

**Compilación de Artículos de Investigación
de la Red Académica Internacional
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

Diseño Industrial

**Compilación de Artículos de Investigación
de la Red Académica Internacional
Diseño y Construcción 2014.**

**Administración y Tecnología para
Arquitectura, Diseño e Ingeniería.**

**Integración de restricciones
técnicas y económicas en las
primeras etapas del diseño
de productos sustentables.**

**Dr. Miguel Ángel López Ontiveros
Ing. Jesús Loyo Quijada
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**

Integración de restricciones técnicas y económicas en las primeras etapas del diseño de productos sustentables

Dr. Miguel Ángel López Ontiveros

mlopez@correo.azc.uam.mx

Ing. Jesús Loyo Quijada

jlq@correo.azc.uam.mx

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

ABSTRACT

For several years the markets around the world have been taking a different direction and require manufacturers not only competitive products but that their manufacturing processes are sustainable, this has led to the development of strategies to end of life which seeks to reduce the environmental impact. Among the strategies of end of life we have recycling of products which involves the recovery of materials to manufacture new products. When manufacturers decide by recycling as an end of life product strategy, they should modify certain features of the design of products with a view to recovering the materials provided as far as possible.

This research describes the development of profiles for recyclable product design. A Product Recyclable Profile is a set of internal and external factors that a product must have to consider it as a product designed for recycling. Identified a total of 12 product profiles, profiles are integrated by 34 criteria, consisting of 5 fixed criteria which must be satisfied by any product, 12 internal criteria covering the process of recycling and 17 external criteria that respond to external recycling aspects. For the determination of the criteria, it analyzed 20 products that successfully are recycled in the Mexican industry.

KEYWORDS

Recycling, Eco-Design, strategies to end of life

RESUMEN

Desde hace varios años los mercados de todo el mundo han estado tomando un rumbo diferente y exigen a los fabricantes no solo productos competitivos sino que sus procesos de fabricación sean sustentables, esto ha llevado al desarrollo de estrategias de fin de vida en los cuales se busca disminuir el impacto ambiental. Entre estas estrategias de fin de vida se encuentra el reciclado de los productos lo cual implica la recuperación de materiales para la fabricación de productos nuevos. Cuando los fabricantes deciden por el reciclado como estrategia de fin de vida de sus productos, estos deben modificar ciertas características del diseño de los productos con el fin de que la recuperación de los materiales se facilite en lo posible.

El presente trabajo describe el desarrollo de perfiles para el diseño productos reciclables. Un Perfil de Producto es un conjunto de factores internos y externos que un producto debe poseer para considerarlo como un producto reciclado. Se determinaron un total de 12 perfiles de producto, los perfiles están integrados por 34 criterios, conformados por 5 criterios fijos los cuales deben de ser satisfechos por cualquier producto, 12 criterios internos que contemplan el proceso de reciclado y 17 criterios externos que responden a aspectos externos al proceso de reciclado. Para la determinación de los criterios se analizaron 20 productos que son exitosamente reciclados en la industria mexicana.

PALABRAS CLAVE

Reciclado, eco-diseño, estrategias de fin de vida palabras clave

INTRODUCCIÓN

La mayoría de los productos que se consumen en la sociedad tienen un fin incierto al final de su ciclo de vida, debido a que no siempre se tiene definida una estrategia para que estos sean tratados mediante estrategias como el reciclado, la remanufactura o la incineración. El reciclado se puede definir como la acción de regresar al ciclo de consumo los materiales que ya fueron desechados, y que son aptos para elaborar otros productos al pasar estos por un proceso industrial que los vuelva materia prima aprovechable [2] [3].

Dependiendo de las características de los productos a reciclar como: los materiales con los que están fabricados, el alto valor económico de algunos de sus componentes, los riesgos sobre la salud pública que implica su manejo, disponibilidad o facilidad para recuperar los materiales y regulaciones ambientales.

Actualmente existen diversos tipos de proceso de reciclado aunque de manera general este proceso consta de las siguientes etapas:

- Recolección.
- Selección o separación de materiales.
- Procesamiento o acondicionamiento de materiales.
- Reinserción a una cadena productiva.

