

GUÍA PRÁCTICA DE ECODISEÑO PARA EL SECTOR ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

PRACTICAL GUIDE TO THE ECODESIGN IN THE ELECTRIC AND ELECTRONIC SECTOR

MORÁN GONZÁLEZ, Iñigo; MÍNGUEZ GABIÑA, Rikardo; ARIAS COTERILLO, Agustín;
BARRENETXEA APRAIZ, Lander; SIERRA URIA, Egoitz.

Departamento de Expresión Gráfica y Proyectos de Ingeniería
Euskal Herriko Unibertsitatea - Universidad del País Vasco - The University of the Basque Country

e-mail: eppmigar@bi.ehu.com

Tif: +34 94 601 73 25

RESUMEN

Debido al aumento de la importancia en las consideraciones medio ambientales en el sector eléctrico y electrónico, y con el fin de introducir y aplicar la metodología de ecodiseño en la industria eléctrica y electrónica, se ha elaborado en el Aula de Ecodiseño de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao una Guía Práctica de Ecodiseño.

La aplicación de esta metodología mejorará el comportamiento ambiental de los aparatos eléctricos a lo largo de su ciclo de vida, dividido en 5 fases: Materiales, Producción, Transporte, Uso y Fin de vida. Para cada fase del ciclo de vida se exponen en la guía una serie de recomendaciones que los diseñadores de aparatos eléctricos y electrónicos deberían tener en cuenta a la hora de diseñar dichos aparatos para reducir el impacto ambiental de los mismos.

Se incluyen también en la guía una serie de ejemplos prácticos de aplicación de las recomendaciones de ecodiseño y los beneficios cuantificados que aporta dicha aplicación. Se ha buscado en la mayoría de los casos que estas recomendaciones no sólo sirvan para reducir el impacto ambiental de los productos sino que también supongan un ahorro para las empresas.

Palabras Clave: Ecodiseño, Análisis de Ciclo de Vida (ACV), Diseño Industrial, Métodos Innovadores en el Proyecto Industrial.

ABSTRACT

Due to the increase in the importance of the environmental considerations in the electrical and electronic sector, and with the purpose of introducing and applying the methodology of the ecodesign in the electrical and electronic industry, the Ecodesign Workplace in the Faculty of Engineering of Bilbao has elaborated a Practical Guide to Ecodesign.

The application of this methodology will improve the environmental behaviour of an electrical appliance throughout its life-cycle, divided in 5 phases: Materials, Production, Transport, Use and end-of-life. For each phase of the life-cycle a series of recommendations is exposed in the guide. The designers of electrical and electronic appliances should consider these recommendations when designing these devices aiming at reducing their environmental impact. Some practical examples of application of these recommendations of ecodesign, and the quantified benefits that this application generates, are also included in the guide. In most of the cases, these recommendations do not serve only to reduce the environmental impact of the products but they also suppose a saving for the companies.

Key words: Ecodesign, Life Cycle Assessment (LCA), Industrial Design, New Methods in the Industrial Project.

Grupo Temático: Proyectos de Ingeniería: Métodos Innovadores en el Proyecto Industrial.

1. Introducción

La redacción de esta guía práctica de ecodiseño se ha llevado a cabo en el Aula de Ecodiseño de la Escuela de Ingenieros de Bilbao. Este aula de investigación, fue constituida el 26 de diciembre de 2002, mediante el convenio firmado por la Escuela Superior de Ingenieros de Bilbao con la sociedad pública de gestión medioambiental IHOBE (Gobierno Vasco) y con el centro de diseño industrial de la Diputación Foral de Bizkaia (DZ). Esta iniciativa responde a la Estrategia Ambiental Vasca de Desarrollo Sostenible 2002-2020 que se enmarca dentro del programa Marco Ambiental de la Comunidad Autónoma del País Vasco.

El aula fue creada entre otros para los siguientes propósitos: dar formación en ecodiseño, constituir un banco de datos de ecoindicadores dentro del País Vasco, desarrollar proyectos teóricos de ecodiseño y desarrollar proyectos prácticos de ecodiseño en colaboración con empresas del País Vasco.

