



# UNIVERSIDAD DE OVIEDO

DEPARTAMENTO DE EXPLOTACIÓN Y PROSPECCIÓN DE MINAS

MASTER INTERUNIVERSITARIO EN DIRECCIÓN DE PROYECTOS

TRABAJO FIN DE MASTER

## Análisis y selección de herramientas en proyectos de ecodiseño de productos industriales

Autor: Jaime Blanco Armendáriz

Director: José Valeriano Álvarez Cabal

Julio 2015

El documento que se presenta es un trabajo fin de master para el Master Interuniversitario en Dirección de Proyectos impartido por la Universidad de Oviedo, la Universidad Pública de Navarra y la Universidad de la Rioja.

Este trabajo fin de master ha sido realizado por el Alumno Jaime Blanco Armendáriz, bajo la tutorización de José Valeriano Álvarez Cabal, profesor titular del área de Proyectos de Ingeniería de la Universidad de Oviedo

## ÍNDICE

<b>1</b>	<b>JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS .....</b>	<b>8</b>
1.1	INTRODUCCIÓN .....	8
1.2	JUSTIFICACIÓN.....	10
1.3	OBJETIVOS.....	14
1.4	METODOLOGÍA EMPLEADA .....	14
<b>2</b>	<b>ASPECTOS INTRODUCTORIOS.....</b>	<b>16</b>
2.1	DISEÑO INDUSTRIAL.....	16
1.1.1	<i>Diseño.....</i>	<i>16</i>
2.1.1	<i>Modalidades de diseño .....</i>	<i>17</i>
2.2	SECTOR METAL – MECÁNICO .....	21
2.3	INGENIERÍA SOSTENIBLE.....	23
2.4	CICLO DE VIDA .....	26
2.4.1	<i>Pensamiento y Análisis de Ciclo de Vida.....</i>	<i>26</i>
2.4.2	<i>C2C: De la cuna a la cuna .....</i>	<i>28</i>
<b>3</b>	<b>ECODISEÑO .....</b>	<b>31</b>
3.1	CONCEPTO DE ECODISEÑO .....	31
3.2	NORMATIVA .....	33
<b>4</b>	<b>METODOLOGÍAS DE ECODISEÑO.....</b>	<b>35</b>
4.1	NECESIDAD.....	35
4.2	LA NORMA ISO/TR 14062 .....	36
4.3	METODOLOGÍAS QUE RELACIONAN LA GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL CON EL ECODISEÑO .....	39
4.4	METODOLOGÍAS CENTRADAS EN EL DESARROLLO DE PRODUCTOS.....	41
4.5	METODOLOGÍAS CENTRADAS EN ASPECTOS ENERGÉTICOS.....	43
<b>5</b>	<b>HERRAMIENTAS .....</b>	<b>45</b>

5.1	INTRODUCCIÓN .....	45
5.2	LISTAS DE COMPROBACIÓN (LC) .....	47
5.3	MÉTODOS MATRICIALES .....	49
5.4	VALORACIÓN DE LA ESTRATEGIA AMBIENTAL DEL PRODUCTO (VEA) .....	53
5.5	ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA (ACV) .....	54
5.6	ECOINDICADORES.....	58
5.7	EVALUACIÓN DEL CAMBIO DE DISEÑO (ECD) .....	62
5.8	APLICACIONES SOFTWARE PARA ECODISEÑO .....	63
<b>6</b>	<b>APLICACIONES DEL ECODISEÑO.....</b>	<b>67</b>
6.1	ECO-DISEÑO EN LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS.....	67
6.2	CASOS DE ÉXITO.....	69
<b>7</b>	<b>TAXONOMIA DE HERRAMIENTAS.....</b>	<b>74</b>
7.1	ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS .....	74
1.2	CLASIFICACIÓN .....	81
<b>8</b>	<b>SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS.....</b>	<b>83</b>
8.1	CONSIDERACIONES PREVIAS .....	83
8.2	HERRAMIENTAS MÁS ADECUADAS .....	84
8.3	METODOLOGÍA PARA ECODISEÑO INDUSTRIAL .....	86
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>92</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>94</b>
<b>11</b>	<b>ANEXO .....</b>	<b>98</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 - Ejemplos de diseños industriales .....	23
Tabla 2 – Definiciones (Poulikidou, 2012) .....	33
Tabla 3 - LC ecodiseño H. Brezet y C. van Hemmel .....	49
Tabla 4 - Etapas matriz MET (Pons, 2015) .....	51
Tabla 5 - Matriz MET .....	51
Tabla 6 - Matriz MET. Propuestas de mejora .....	51
Tabla 7 - Ecoindicadores producción metales (Vasco, 2006) .....	60
Tabla 8 - Ecoindicadores procesado de metales (Vasco, 2006) .....	61
Tabla 9 - Características del contenedor antes del ecodiseño .....	69
Tabla 10 - Arbol de objetos carretilla .....	72
Tabla 11 - VEA carretilla industrial.....	73
Tabla 12 - Resumen de Metodologías y Herramientas .....	80
Tabla 13 - Clasificación herramientas de ecodiseño .....	81
Tabla 14 - Gráfico clasificación de herramientas de ecodiseño .....	82
Tabla 15 - Puntos favorables LC.....	85
Tabla 16 - Puntos favorables VEA .....	85
Tabla 17 - Puntos favorables CAD + AM .....	86
Tabla 18 - Puntos favorables ACV.....	86
Tabla 19 - LC Valoración inicial .....	88
Tabla 20 - Árbol de decisión "Metodología para ecodiseño industrial" .....	91