Uno de los principales problemas en el proceso de reciclado de productos es la recuperación de los materiales después de ser recolectados [5]. La mayoría de productos son diseñados para su fabricación, a un bajo costo y en ciertas ocasiones respondiendo a legislaciones ambientales pero esto no implica que si se decide reciclarlo, su recuperación sea sencilla o barata, por el contrario, muchas veces por hacer un diseño más funcional, la recuperación de los componentes y elementos del producto se complica [6], pues el producto originalmente no está diseñado para ser reciclado

Cuando un fabricante se decide por el reciclado como estrategia de fin de vida para sus productos, este debe modificar ciertas características del diseño del producto con el fin de que la recuperación de los materiales se facilite en lo posible, esto implica que el producto contará con más restricciones para su diseño las cuales deben ser consideradas para el proceso de fabricación [7].

Entre estas restricciones se pueden mencionar los tipos de materiales a utilizar, un diseño modular que pueda facilitar en mucho el proceso de separación de componentes sin necesidad de procesar el producto totalmente.

El considerar un producto para ser reciclado debe llevar un cambio de enfoque de los fabricantes y por lo tanto la forma de concebir a los productos deberá incluir además de: funcionalidad, calidad y precio; la facilidad para su reciclado [8].

OBJETIVO GENERAL

Integrar restricciones técnicas y económicas en las primeras etapas de diseño de productos reciclables.

OBJETIVO ESPECÍFICO

Determinar perfiles de productos como herramienta para el diseño de productos reciclables.

DESARROLLO

Un producto que puede ser reciclado debe cumplir con ciertos criterios o parámetros que faciliten su proceso de transformación. Un criterio significativo es un parámetro que ayuda a determinar la viabilidad del reciclado de un producto específico, basándose en un rango numérico que debe de ser cubierto por el producto o bien por el hecho de que cuente o no con dicha característica.

Para la caracterización de los productos reciclados se realizó un análisis bibliográfico con el objetivo de obtener un número importante de criterios significativos de reciclado que expliquen dicho proceso. Se analizaron estudios de casos de productos utilizados en la vida diaria, como: artículos personales, electrodomésticos, etc.

Los resultados obtenidos arrojaron 64 criterios generales que se separan en primer término por dos perspectivas: La primera de ellas con un punto de vista externo al producto, es decir a su entorno y un segundo punto de vista que es el interno referido a su proceso de reciclado.

CRITERIOS INTERNOS

Son considerados como criterios internos aquellos factores que son características intrínsecas del producto o su proceso productivo y que además influyen de una manera muy importante en su desarrollo y diseño. Los criterios internos se refieren principalmente a los procesos de transformación de los materiales y todos los parámetros que esta transformación involucra y la arquitectura del producto que se va a reciclar, refiriéndose al número de componentes y acomodo de los mismos dentro del producto (Vea Figura 1).

Del análisis bibliográfico y de estudios de casos se obtuvieron 22 criterios internos y se propuso agruparlos en tres grupos: Proceso de reciclado del producto, proceso de recuperación y estructura del producto



Figura 2. Factores internos de productos reciclados

CRITERIOS EXTERNOS

Los criterios externos son aquellos factores que no son características intrínsecas del producto o de su proceso productivo pero que influyen de una manera muy importante en su desarrollo. Los criterios externos se refieren principalmente a tendencias comerciales y cuestiones tanto tecnológicas como sociales que afectan la aceptación y éxito de un producto y por lo tanto determinan las características que deberá tener para poder sobrevivir en el mercado (Vea Figura2).