El principal objetivo del proyecto donde se enmarca esta guía práctica es ayudar a la industria eléctrica y electrónica a introducir y aplicar la metodología de ecodiseño durante la fase de diseño de los aparatos. La guía está escrita principalmente para aquellos que participan activamente tanto en el proceso de diseño del producto como en el proceso de desarrollo del mismo y también para aquellos que son responsables de las cuestiones medio ambientales dentro de las empresas. Se pretende conseguir con este proyecto que al igual que las consideraciones económicas y de otro tipo, las consideraciones medio ambientales se tengan en cuenta durante la fase de diseño del producto para conseguir un menor impacto ambiental total del producto a lo largo de su ciclo de vida.

La aplicación de una metodología de ecodiseño mejorará el comportamiento ambiental de los aparatos eléctricos a lo largo de su ciclo de vida, dividido en 5 fases: Materiales, Producción, Transporte, Uso y Fin de vida. Se incluyen también en la guía una serie de ejemplos prácticos de aplicación de las recomendaciones de ecodiseño y los beneficios cuantificados que aporta dicha aplicación. Se ha buscado en la mayoría de los casos que estas recomendaciones no solo sirvan para reducir el impacto ambiental de los productos sino que también supongan un ahorro para las empresas.

2. Contenido de la Guía

La estructura inicial de la guía fue propuesta por IHOBE y tras sufrir varias modificaciones ha quedado estructurada de la manera siguiente:

2.1.- Introducción

Este apartado sirve para situar al lector de la guía dentro del ámbito en el que se enmarca la misma, explicando muy brevemente sus objetivos y la motivación que ha llevado a escribirla. Tres son los puntos en los que se divide este apartado inicial los cuales guardan relación con el tema general de la guía y permiten al lector tener una visión general del ecodiseño que le va a permitir entender y asimilar mejor los contenidos de la guía.

a) Introducción al Ecodiseño

Se realiza una breve introducción al concepto del Ecodiseño que se define como: la aproximación que tiene como objetivo la integración de cuestiones medio ambientales en el diseño de productos. Se aclara también la situación del ecodiseño en el ámbito concreto del sector eléctrico y electrónico, dejando así clara la importancia que tiene el ecodiseño dentro de este proyecto.

La importancia del ecodiseño en el sector eléctrico y electrónico estriba en que, la aplicación por parte de la industria de la metodología de ecodiseño permite a las empresas mejorar, desde

un punto de vista medio ambiental, todas las fases del ciclo de vida de un aparato eléctrico y electrónico, generar beneficios y ahorrar costes.

b) Introducción al Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

Se trata en este punto de explicar brevemente que es el Ciclo de Vida (*ver figura 1*) de los productos y seguidamente se da una explicación de qué es el Análisis del Ciclo de Vida enfocado al sector eléctrico y electrónico, para que sirva, etc. El Análisis del Ciclo de Vida es un método sistemático para reunir y examinar las entradas y salidas de energía y materiales, y los impactos ambientales que se atribuyen directamente a la fabricación, y empleo de un producto a lo largo de su vida útil [1].

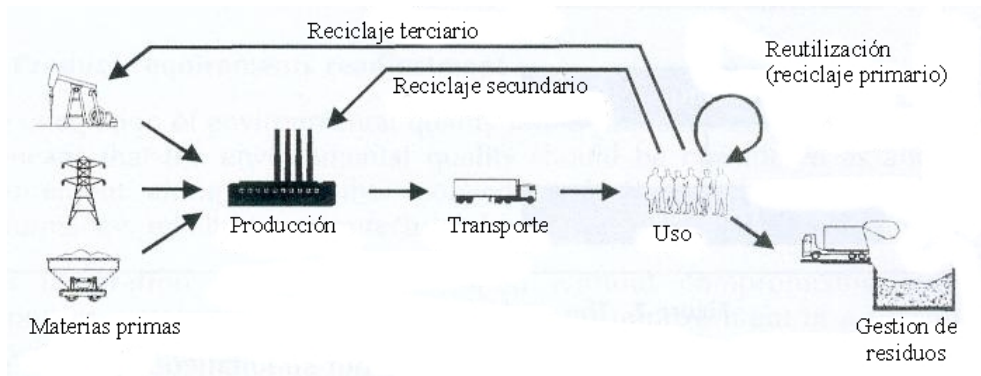


Figura 1. Fases del Ciclo de Vida.