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 - Cadena del ciclo de vida desde la extracción – pasando por la producción – hasta el consumo y los residuos (Communities), 2007).....	9
Ilustración 2 - Deforestación en Malasia por la palma de aceite .....	10
Ilustración 3 - Ingeniería sostenible. Simbiosis Industrial .....	25
Ilustración 4 - Ciclo de vida (González, Álvarez, Ruiz, & Sánchez, 2011).....	29
Ilustración 5 - Interrelación entre el capítulo 5 de la norma ISO 14006:2011 y otras normas internacionales relacionadas con el ecodiseño (ISO, ISO 14006:2011, 2011).....	34
Ilustración 6 - Metodología y herramientas de ecodiseño (GRENOBLE, 2012)..	35
Ilustración 7 - Entradas y salidas y ejemplos de impactos ambientales asociados con el ciclo de vida de un producto (ISO, UNE-ISO/TR 14062, 2007) .....	39
Ilustración 8 - Experiencias prácticas ecodiseño (IHOBE, 2000).....	41
Ilustración 9 - Modelo para el uso sistemático de herramientas de ecodiseño en el proceso de diseño (Gurauskienė & Varžinskas, 2006) .....	42
Ilustración 10 - Estructura básica del método PROSA (www.prosa.org, 2015) .	43
Ilustración 11 - Ciclo de vida del producto (Prodintec, 2015) .....	46
Ilustración 12 - Ejemplo de diseño metal-mecánico .....	47
Ilustración 13 - Ejemplo de matriz MECO (yuentsunwing.wordpress.com, 2015) .....	52
Ilustración 14 - Ejemplo de VEA de un producto (González, Álvarez, Ruiz, & Sánchez, 2011).....	53
Ilustración 15 - Etapas de un ACV (ISO, UNE-EN ISO 14040:2006, 2006).....	55

Ilustración 16 - Árbol de procesos producción agrícola (Lechón, y otros, 2005) .....	56
Ilustración 17 - Elementos de evaluación del impacto (ISO, UNE-EN ISO 14040:2006, 2006).....	57
Ilustración 18 - Árbol de procesos con OpenLCA .....	58
Ilustración 19 - Proceso ECD .....	63
Ilustración 20 - Búsqueda de materiales similares en SolidWorks Sustainability (Solidworks, 2015) .....	65
Ilustración 21 - Gestión de proyectos sostenible .....	68
Ilustración 22 - El potencial papel de la dirección de proyectos en el ecodiseño (Brones, Carvalho, & Zancu, 2014) .....	69
Ilustración 23 - Juguete de plástico .....	99
Ilustración 24 - Definición del material .....	100
Ilustración 25 - Definición del proceso de fabricación .....	100
Ilustración 26 - Transporte .....	101
Ilustración 27 - Consumo energético.....	101
Ilustración 28 - Impacto medioambiental del producto.....	102
Ilustración 29 - Impacto según carbono total.....	103
Ilustración 30 - Selección de propiedades.....	104
Ilustración 31 - Materiales sugeridos .....	105
Ilustración 32 - Impacto por componente.....	106

## 1 Justificación y objetivos

### 1.1 Introducción

Hace ya varias décadas que una parte importante de la población del planeta ha visto la necesidad de promover y llevar a cabo un cambio en el modelo de desarrollo económico y productivo. Esta necesidad de cambio, esta incentivada principalmente por el efecto negativo que este desarrollo descontrolado de la civilización humana está provocando en el planeta tierra. Los países del primer mundo y países en vías de desarrollo cada vez necesitan disponer de más recursos naturales para continuar con su actividad cotidiana, debido al constante aumento de la población y de las necesidades de esta. Además, estas poblaciones son cada vez más dependientes de productos y servicios que requieren la explotación de recursos naturales limitados y que generan, durante los procesos de fabricación, uso o retirada, residuos tóxicos que deterioran el entorno natural.

