación. Se informa a los suministradores.

c.- Sustituir el plástico reforzado, d.- Sustituir el policarbonato. Se informó a los suministradores de las piezas en detalle para su sustitución por PS de alto impacto.

e.- Reducción de la cantidad de aluminio y acero, f.- reducción de la cantidad de vidrio, g.- reducción integral de volúmenes, i.- minimizar los materiales de embalaje. Reducción global del tamaño de la mampara dentro de unos límites técnicos (espesores de perfiles, espesor de cristal, etc.). Reducción del 15 % de la cantidad de materia prima para la fabricación de la mampara.

h.- Evaluación energética del proceso. Se ha evaluado el consumo energético del producto mediante factura eléctrica del proceso productivo, se ha modificado la tarificación del consumo realizado. Por otro lado se ha propuesto un sistema de producción cerrado o eficiente, es decir, el residuo generado en la fabricación de la mampara es un subproducto para otra empresa, de esta forma lo que sale vuelve al sistema en otro proceso, obteniéndose

un equilibrio dinámico. La reducción conseguida en el consumo de recursos energéticos es del 7,5 %.

j.- Marcaje de piezas de plástico para su reutilización. Esta medida no implica ningún coste adicional. Las piezas que no se puedan marcar serán identificadas en el manual fin de vida.

k.- Elaboración de un manual fin de vida. Se detallan todas las piezas reciclables y se facilita su desmontaje de la mampara para su posterior reciclado.

6. Plan de acción. Finalizado el diseño de producto se elabora un plan de acción (tabla 3) en el que se recogen las medidas de mejora de producto que no habían sido implantadas, contemplando los plazos, las acciones y los responsables de la medida. En nuestro caso se incluyen las medidas a medio y largo plazo, ya que las medidas a corto plazo se dan por supuesto que ya se han llevado a cabo.

Medidas	Plazo	Acciones	Responsable	Plazo y/o Periodicidad
j.- Marcaje de piezas de plástico para su reutilización.	MP	<ul style="list-style-type: none"> •Enviar notificación a suministradores y diseñadores. •Hablar con recicladores para material plástico 	Equipo de Ecodiseño	<ul style="list-style-type: none"> •Cada 3 meses. •1 año.
k.- Elaboración de un manual de fin de vida	LP	<ul style="list-style-type: none"> •Informar a suministradores y diseñadores sobre esta demanda 	Equipo de Ecodiseño	<ul style="list-style-type: none"> •Cada 6 Meses.

Tabla 3. Plan de acción de mejoras a medio y largo plazo.

7. Evaluación. Para estudiar los resultados ambientales se obtiene el nuevo ciclo de vida del producto rediseñado.

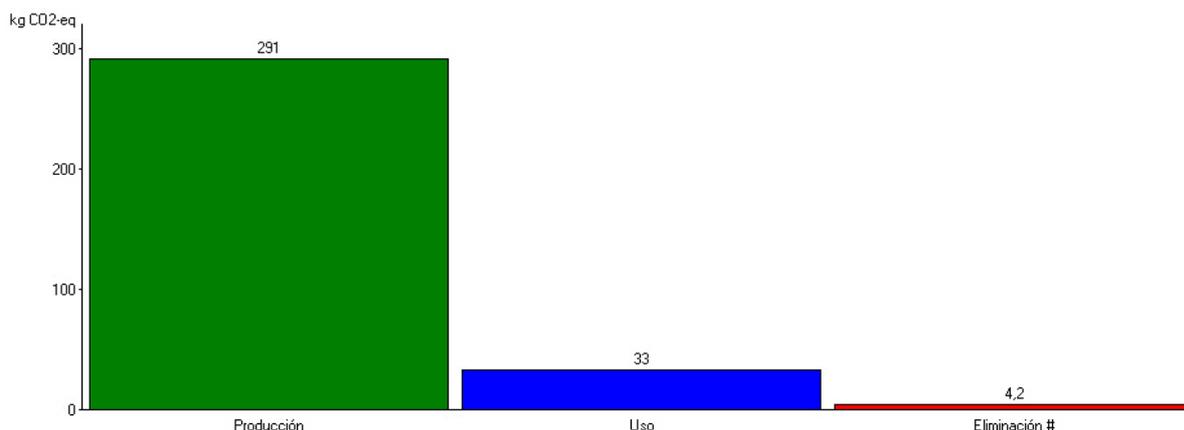


Figura 5. Ciclo de Vida Mampara de Baño 328 Kg CO₂-eq.