La aplicación del ACV es importante, ya que aunque no se vaya a explicar exhaustivamente cómo se realiza el Análisis del Ciclo de Vida es algo que los diseñadores de aparatos eléctricos y electrónicos tienen que saber, debido a que la posible aplicación de algunas de las recomendaciones que en esta guía se comentan van a venir impuestas necesariamente como soluciones de los problemas encontrados en el producto con la aplicación del ACV.

c) Metodologías de Ecodiseño

En este punto se explican brevemente los diferentes métodos de ponderación del Análisis del Ciclo de Vida existentes (cualitativos y cuantitativos) y también programas (software) o metodologías para el ecodiseño específico del sector eléctrico y electrónico. No se trata de explicar uno por uno los métodos existentes sino simplemente de nombrarlos para saber cuáles son y hacer una breve aclaración de cada uno de ellos [2].

Los dos métodos más importantes son la matriz MET (cualitativo) y el ACV (cuantitativo). Existen diversos softwares que se aplican a los productos del sector eléctrico y electrónico como son el GDA (Green Design Advisor) o el EIME [3].

2.2. Situación del Sector

Se habla, en este segundo apartado, de la situación en la que se encuentra el sector eléctrico y electrónico desde el punto de vista del ecodiseño y del medio ambiente desde el año 2000 hasta este momento. Se tratan temas como las presiones asociadas a lo largo de todo el ciclo de vida de los aparatos eléctricos y electrónicos, lo cual incluye: una explicación en primer lugar de qué es un aparato eléctrico y electrónico, indicando en una lista cuáles son y cómo se organizan, y se indican cuáles son sus principales impactos ambientales. También se analiza la situación específica del sector en la Comunidad Autónoma del País Vasco. Se proporcionan datos del sector, en cuanto a materiales consumidos, tipos de productos o cantidad de residuos generados.

Se entiende por aparatos eléctricos y electrónicos o AEE: todos los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, y los aparatos necesarios

para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos pertenecientes a las categorías siguientes:

1. Grandes electrodomésticos (línea blanca).
2. Pequeños electrodomésticos.
3. Equipos de informática y telecomunicaciones (línea gris).
4. Aparatos electrónicos de consumo (línea marrón).
5. Aparatos de alumbrado.
6. Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura).
7. Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre.
8. Aparatos médicos (con excepción de todos los productos implantados e infectados).
9. Instrumentos de vigilancia y control.
10. Máquinas expendedoras.

y que están destinados a utilizarse con una tensión nominal no superior a 1.000 voltios en corriente alterna y 1.500 voltios en corriente continua.

Los principales impactos ambientales de los aparatos eléctricos y electrónicos son:

- El consumo de energía durante la fase de uso del producto tiene una contribución significativa al impacto medioambiental total del aparato eléctrico y electrónico (AEE).
- En algunos casos, la fase de transporte tiene una contribución importante al impacto medioambiental total del AEE, pero depende del tipo de transporte, distancia, peso del producto y el empaquetado del producto.
- El agotamiento de materias primas, tales como el cobre, el plomo y otros metales habituales en los AEE, es también uno de los principales impactos a tener en cuenta.
- Debido al complejo proceso de producción, los circuitos integrados hechos con silicio traen consigo un gran impacto asociado.
- El proceso de soldadura usado en el montaje de los PCB (Printed Circuit Board) tiene una importante contribución al impacto total del AEE, debido al elevado consumo de plomo y estaño y el uso de compuestos orgánicos volátiles en la soldadura flux.
- Los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos tienen también una relevancia importante en el impacto total.