Hasta hace algunos años (ya más de 10 y de 20) nadie se paraba a pensar si este crecimiento desmesurado y consumo incontrolado de recursos limitados podría suponer un problema en el futuro. Afortunadamente, son muchas las corrientes de pensamiento ecologista y sostenible que han surgido en los últimos años. Estas ideologías o corrientes de pensamiento creen que no se puede mantener el actual modelo de desarrollo, o al menos el modelo que se estaba promoviendo hasta aproximadamente los años 90. Es entonces cuando comienzan a surgir las primeras técnicas y metodologías para lograr hacer determinados procesos o la obtención recursos de una manera más sostenible y que no dañe de manera irreversible el planeta en que vivimos. El fin de este tipo de modelos es lograr que la actividad humana sea sostenible, es decir, que los recursos naturales que necesitemos para continuar con nuestra vida en la tierra puedan ser regenerados de manera natural o con la ayuda humana. De este modo se lograría que los recursos consumidos sean menores que los recursos generados. Lo mismo ocurre con los elementos contaminantes derivados de la actividad humana, deberíamos de ser capaces de mantener un modelo en el que todos



estos desechos contaminantes puedan ser asimilados de manera natural por el planeta o con la ayuda del hombre.

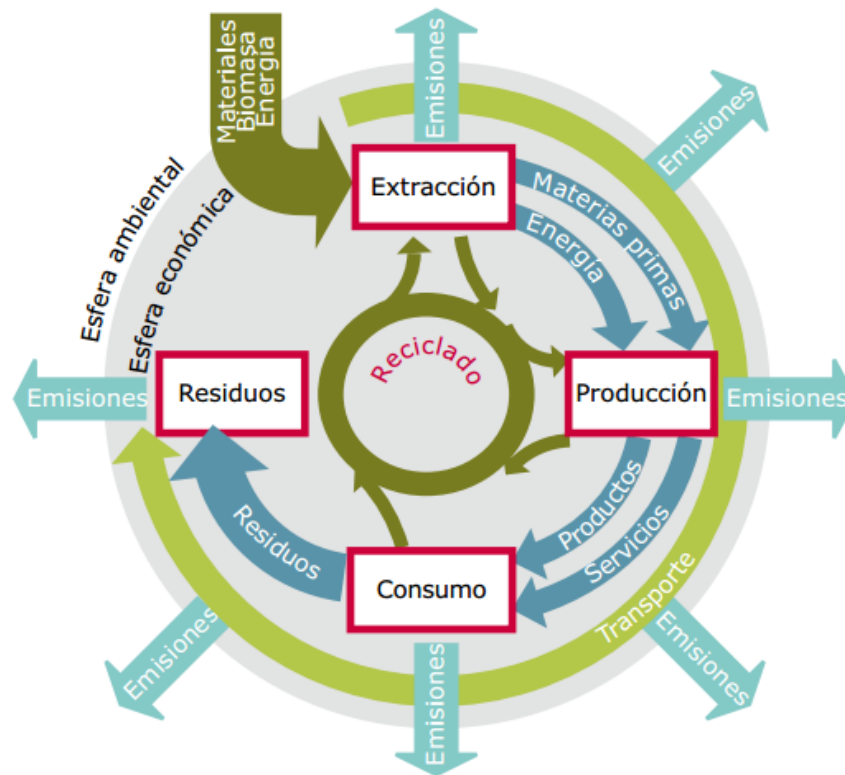


Ilustración 1 - Cadena del ciclo de vida desde la extracción – pasando por la producción – hasta el consumo y los residuos (Communities), 2007)

Un ejemplo claro de este tipo de desarrollo desenfrenado, y quizá el principal causante de la situación insostenible de la que se habla en el párrafo anterior ha sido la actividad industrial. Desde que se desencadenó la revolución industrial, el avance y crecimiento de esta ha sido totalmente descontrolado. El desarrollo de esta actividad fue basando en un crecimiento constante que necesita cada vez de más y más recursos. Al tratarse de uno de los principales causantes, es en esta actividad donde más esfuerzos se han hecho por revertir, en la medida de lo posible, esta situación de insostenibilidad.

La actividad industrial es muy amplia, son muchas las actividades desarrolladas, algunas más insostenibles que otras. El presente trabajo se centrará en las actividades industriales de tipo metal-mecánico. Como se verá con más detalle en el apartado 2.2 Sector metal – mecánico, se trata de un sector dedicado al diseño y fabricación de bienes de servicio de tipo mecánico como pueden ser las industrias de la automoción, elevación, fabricación de electrodoméstico, etc.