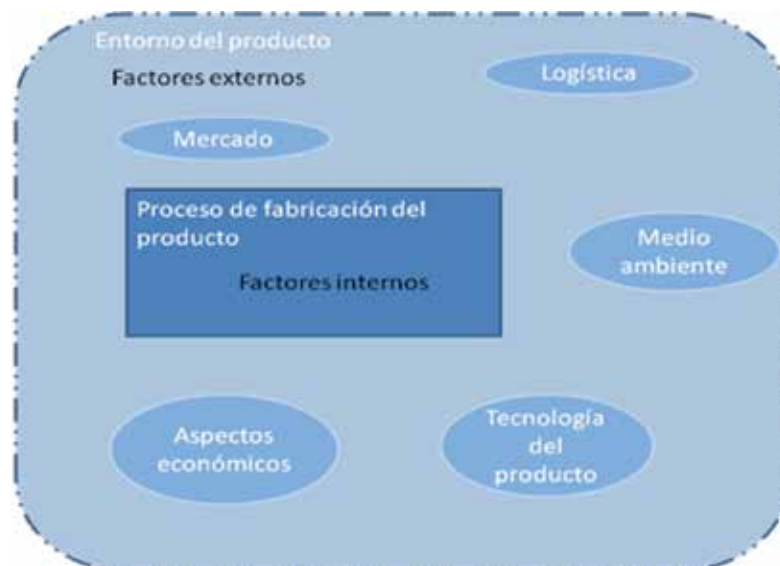


Figura 2. Factores externos de productos reciclados

Del análisis inicial se obtuvieron 42 criterios externos y se propuso agruparlos en cinco grupos: Logística, aspectos económicos, mercado y tecnología del producto.

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES A 20 PRODUCTOS RECICLADOS

Con los 22 criterios internos y los 42 criterios se procedió a determinar cuales son los criterios significativos que determina a un producto reciclable. Los criterios se aplicaron en 20 productos diferentes que se reciclan, con el propósito de poder establecer relaciones entre los criterios encontrados y las diferentes formas de reciclaje que presentan estos productos para finalmente determinar perfiles de reciclado. Debido a la diversidad de productos y a los diferentes valores que se obtuvieron, se optó por organizar los valores en rangos para poder interpretar de mejor manera la información.

Los productos que se utilizaron para este estudio fueron los siguientes: Llantas, papel plástico, vidrio, autos, televisor, hierro, celulares, batería, aluminio, CPU, lavadoras, estufas, pallets, tóner, microondas, refrigeradores, reproductores de DVD, cargador de celular y CDs.

Con los resultados del estudio a los 20 productos, se procedió a aplicar un Análisis de Componentes Principales (ACP) a los criterios utilizando sus valores y realizando un análisis independiente para los criterios externos y los internos; con el fin de disminuir el número de criterios utilizados, dejando sólo los criterios que describen verdaderamente a un producto reciclado y pudiendo identificar por medio de esta técnica a los criterios poco significativos o redundantes.

Para aplicar el ACP a los criterios, se utilizó el paquete estadístico StatGraphics con el cual introduciendo las diferentes variables y sus valores en una matriz, nos arroja los valores de las combinaciones lineales de estas variables y nos permite identificar variables poco importantes o redundantes.

RESULTADOS

El análisis de componentes principales realizado con el conjunto de criterios arroja como resultado la discriminación de criterios no relevantes en el estudio pero además la formación grupos de productos debido a similitudes en sus características internas y externas; quedando al final del análisis un total de 34 criterios 22 externos y 21 internos. Con estos criterios se agruparon los productos desde un punto de vista interno y externo, Los grupos de productos tanto por criterios internos como externos se obtuvieron al emparejar a las diferentes componentes resultantes del ACP en gráficas y observar cómo se distribuían los productos en las mismas.

DETERMINACIÓN DE GRUPOS CON CRITERIOS INTERNOS

Para los criterios internos se determinaron los grupos arrojados por la comparación de las componentes C2 y C3. A partir de estos componentes los productos se agruparon en 5 grupos (Ver Tabla 1).

C2 vs C3					
G1	G2	G3	G4	G5	G6
Aluminio	Refrigerador	Televisor	Microondas	CD	Auto
Papel	Lavadora	Celular	Rep. DVD		
Vidrio	CPU	Tóner	Batería		
Plástico	Estufa		Cargador		
Pallet			Llanta		
Hierro					

Tabla 1. Agrupación de productos por criterios internos.