2.3.- Factores Motivantes

Conviene saber cuales son los principales motivos y razones que llevan a las empresas del sector eléctrico y electrónico a aplicar los criterios de ecodiseño en el diseño y desarrollo de productos. Algunos de los factores que motivan la aplicación del ecodiseño son los siguientes:

- Legislación vigente específica para el sector.
- Normativa (ISO 14021 e ISO 150301).
- Acuerdos voluntarios de empresas de la competencia.
- Ecoetiquetado de productos eléctricos y electrónicos.

De todos ellos la legislación es el factor más importante ya que obliga a las empresas a tomar ciertas medidas ambientales con respecto a sus productos. Las dos directivas europeas más importantes son: La Directiva 2002/96/CE sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, y la Directiva 2002/95/CE sobre restricciones a la utilización de determinadas sustancias peligrosas. También se mencionan en este punto otro tipo de legislación relacionada con el ecodiseño y diseño de aparatos electrónicos.

Las normativas suelen ser también un factor motivante importante debido a que mediante las certificaciones se consiguen ventajas competitivas importantes con respecto al resto de productores de AEE [4].

2.4.- Recomendaciones Prácticas de Ecodiseño

Los capítulos anteriores sirven para situar este proyecto dentro de su contexto. Este cuarto capítulo es el principal apartado de la guía. Este es el capítulo en el que se explican y se aclaran algunas de las recomendaciones de ecodiseño más adecuadas para cada una de las fases del Ciclo de Vida del producto. Algunas de las recomendaciones están seguidas de ejemplos prácticos de aplicación de las mismas. Este punto está dividido en cada una de las 5 fases del Ciclo de Vida.

a) Materiales

La fase de materiales incluye tanto la extracción de los materiales, como el tipo de material utilizado en los productos. Se tiene en cuenta también la cantidad de material utilizado y algunos otros factores quizá de menor importancia.

Las recomendaciones a las que se hace referencia en esta fase del Ciclo de vida están divididas en dos grupos: las orientadas a reducir el impacto ambiental de los materiales utilizados y las orientadas a reducir la cantidad de material usado y el consumo de recursos [5].

Existen muchas medidas que podemos tomar para reducir el impacto ambiental de los materiales. Algunas de estas medidas son: no utilizar sustancias peligrosas, nocivas o restringidas, utilización de materiales de bajo contenido energético, información sobre materiales suministrados, etc. Se incluye en este apartado, por ejemplo, alternativas a retardantes de llama halogenados, ya que son potencialmente peligrosos.

Material	Aplicación	Retardantes de llama no halogenados utilizados con fines comerciales.	Material alternativo. No inflamable o retardante de llama no halogenado.
Epoxy	Tarjetas de circuitos impresos. Componentes electrónicos. Laminados.	Aluminio Trihidróxido. Polifosfato de Amonio. Aditivos con base en nitrógeno y fósforo.	Sulfuro de polietileno
Resinas fenólicas	Tarjetas de circuitos impresos. Laminados.	Aluminio Trihidróxido. Aditivos con base en nitrógeno y fósforo.	
Poliéster insaturado	Laminados. Partes plásticas del sector automoción.	Aluminio Trihidróxido. Amonio Polifosfato	
ABS	Componentes electrónicos.		Mezclas de PC y ABS o PPE/PS con componentes orgánicos fosforados.
HIPS	Componentes electrónicos. Cables e instalaciones eléctricas.	Componentes orgánicos fosforados.	Polietileno con hidróxido de magnesio
PBT/PET	Componentes electrónicos (enchufes, interruptores, etc.).	Alternativas en fases experimentales.	Algunas aplicaciones: poliamidas, polidetonas, materiales cerámicos...
Poliamida	Componentes electrónicos.	Hidróxido de magnesio. Fósforo rojo. Cianurato de Melamina. Polifosfato de Melamina.	
Policarbonato	Componentes electrónicos.	Componentes organofosforados.	

Figura 2. Tabla sobre alternativas a retardantes de llama.

En cuanto a la reducción de material y la disminución del consumo de recursos, se habla de las distintas estrategias que se pueden seguir para conseguir estos objetivos. Algunas de las estrategias son utilizar material reciclado, usar recursos renovables, reducción de peso y volumen de los productos.