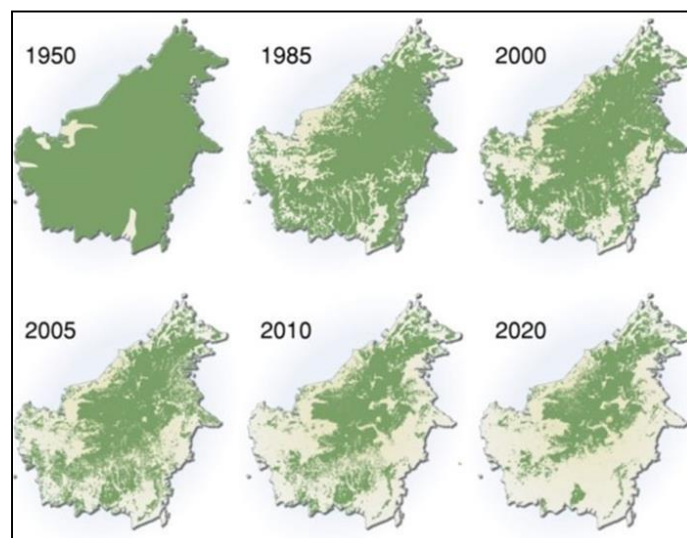
## 1.2 Justificación

Tal y como se recoge en las líneas superiores de este apartado, el problema medioambiental existe y la civilización humana tiene la responsabilidad de ser sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Durante el corto periodo de tiempo, con respecto a la vida del planeta, que los seres humanos llevamos habitando el planeta, hemos causado importantes daños, algunos de ellos irreversibles.

Un claro ejemplo es la deforestación de los bosques. Con el fin de obtener tierras agrícolas y ganaderas para abastecer las necesidades de la población, los seres humanos hemos destruido grandes masas forestales. Talar árboles sin una eficiente reforestación resulta en un serio daño al hábitat, en pérdida de biodiversidad y en aridez. Tiene un impacto adverso en la fijación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Además, las regiones deforestadas tienden a una erosión del suelo y frecuentemente se degradan a tierras no productivas.

Malasia presenta la mayor tasa de deforestación del planeta debido en gran medida a la habilitación de tierras para la siembra de palma de aceite.



*Ilustración 2 - Deforestación en Malasia por la palma de aceite*

Por efectos adversos como la deforestación y muchos otros, es necesario tomar medidas y desarrollar conocimientos y herramientas que permitan crear un mundo más sostenible.

El presente trabajo centra su atención en el sector industrial como fuente contaminante. Más concretamente en el sector metal-mecánico y los diseños que se realizan en este tipo de industria. Cabe reseñar, que no solo el diseño de los productos o servicios son la causa de la contaminación producida por el sector industrial. Existen otros muchos factores que hace de la industria un foco de contaminación e insostenibilidad, como puede ser la propia actividad, el consumo de energía, impacto en el entorno, etc. No obstante, se ha centrado el interés de este trabajo en la etapa de diseño, puesto que los consumos de materiales y energía están determinados, en gran medida, por decisiones tomadas en la etapa de diseño.

La industria y el sector metal-mecánico generan constantemente nuevos diseño y productos que producen residuos y consumen recursos, la mayoría de ellos, en todas las etapas de su ciclo de vida. Puede que un único diseño no tenga un gran impacto en el ecosistema. Por ejemplo, el diseño de una silla. Si atendemos al impacto medioambiental de una única silla durante su ciclo de vida quizás llegaríamos a la conclusión de que se emplean pocos recursos naturales en la obtención de materias primas y lo mismo ocurre en la fabricación y desmantelamiento. Podemos decir que la silla por sí sola no es un foco de gran contaminación. Evidentemente esto no es así, debemos tener en cuenta la producción completa de ese nuevo diseño de silla. Es posible que la obtención de materia prima para una silla no tenga gran impacto, pero cuando queremos tener una producción anual de 10.000 sillas el impacto de la obtención de materiales es considerable. Lo mismo ocurre con el resto de etapas del ciclo de vida de la silla.

Este razonamiento es trasladable a los diseños dentro del sector metal-mecánico. Son muchos los diseños existentes y los nuevos diseños que se generan y además son muchas las empresas que en todo el mundo operan en este sector. Por lo tanto, el diseño de un único producto o servicio puede que no sea determinante, pero

si lo será teniendo una visión global de toda la industria y del enorme impacto que esta tiene en el medio ambiente.

Es claro, por tanto, que dedicar esfuerzos a mejorar la sostenibilidad de los productos y servicios desde su etapa de diseño tendrá una gran repercusión en el impacto medioambiental que estos provocarán en el futuro. Las técnicas o herramientas que se analizan en este documento son conocidas como herramientas de **ecodiseño** y sirven para que durante los procesos de diseño o revisiones de diseños, tengamos siempre presente los aspectos medioambientales y como nuestro diseño afecta al entorno, en todas o alguna de las fases del ciclo de vida.