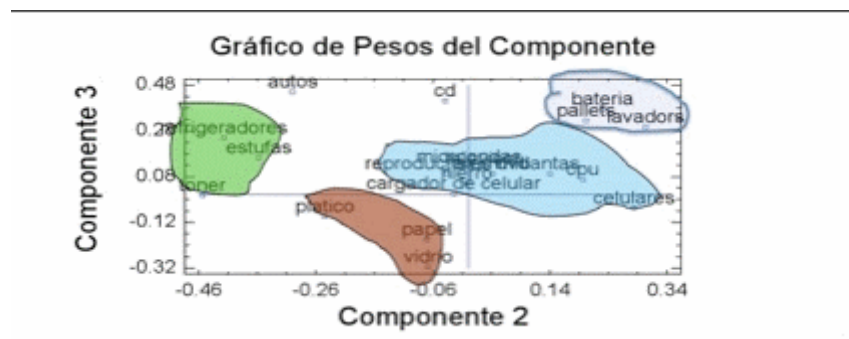


Figura 3. C2 vs C3 para criterios internos

DETERMINACIÓN GRUPOS CON CRITERIOS EXTERNOS

Para el caso de los criterios externos se decidió utilizar la combinación de las componentes C2 y C3 debido a la claridad y coherencia de los datos con la agrupación en la figura (Ver figura 4).

C2 vs C3					
G1	G2	G3	G4	G5	G6
CD	Batería	Papel	Llantas	Estufa	Auto
	Lavadora	Plástico	Televisor	Tóner	
	Pallet	Vidrio	Hierro	Refrigerador	
			Celular		
			Aluminio		
			CPU		
			Cargador		
			Rep. DVD		

Tabla 2. Agrupación de productos por criterios externos

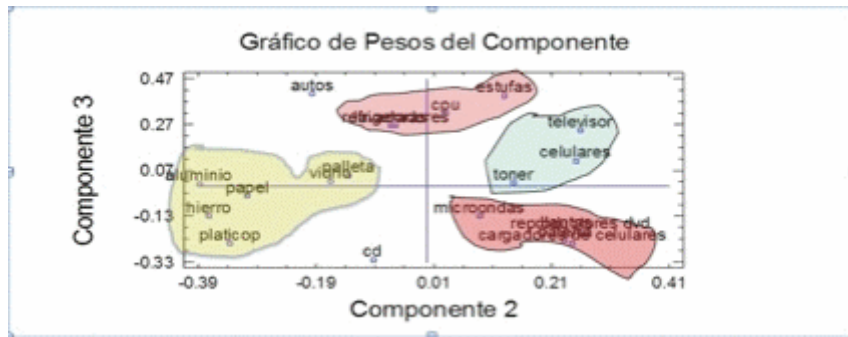


Figura 4. C2 vs C3 para criterios externo

DEFINICIÓN DE PERFILES DE PRODUCTOS RECICLABLES

Un Perfil de Producto Reciclable es un conjunto de factores internos y externos que un producto debe poseer para considerarlo como un producto diseñado para el reciclado [4]. Un perfil de producto está conformado por un conjunto de criterios que evalúan las características extrínsecas e intrínsecas del producto objeto de análisis, cada criterio se encarga de medir el grado en el que el producto cumple con una característica particular por ejemplo: el número de veces que puede ser reciclado o el % de material que se puede recuperar del mismo en el proceso de reciclado; por lo que además cada criterio tiene una escala y unidades particulares.

La integración de los perfiles se realizó combinando los grupos formados por criterios externos e internos según aparecieran los productos repartidos en los mismos. Un perfil se integro de los criterios externos del grupo en el que se encontraba el producto o productos en la columna izquierda y los criterios internos del grupo en el que se encontrara el mismo producto o productos en la columna derecha. La unión de los criterios externos e internos se realizó debido a que debe de abarcar los aspectos extrínsecos e intrínsecos del producto analizado

Con las relaciones establecidas entre las dos columnas se formaron 12 perfiles de productos los cuales se muestran a continuación (Vea Tabla3).