Un método para conseguir la reducción del consumo de materias primas puede ser la reducción de espesores, sin perder propiedades mecánicas o de otro tipo, con cambios en el diseño como los siguientes:

Estas estrategias se pueden usar para reducir la cantidad de usado en las piezas plásticas sin comprometer la rigidez estructural, la dureza, la flexibilidad, etc. [6].

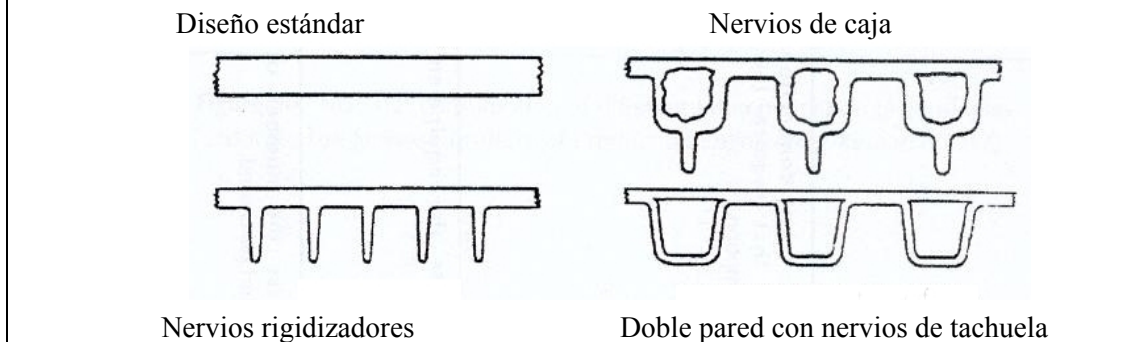


Figura 3. Estrategias de diseño para reducir el espesor de las piezas plásticas.

Otro ejemplo de aplicación de reducción de material podría ser el siguiente:

Empresa: Apple Computer, Inc.

Proyecto: Ecodiseño en Apple Computer, estudio del Power Macintosh 7200.

Producto: Power Macintosh 7200

Mejoras: El número de capas de la placa base fue reducido de 6 a 4, con lo que se redujo la masa en un 33%. La producción de la placa fue aumentada eliminando cobre innecesario de la fase de grabado. La reducción de peso total del producto fue al final de un 12% en comparación con el modelo anterior.

b) Producción

En esta fase se tienen en cuenta todos aquellos procesos de producción que consuman grandes cantidades de energía o que sean potencialmente peligrosos para el medio ambiente y la salud. Las recomendaciones hacen referencia básicamente a tres estrategias principales que son:

- La reducción del consumo energético en los procesos de producción (modificando el proceso o aplicando nuevas técnicas de producción, p.e., nuevas técnicas de soldadura). También se pueden tomar medidas tan sencillas como las siguientes: adquisición de maquinas de bajo consumo energético o con un dispositivo de stand-by cuando la maquina no esta siendo usada, apagar la planta en cualquier periodo ocioso, optimizar el uso y consumo de equipos refrigeradores, etc.
- La reducción de la generación de residuos durante la producción (uno de los mejores métodos es el reciclaje in situ). Un ejemplo practico puede ser el siguiente:

Empresa: SHIPLEY EUROPE Ltd

Colaborador: Vero Electronics Ltd / Finishing Technology Ltd

Producto: Piezas de equipo capaces de recuperar estaño y plomo a partir de las disoluciones decapantes de estaño-plomo consumidas.

Beneficios: En este proyecto se intentaba conseguir recuperar el estaño y el plomo utilizado en disoluciones decapantes, para volverlo a introducirlo en el proceso de producción. El metal que de otro modo acabaría en el vertedero se reutiliza o recicla en la propia planta.



- La reducción del impacto ambiental de ciertos procesos productivos.

c) Transporte

Esta fase del Ciclo de Vida hace referencia a cualquier tipo de transporte que se pueda realizar a lo largo de todo el Ciclo de Vida del producto, tanto el transporte de materia prima, como el transporte de producto manufacturado. Los factores clave que se tendrán en cuenta en este punto son:

- Las distancia de transporte.
- El tipo de transporte.
- El peso y el volumen del aparato.