Llevar a cabo un correcto diseño / ecodiseño puede ser clave en el impacto que el producto tenga en el entorno a lo largo de todo el ciclo de vida:

- **Obtención de materia prima:** La elección de la materia prima es clave. Si la materia prima elegida es un recurso limitado, podemos acabar con este recurso natural. También debemos de tener en cuenta que recursos son necesario para obtener esta materia prima. Dependerá del diseño el número de materias primas necesarias.
- **Producción:** Quizá sea una de las etapas del ciclo de vida que menos depende del diseño, aunque no por ello dejan de estar ligados. Un diseño adecuado permitirá que sea posible el uso de técnicas de fabricación respetuosas con el medio ambiente, reduciendo las emisiones y la generación de desechos contaminantes.
- **Transporte o distribución:** En algunos casos el transporte es una de las principales fuentes de contaminación. Un buen diseño puede facilitar el apilamiento en el transporte y por lo tanto, reducir espacios de almacenamiento y la cantidad de energía necesaria para mover grandes cantidades de mercancía.
- **Uso o servicio:** En aquellos productos que necesitan energía para su uso, su diseño determinará como de ecoeficientes son. Un claro ejemplo es la industria de la automoción. Los fabricantes de vehículos dedican esfuerzos en crear vehículos cada vez más eficientes, para cumplir con las

normativas medioambientales y la demanda de los clientes por tener vehículos que consuman menos combustible.

- **Desmantelamiento:** Un buen diseño basado en aspectos medioambientales buscará el uso de materiales que puedan ser reciclados con facilidad. De este modo se puede aprovechar el material reciclado y no es necesario extraer nuevos recursos naturales limitados o al menos reducir su explotación.

La aplicación de los principios del ecodiseño en un sector producto como el metal-mecánico permitirá reducir los impactos globales de los productos a lo largo de su ciclo de vida.

Pero aplicar dichos principios no está exento de dificultad. Aun estando de acuerdo con los principios de un diseño más ecoeficiente, disponer de información suficiente para tomar las decisiones adecuadas en el proceso de diseño no es sencillo.

En la actualidad existen dos corrientes que empujan a las empresas y organización a aplicar técnicas de ecodiseño como las que se muestran en este trabajo. Estas corrientes se conocen como “motores de cambio” y son dos: Empuje y tracción.

- **Empuje:** Son modificaciones legislativas que empujan a las empresas a optimizar sus productos y sitúan fuera del mercado a los de menor capacidad o que no son capaces de cumplir con estos requisitos legislativos (proteccionismo tecnológico)
- **Tracción:** El cliente desea productos sostenibles. La población cada vez está más concienciada del problema medioambiental y valora aquellas empresas que desarrolla productos sostenibles. Pero los consumidores deben poder reconocer estos productos, lo que obliga a desarrollar formas de que sean reconocidos por marcados fiables y conocidos.

En ambos casos, queda pendiente el problema de disponer de herramientas que sean suficientemente afinadas para permitir tomar decisiones de diseño correctos, pero cuyo uso no sea tan complicado que haga ineficaz su uso en el curso del diseño.

### 1.3 Objetivos

El objetivo de este trabajo es analizar las más importantes metodologías y herramientas de ecodiseño y valorar y decidir cuáles de ellas son las más adecuadas para diseños industriales de tipo metal-mecánico.

A través del análisis de las herramientas más habituales se pretende hacer una clasificación atendiendo a las características que mejor las definen e identificar cuáles son sus puntos fuertes y sus puntos más débiles.

Una vez que las herramientas han sido clasificadas y ordenadas, será más sencillos ver su idoneidad para los diseños de tipo metal-mecánico. Este tipo de diseños son muy habituales en la industria y a menudo muchos de ellos son pequeños diseños o revisiones de diseños existentes. A priori, parece lógico buscar herramientas ágiles, es decir, que de una manera sencilla nos permitan evaluar los principales impactos del elemento o conjunto que estamos analizando. Este tipo de diseños ya consumen de por si una importante cantidad de recursos, debido a los requisitos técnicos y exigencias de funcionamiento a las que están sometidos. Pr tanto buscaremos herramientas sencillas y ágiles con las que podamos identificar puntos de mejora y que nos orienten hacia el uso de nuevos materiales y procesos más sostenibles.

### 1.4 Metodología empleada

Para realizar este trabajo se siguieron los siguientes pasos:

#### **1. Descripción de metodologías y herramientas**

Se detallan y describen las metodologías y herramientas de ecodiseño más importantes y empleadas en la actualidad. Aún es pronto para clasificarlas, queremos conocerlas con detalle para posteriormente decidir cómo son unas con respecto de las otras.

#### **2. Resumen de metodologías y herramientas**

Para ordenar las ideas se crea una tabla a modo de resumen. En ella se evalúa cada metodología y herramienta atendiendo a aspectos característicos, como son la complejidad o si son de tipo cualitativo o cuantitativo.

### **3. Clasificación de herramientas**

Una vez ordenadas en la tabla anterior, estamos en disposición de clasificar todas las herramientas.

### **4. Valoración**

Con las herramientas ya clasificadas estaremos en disposición de decidir, a juicio del autor, que herramientas de ecodiseño son las más indicadas en diseños de productos industriales.

En el presente documento se incluye una parte inicial donde se detallan conceptos relativos a diseño y sostenibilidad para proporcionar las bases de marco de referencia necesario para entender el trabajo realizado.