Se obtiene una minoración del impacto ambiental global del ciclo de vida de la mampara (figura 5) de un 31 % con respecto la mampara primitiva.

3. CONCLUSIONES

Han sido publicadas diferentes metodologías para integrar el aspecto medioambiental en el proceso de diseño de un producto, si bien, en su mayoría, son metodologías demasiado teóricas y no están respaldadas por aplicaciones prácticas, resultando además, métodos complejos que demandan un importante conocimiento del medio ambiente por parte de los diseñadores.

La operativa de implantación en siete pasos [3] es una herramienta fácil de usar, no requiere demasiado tiempo y permite una integración temprana de aspectos medioambientales en el proceso de diseño. La aplicación de esta herramienta a un caso práctico nos ha permitido obtener mejoras ecológicas conseguidas en los siguientes aspectos relevantes: reducción del peso de la materia prima de la mampara en un 15 % (el nuevo diseño pesa 66,39 Kg) facilitando su embalaje, transporte y almacenamiento. Reducción del 7,5 % del consumo energético en el proceso de fabricación de la mampara. Reducción del 30 % del impacto medio ambiental global de la mampara (figura 5). Diseño de un manual fin de vida donde se identifican todos los elementos reciclables de la mampara y se facilita las instrucciones para su desmontaje, su adecuada separación y reutilización de las piezas. Nueva imagen de producto ecoeficiente, esta nueva imagen posiciona a nuestro producto como producto propositivos, ofreciendo mejoras competitivas basadas en factores ecológicos, de innovación, de calidad y de ahorro energético.

4. REFERENCIAS

- [1] Ilgin, M. A., Gupta, S. M. Environmentally conscious manufacturing and product recovery (ECMPRO): A review of the state of the art. *Journal of Environmental Management*, 91, 3, (2010) 563-591.
- [2] Brezet, H., van Hemel, C., *Ecodesign: A Promising Approach to Sustainable Production and Consumption*. UNEP Ed., Paris., (1997).
- [3] <http://www.ihobe.net/Publicaciones/Ficha.aspx?IdMenu=750e07f4-11a4-40da-840c-0590b91bc032&Cod=414a18ef-dd57-4b40-8746-407d517f7bda&Tipo=acceso> 11.01.2012].
- [4] Bovea, M. D., Pérez-Belis, V. A taxonomy of ecodesign tools for integrating environmental requirements into the product design process. *Journal of Cleaner Production*, 20, 1, (2012) 61-71.
- [5] Knight, P., Jenkins, J. O. Adopting and applying eco-design techniques: a practitioners perspective. *Journal of Cleaner Production*, 17, 5, (2009), 549-558.
- [6] Byggeth, S., Hochschorner, E. Handling trade-offs in ecodesign tools for sustainable product development and procurement. *Journal of Cleaner Production* 14(15-16) (2006), 1420-1430.
- [7] Trappey, A. J. C., Ou, J. J. R., Lin, G. Y. P., Chen, M. Y. An eco- and inno-product design system applying integrated and intelligent qfde and triz methodology. *Journal of Systems Science and Systems Engineering* 20 (2011), 443-459.
- [8] Persson, J. G. Eco-indicators in product development. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers Part B-Journal of Engineering Manufacture* 5 (2001), 627-35.
- [9] Vinodh, S., Rathod, G. Integration of ECQFD and LCA for sustainable product design. *Journal of Cleaner Production Research* 37 (2009), 1075-1091.