Las estrategias están orientadas a maximizar la carga que se puede llevar en cada transporte para aprovechar al máximo el carburante consumido o minimizar las distancias de transporte para reducir el consumo de carburante entre otras.

Maximizar la carga es una de las principales estrategias para aprovechar mejor el transporte y que resulte más económico, esto se puede conseguir de distintas maneras, por ejemplo:

- Transportar los productos en partes separadas, que pueden ser acopladas, es una forma eficiente de maximizar la carga. El ensamblaje final del producto puede ser realizado por un tercero o por el cliente final.

Reducir peso también ayuda a reducir la cantidad de carburante consumido:

- La reducción de la cantidad de material utilizado en las piezas plásticas se puede conseguir reduciendo el espesor de las piezas plásticas, conservando sus propiedades de rigidez, dureza, flexibilidad, etc, es una forma efectiva de reducir el peso del equipo. Aunque siempre hay que tener en cuenta que reducir el espesor de las piezas en exceso puede comprometer las propiedades estructurales de las piezas.

d) Uso

El consumo eléctrico es el principal impacto ambiental de los AEE. Las estrategias aplicables en esta fase del ciclo están orientadas a conseguir una reducción del consumo energético de los productos y por otro lado a incrementar la vida útil de los mismos.

Algunas de las estrategias dirigidas a reducir el consumo energético podrían ser las siguientes:

- Proporcionar al cliente unas instrucciones de uso claras y unos controladores del equipo sencillos de utilizar. Con esto se consigue que el usuario del producto lo utilice de una forma más eficiente, ahorrando así energía.
- Incorporar en los aparatos eléctricos y electrónicos un dispositivo de apagado para que pasen a modo stand-by cuando no están siendo usados activamente y además de este dispositivo el AEE tiene que llevar un método de apagado total, para que el usuario apague el aparato cuando no lo necesite.
- Utilizar componentes energéticamente eficientes
- Utilizar un menor número de componentes eléctricos para reducir así el consumo energético.

En cuanto a incrementar la vida útil del producto una de las estrategias más eficientes es, la ya mencionada, de proporcionar al usuario instrucciones claras sobre el funcionamiento y la de que el producto tenga un panel de control fácil de usar, de este modo no se produce un mal uso del producto. Diseñar un sistema sencillo de desmontaje para las piezas, de tal manera que se facilite el acceso al interior del equipo en caso necesario de reparaciones de mantenimiento, o minimizar el número de operaciones de desensamblaje y evitar el uso de herramientas

especiales para el desensamblado, son algunas otras estrategias que permiten aumentar la vida útil del producto.

e) Fin de vida

Los productos eléctricos y electrónicos tienen que estar diseñados para facilitar su reciclabilidad, separabilidad, desensamblaje y reutilización. Las recomendaciones de este punto están orientadas a facilitar estos procesos. Algunas de estas recomendaciones son:

- Reciclabilidad (p.e: no mezclar materiales incompatibles para el reciclaje). Por ello se incluye en este apartado la siguiente tabla de compatibilidad de plásticos [1].

		Aditivo / Impureza											
		PE	PVC	PS	PC	PP	PA	POM	SAN	ABS	PBPT	PETP	PMMA
Material base	PE	◆	○	○	○	◆	○	○	○	○	○	○	○
	PVC	○	◆	○	○	○	○	○	◆	●	○	○	◆
	PS	○	○	◆	○	○	○	○	○	○	○	○	●
	PC	○	⊗	○	◆	○	○	○	◆	◆	◆	◆	◆
	PP	⊗	○	○	○	◆	○	○	○	○	○	○	○
	PA	○	○	○	○	○	◆	○	○	○	⊗	⊗	○
	POM	○	○	○	○	○	○	◆	○	○	⊗	○	○
	SAN	○	◆	○	◆	○	○	○	◆	◆	○	○	◆
	ABS	○	●	○	◆	○	○	⊗	●	◆	⊗	⊗	◆
	PBPT	○	○	○	◆	○	⊗	○	○	⊗	◆	○	○
	PETP	○	○	⊗	◆	⊗	○	○	○	⊗	○	◆	○
	PMMA	○	◆	⊗	◆	○	○	⊗	◆	◆	○	○	◆

◆ son compatibles
 ● son compatibles hasta un limite
 ⊗ son compatibles hasta un limite, con pequeñas cantidades de aditivo
 ○ son incompatibles

Figura 4. Tabla de compatibilidad de plásticos.