## 2 Aspectos introductorios

### 2.1 Diseño industrial

#### 1.1.1 Diseño

El diseño es una actividad creadora cuyo fin es de presentar las múltiples facetas de la calidad de los objetos, de sus procesos, de los servicios y sistemas en los que se integra en el transcurso del ciclo de vida de dichos objetos, servicios y sistemas. Es por ello que constituye un factor principal de humanización innovadora y un motor en los intercambios económicos y culturales.

- El diseño tiene como objetivo descubrir y garantizar relaciones estructurales, organizativas, funcionales y económicas, permitiendo:
- Proteger el planeta y su perennidad a escala mundial (ética global)
- Aportar ventajas y mayor libertad a la comunidad, a los usuarios, a los productores y diversos actores en los mercados, se trate de individuos o colectivos (ética social)
- Promover la diversidad cultural frente a la globalización (ética cultural),
- Dar a los productos, servicios y sistemas, formas que expresen (semiología) con coherencia (estética) su propia complejidad.

Para ello, en los últimos 20 años, la mayoría de los países han impulsado diversas políticas de diseño que han contribuido a la diversificación de las profesiones del diseño, diversificación que ha dado nombre a nuevas especialidades y prácticas (EOI, 2015).

En las economías avanzadas, el diseño es un valor en alza, un factor ineludible para que las empresas crezcan y sus productos y servicios sintonicen con las demandas y las expectativas de sus clientes. La estrecha correlación entre el nivel de competitividad y el grado de desarrollo del diseño se hace más que evidente en países de nuestro entorno (Alemania, Gran Bretaña, Noruega, Suecia) y en otros tan lejanos como dinámicos (Australia, Corea, Japón).



Más allá de sus evidentes implicaciones económicas, el diseño es también un factor de mejora para el conjunto de la sociedad, que contribuye a elevar el progreso, la calidad de vida y el bienestar de las personas, y todo ello de manera sostenible.

Ejercido por profesionales y adecuadamente gestionado, el diseño es pues capaz de aportar beneficios cuantitativos y cualitativos tanto económicos, sociales y ecológicos. La valoración económica de este impacto viene siendo objeto de estudio desde hace tiempo en los medios académicos. España participa activamente en este debate, cuyos avances son tan lentos como prometedores. Si bien no se dispone todavía de resultados concluyentes, sí existe en cambio un consenso general respecto a los costes del “no diseño” y a la pérdida de oportunidades y ventajas que supone ignorar su potencial.

#### 2.1.1 Modalidades de diseño

El Manual de Oslo de la OCDE (OCDE, 2005) señala que “una innovación es la introducción de un nuevo, o significativamente mejorado, producto (bien o servicio); de un proceso, de un nuevo método de comercialización o de un nuevo método optimizado, en las prácticas internas de la empresa, la organización del lugar de trabajo o las relaciones exteriores”. Junto a la investigación, el desarrollo y la innovación, el diseño juega un papel clave en el desarrollo económico y social y se está colocando en el centro de muchas estrategias empresariales, desde la ideación hasta la comercialización.

Por lo tanto, son diversos tipos de diseño los que intervienen en los procesos y gestión en la empresa: diseño de marca, de producto, del envase, diseño gráfico, del entorno, de sistemas, de experiencias, de campañas...: todos ellos han de ser coordinados, integrados y articulados para conseguir el éxito de un producto industrial o servicio y de su marca, y alcanzar una fuerte identidad de empresa.

En este trabajo es el diseño industrial el que resulta de interés. Es tan diverso como lo es la variedad de productos industriales: hay desde mobiliario hasta máquina herramienta, pasando por los productos textiles, moda, confección u objetos diversos.

Mejorar la funcionalidad, el coste, el servicio, los métodos de fabricación, dar identidad al producto, son ejemplos de intervenciones que inciden en la competitividad y la calidad del producto. Esas preocupaciones están en el centro del proceso creativo de nuevos productos. La diversificación y sofisticación crecientes de la oferta y la demanda exigen una percepción precisa de los mercados y sobre todo de los usuarios.

Aunque existan herramientas informáticas que aceleran y facilitan la innovación, la concepción de productos es un proceso complejo y estratégico que engloba los aspectos funcionales, técnicos, estéticos, económicos, en relación al producto. Tiene en cuenta tanto la cultura de la empresa como las especificaciones y normativas relacionadas con la seguridad y el medioambiente.

Para que el diseñador de producto pueda analizar, integrar y formalizar de manera coherente todos esos factores, debe interactuar con todos los actores que, tanto dentro como fuera de la empresa, intervienen en cada etapa del proceso de creación e innovación.

Hasta que un nuevo producto llega al mercado hay un largo proceso. Muchos trabajos que hacer y muchas decisiones que tomar. En este camino que va desde la primera idea hasta que alguien elige, compra y disfruta nuestro producto no hay que infravalorar ni olvidar nada.