	CRITERIO	UNIDADES	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL3	PERFIL 4
Criterios Externos	Nº de intermediarios	#	Regular(2-5)	Regular(2-5)	Regular(2-5)	Regular(2-5)
	Facilidad para recuperar el Material	-	Dificultad Media(Se esta sujeto a variabilidad en la disponibilidad del material)	Dificultad Media(Se esta sujeto a variabilidad en la disponibilidad del material)	Baja dificultad(Se puede obtener el material en fuentes constantes y confiables)	Dificultad Media(Se esta sujeto a variabilidad en la disponibilidad del material)
	Agente de recolección	-	- Privado	Privado	Mixto	- Mixto
	Costo de la mezcla de material virgen y reciclado	%	20-30%(costo normal)	40-50%(costo elevado)	Menos de 20%(ideal por el bajo costo)	Menos de 20%(ideal por el bajo costo)
	Beneficios del reciclado en el ambiente	%	Reduccion del desperdicio medio(mas del 50%eliminado)	Reduccion del desperdicio medio(mas del 50%eliminado)	Reduccion del desperdicio medio(mas del 50%eliminado)	Reduccion del desperdicio medio(mas del 50%eliminado)
	Impacto ambiental del reciclado	-	Bajo (Sin repercusiones al ambiente)	Bajo (Sin repercusiones al ambiente) menos de 1000 tons/mes	Medio(Contaminación manejable)	bajo- medio
	Toxicidad del producto a reciclar	-	Baja toxicidad	Mediana toxicidad (Pesticidas, residuos de filtración y limpieza, residuos inflamables)	no toxico	Alta toxicidad (Ácidos, Reactivos, Residuos de cianuro y plomo)
	Incentivos económicos del gobierno	-	No	No	no	No
	Sector de Aplicación del Producto reciclado	-	Sector eléctrico y de comunicaciones	Sector eléctrico, comunicaciones y embalaje	Sector de Embalaje Uso General(utensilios)	Sector eléctrico y de comunicaciones
	Nivel de competencia	#	Bajo (1 - 2)	Bajo (1 - 2)	Alto (10 – mas)	Alto (10 – mas)
	Disponibilidad de la materia a reciclar en el mercado	#	Bueno(5-9)	Bueno(5-9)	Excelente(mas de 10 años)	Excelente(mas de 10 años)
	Aceptación del producto reciclado por los consumidores	-	Regular(no les molesta usarlo pero lo preferirían de material virgen)	Regular(no les molesta usarlo pero lo preferirían de material virgen)	Buena(no existe inconveniente)	Regular(no les molesta usarlo pero lo preferirían de material virgen)
	Flujo del producto	#	Alto (> 10000)	Bajo <10000	Alto (> 10000)	Alto (>10000)
	Demanda del material en el mercado	#	- Alta (1 000 o mayor)	- Baja (<1 000)	- Alta (1 000 o mayor)	- Alta (1 000 o mayor)
Profundidad de la familia de productos	#	Baja (1 – 3)	(1 – 10)	Baja (1 – 3)	Media (4 – 10)	
Disponibilidad de repuestos	-	Alta	Alta	alta	Media (4 – 10)	
Criterios Internos	Tecnología del proceso de reciclado	-	Bajo(métodos y maquinaria tradicional)	Bajo(métodos y maquinaria tradicional)	Alto(tecnología de Punta)	Alto(tecnología de Punta)
	Tipo de reciclaje	-	Cerrado	Abierto	Abierto	Abierto
	Tipo de prueba que se lo realizan al material	-	Físicas	Físicas	Químicas	Físicas/químicas
	Tiempo de desmontaje	%	Medio (40 – 70)	(0 – 69)	na	Bajo(0 – 39)
	Tiempo de recuperación	Años	Corto plazo (0 - 1)	Mediano plazo (2 - 7)	Mediano plazo (2 - 7)	Mediano plazo (2 - 7)
	Tipo de residuos	-	Sólidos (virutas, agentes extraños)	Líquidos (Desengrasantes, aditivos, otros lodos residuales)	Sólidos (virutas, agentes extraños)	Sólidos (virutas, agentes extraños)

Tabla 3. Perfiles de Productos Reciclables

Los valores que se muestran en los perfiles así como las unidades de medición son características de cada criterio y describen el grado en el que el producto debe de cumplir con dicho criterio. (Vea tabla 3).