- Identificación y Separabilidad (p.e: marcando las piezas plásticas). Existen diversos tipos de marcado de piezas: etiquetas, códigos de barras, inscripciones láser, etc. En concordancia con la Directiva RAEE (o WEEE), los productores deben hacer un marcado estándar de las piezas, por ejemplo: el criterio de marcado ISO para piezas de más de 50 gr.



Ejemplo de marcado: Identificación de plásticos en concordancia con la ISO 1043-2. Poliamida (PA) tipo 66 más un 30% en peso de fibra de vidrio (GF).

- Desensamblaje. (p.e: a menudo un fácil ensamblaje del producto facilita el desensamblaje, utilizar pocos elementos de unión).
- Reutilización (p.e: reutilizar partes de aparatos o aparatos enteros).

2.5. Ejemplos Prácticos

A lo largo de la guía y seguido de algunas recomendaciones se han ido explicando parcialmente algunos ejemplos prácticos de aplicación de las recomendaciones que se iban explicando, en este apartado se incluyen los ejemplos completos que se hayan explicado parcialmente en el texto así como también otro tipo de ejemplos lo más ampliamente explicados. Los ejemplos prácticos son de productos diseñados y fabricados por empresas de sobra conocidas como Philips, Motorota, Schneider electric, Apple computer, Fagor, etc. Los ejemplos prácticos incluyen información sobre el producto, el nombre del proyecto, los objetivos de la empresa, los beneficios obtenidos, las herramientas que se utilizaron y más información relevante.

3.- Conclusiones y Perspectivas Futuras

La metodología de ecodiseño nos permite tener en cuenta criterios medioambientales sin tener que modificar el proceso de diseño. Las recomendaciones que en la guía se exponen son soluciones impuestas a los problemas encontrados en el producto tras la aplicación del Análisis del Ciclo de Vida.

Todas las recomendaciones son muy sencillas de aplicar, no requieren de grandes desembolsos (en muchos casos ahorran dinero a largo plazo) y suponen una mejora sustancial del impacto ambiental del producto.

Se debe concienciar a todas las personas implicadas directa o indirectamente que la necesidad de la aplicación de esta metodología es vital para que de buenos resultados.

Esperamos una amplia difusión de la Guía por parte de IHOBE y en el futuro esperamos poder editar ediciones mejoradas y actualizadas.

Por otra parte, creemos que este trabajo junto con el resto de proyectos que se realizan anualmente en el Aula de Ecodiseño de la Escuela de Ingeniería de Bilbao hace que el Aula haya logrado constituirse en un referente a nivel español en investigación en Ecodiseño. Como meta a corto y medio plazo nos proponemos el trabajar en coordinación con otras universidades europeas.

Referencias

- [1] Julio Rodrigo, Francesc Castells. *“Electrical and Electronic Practical Ecodesign Guide”*, Universidad Rovira i Virgili.
- [2] DZ, Centro de Diseño Industrial. *“Manual de Gestión de Diseño”*. Diputación Foral de Bizkaia. 1999.
- [3] IHOBE, Sociedad Pública de Gestión Medioambiental. *“Manual Práctico de Ecodiseño. Operativa de Implantación en 7 pasos”*. Departamento de Ordenación del Territorio, Vivienda y Medio Ambiente del Gobierno Vasco. Noviembre de 2000.
- [4] R. D. Huchingson. *“New Horizons for Human Factors in Design”*. McGraw-Hill. 1981.
- [5] Danish Environmental Protection Agency. *“Brominated Flame Retardants, Substance Flow Analysis and Assessment of Alternatives”*. June 1999
- [6] American Plastics Council. *“A Design Guide for Information and Technology Equipment”*.