Existen varios procesos para el diseño de producto y muchos de ellos están enfocados en diferentes aspectos. El proceso mostrado a continuación, "The Seven Universal Stages of Creative Problem-Solving," escrito por Don Koberg y Jim Bagnell, permite a los diseñadores crear productos a partir de sus ideas. Este proceso se realiza en grupos: Diseñadores industriales, expertos en el tema (p.e. usuarios de prospectiva), ingenieros, etc., dependiendo del producto a realizarse. El proceso se enfoca en descubrir que es lo que se necesita, desarrollando lluvia de ideas, creando prototipos y generando el producto. Sin embargo, ese no es el final del proceso. Hasta ese punto, los diseñadores de producto aún necesitan poner en práctica la idea, haciendo el producto, evaluar su éxito y comprobar si no es necesario hacer algunas mejoras.

El proceso de diseño de producto ha experimentado varias etapas de evolución a lo largo de estos últimos años con la adopción de la impresión 3D. Los nuevos

consumidores de dichas impresoras 3D pueden diseñar productos dimensionales e imprimirlos en 3D a través de la inyección de plástico, oponiéndose a las impresoras tradicionales de tinta sobre papel (Wikipedia, 2015).

El proceso de diseño sigue una serie de pautas involucrando tres principales secciones (Koberg & J., 1991):

- Análisis
- Conceptualización
- Síntesis

Las últimas dos secciones son revisadas muchas veces, dependiendo de cuantas veces el diseño debe ser revisado para ser mejorado. Esto es un proceso repetitivo, donde la retroalimentación es el principal componente. Para comprender mejor cómo funciona el proceso, podemos determinar que son siete etapas dentro de las tres principales. El análisis se divide en dos, la conceptualización en una y la síntesis en cuatro.

- Análisis.
  - Aceptar el problema: Aquí los diseñadores se comprometen con encontrar una solución a un problema. Utilizan todos sus recursos para encontrar la manera más eficiente para reencontrar una solución.
  - Analizar: En esta etapa todo el equipo comienza la investigación. Reúnen información general y específica que ayude a pensar cómo se puede resolver el problema. Puede incluir estadísticas, cuestionarios, artículos entre otras fuentes más.
- Conceptualización
  - Definir: El problema central es definido. Las condiciones del problema se convierten en objetivos y las limitaciones de la situación se convierten en parámetros con los que el nuevo diseño será construido.
- Síntesis

- Idear: Los diseñadores tienen lluvias de ideas con posibles soluciones al problema de diseño. La sesión de lluvia de ideas no involucra parcialidades o juicios, en cambio genera ideas originales.
- Seleccionar: A estas alturas, los diseñadores redujeron las ideas y seleccionaron algunas que podrían ser provechosas y de las cuales pueden esquematizar el plan de trabajo para realizar el producto.
- Implementar: Los prototipos comienzan a ser creados y las ideas comienzan a convertirse en un objeto.
- Evaluar: En la última etapa se realizan pruebas al producto y a partir de ellas mejoras son realizadas. Aunque es la etapa final, no significa que el proceso ha terminado. El prototipo final puede no funcionar como se esperaba y nuevas ideas deben ser analizadas.

El diseño del envase y del embalaje está a caballo entre el diseño de producto y el diseño gráfico, y se alimenta de ambas disciplinas. En él se pueden diferenciar distintos niveles de intervención. Un nivel muy cercano al diseño gráfico, en el que el diseño consiste en modificar o rediseñar una superficie de dos dimensiones: una etiqueta, una caja de cartón, etc... Un nivel próximo al diseño de producto, cuando el diseño consiste en modificar las propiedades funcionales de un embalaje. Un nivel más completo, que lleva a una reflexión profunda sobre la creación en tres dimensiones de un nuevo envase, por ejemplo de un perfume. Aquí los condicionantes, aunque existen, son menores comparados con la libertad de actuación y el diseño puede jugar con decisiones relacionadas con la forma, los materiales y el concepto mismo del envase.

En algunas industrias el envase es clave para el éxito del producto en el mercado. Por ejemplo, en perfumería, aunque la definición de las fragancias es muy importante, el papel del envase es determinante en el momento de la compra. Así lo reconocen en Antonio Puig, S.A., donde el diseño ha tenido una gran importancia en la estrategia de la empresa, que fue reconocida con el Premio Nacional de Diseño del año 1988. En un mercado muy competitivo en el que la vida de los productos es muy breve, hay algunos de ellos como «Agua Brava» que están vendiéndose desde el año 1962, gracias en parte

al envase diseñado por André Ricard y la imagen gráfica diseñada por Yves Zimmerman, sin cambios aparentes en más de cuarenta años (EOI, 2015).

## 2.2 Sector metal – mecánico

La industria del metal constituye una de las industrias básicas más importantes de los países industrializados. Su grado de madurez es a menudo un exponente del desarrollo industrial de un país. El adecuado planteamiento de la industria metalúrgica tiene una importancia notable en el desenvolvimiento de otras industrias que se suministran de ella, como son la construcción de electrodomésticos, automóviles, maquinaria en general, construcción de edificios, y otras numerosas industrias fundamentales para la producción de bienes y servicios. Por ello es por lo que en muchos países, aún los más industrializados, la industria metalúrgica está protegida, o especialmente atendida y vigilada por el estado.