	CRITERIO	UNIDADES	PERFIL 1	PERFIL 2	PERFIL3	PERFIL 4
Criterios Internos	Tipo de proceso productivo	-	Sencillo	Simple	Complejo	Simple
	Porcentaje de recuperación de desechos (Tasa de recuperación)	#	Medio (40 - 69)	(1 a 11)	1	(0 a 11)
	Número de módulos	#	Modulación baja (1 a 10)	Modulación baja (1 a 10)	1	Modulación baja (1 a 10)
	Tipo de arquitectura del producto	-	Modular	Modular	No modular	Modular
	Tipos de conexiones en el producto	-	Presion	Atornillado	na	Soldado/atornillado
Criterios fijos deseables	Nivel de contaminación	%	30% MAX	30% MAX	30% MAX	30% MAX
	Calidad del producto vs. Otros productos similares	-	2:misma calidad	2:misma calidad	2:misma calidad	2:misma calidad
	Valor del material reciclado	%	Mucho Menor (< 80%)	Mucho Menor (< 80%)	Mucho Menor (< 80%)	Mucho Menor (< 80%)
	Pertenencia a una familia de productos	-	Si	Si	si	Si
	Etapa en el ciclo de vida del producto	-	Crecimiento (Madurez)	Madurez	Madurez	Madurez

Tabla 3. Perfiles de Productos Reciclables (continuación)

Estos perfiles muestran entonces los criterios internos y externos deseables que deben poseer los productos que serán. Un perfil se integra por tres tipos de criterios

- **Criterios fijos** los cuales son determinantes ya que de estos de depende el éxito del proceso de reciclado; por lo que producto sometido a estos perfiles debe de cumplir un cierto nivel en el rango de valor de estos criterios. (en rosa)
- **Criterios característicos.** Estos criterios son los que diferencian a un perfil del otro marcando la tendencia del mismo dependiendo del tipo de producto o material que se este manejando; el producto sometido a los perfiles debe de entrar en el rango de valor de estos criterios. Son los criterios marcados con el color amarillo
- **Criterios deseables.** Este tipo de criterios son un poco mas flexibles que los anteriores debido a que no es imperativamente necesario que el producto entre en el rango de valor de todos estos criterios; , estos criterios miden mas características externas que internas del producto. Marcados en color blanco

CONCLUSIONES

El desarrollo de estos perfiles para productos reciclados es una primera guía para el desarrollo de nuevos productos o un rediseño de productos ya existentes que necesitan ser modificados para adaptarse a las nuevas condiciones del mercado pensando en el reciclado como estrategia de fin de vida.

Un perfil permite evaluar los aspectos internos y externos del producto mediante variables comúnmente medibles y que son importantes desde el origen, proceso de producción, vida útil y destino final del producto. La aplicación de estos perfiles a los productos se debe hacer considerando que los criterios manejados se deben tomar como los más deseables o ideales ya que no siempre se pueden cubrir todos los aspectos, pero al considerar la mayoría de ellos, se puede asegurar que los productos cumplirán con las expectativas para ser reciclados de una manera adecuada y con el menor impacto ambiental posible.

La selección adecuada del perfil para un producto determinado se hace con base al número de criterios que el producto satisfaga, para esto, se obtiene el porcentaje de los criterios evaluados que son satisfechos por dicho producto. El perfil que obtenga el mayor porcentaje de criterios satisfechos es el perfil seleccionado para dicho producto.

BIBLIOGRAFÍA

1 Hata, T., *A Method for Life Cycle Design to Improve Service Quality Management, Thesis, The University of Tokyo, 2002*

2 Henderson J. (Ed.), *"Sustainability Reporting Guidelines 2002", Global Reporting Initiative, Boston, 2002.*

3 Jahau Lewis Chen, *"Some Observations on Recycling of Electrical Home Appliance Activities in Taiwan", IEEE, 2001*

4 Lopez-Ontiveros M. A. Zwolinski P. Brissaud D. *Integrated design of remanufacturable products based on product profiles. Journal of Cleaner Production, 2006*

5 Mathieux F. *Contribution a l'integration de la valorisation en fin de vie des la conception d'un produit. Une methode basee sur l'evaluation multicriteres de la recyclabilite du produit et sur l'identification de ces points faibles de conception PhD thesis, ENSAM - Chambéry, 2002*

6 Stevens A. *"Integration of EcoDesign into Business, A New Challenge", Proceedings of Ecodesign'99, 1-3 February, 1999, pp. 27-32.*

7 Thierry Bussien, *Le recyclage des CD?, Projet STS Ecole Polytechnique Fédéral de Lausanne, 2005*

8 Tim Denne, Reuven Irvine, Nikhik Atreya, Mark Robinson, *"Recycling: Cost Benefit Analysis" COVEC 2007*