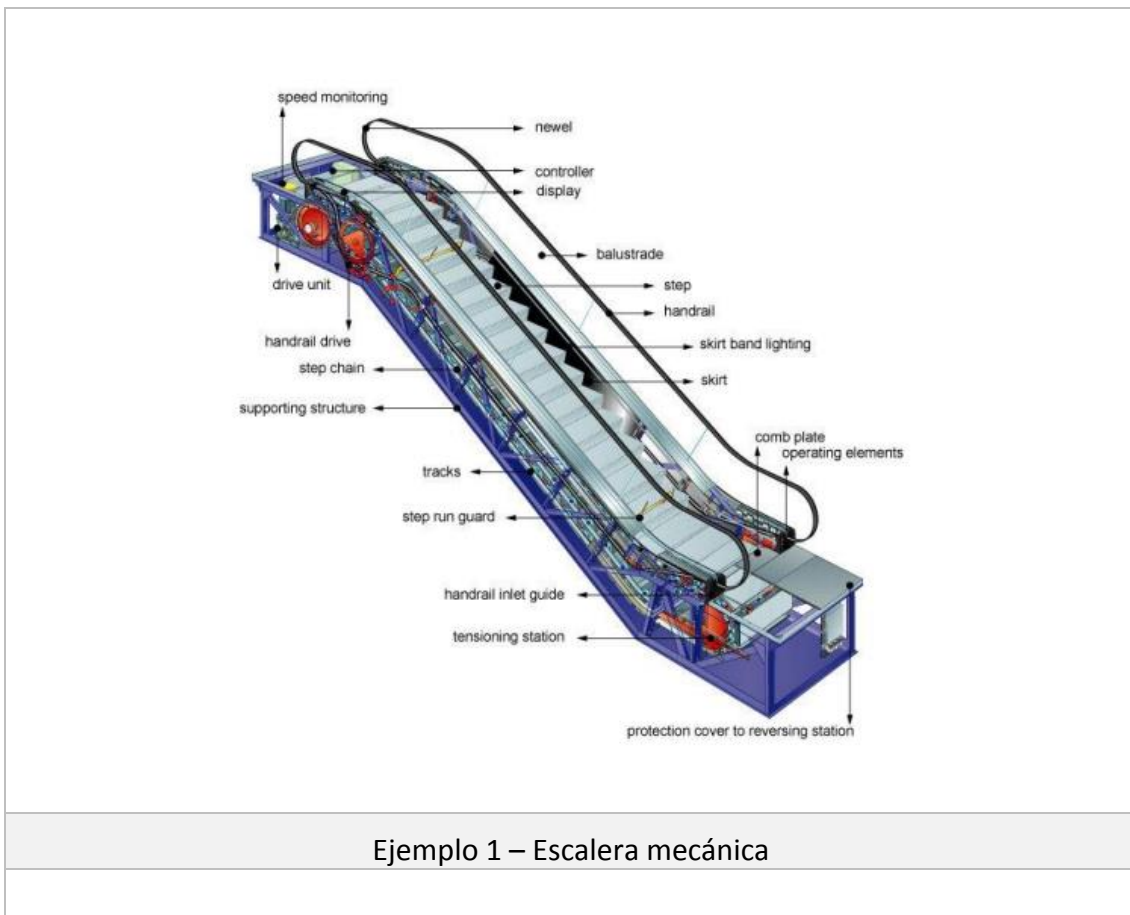
Se incluye en este sector una serie de actividades industriales que pueden diferenciarse fácilmente por los productos que se obtienen. Una clasificación que suele utilizarse con frecuencia es la siguiente (Sánchez, Gil, & Palacios, 2015):

- Joyería de oro y plata e industrias auxiliares.
- Lámparas artesanales y sus derivados.
- Herrajes para muebles y construcción en bronce, latón y zamac, así como fornituras de materiales no ferrosos.
- Recubrimientos metálicos y elementos protectores de metales.
- Industrias metálicas para el hogar.
- Transformados de acero y otros metales. Muebles metálicos.
- Fundición y forja en acero.
- Pinturas y recubrimientos orgánicos e inorgánicos.
- Herramientas en general.
- Calderería y transformados gruesos.
- Maquinaria general y agrícola.
- Maquinaria industrial textil.

- Maquinaria industrial para la madera.
- Maquinaria industrial para la piel.
- Maquinaria industrial para la cerámica.
- Industrias eléctricas y electrónicas.
- Material naval y material ferroviario.

Dentro de estas actividades industriales englobadas en el sector metal-mecánico, el presente trabajo está enfocada hacia aquellas empresas que centran su actividad en la construcción de maquinaria y otros bienes de servicio. Estamos hablando de maquinaria tipo agrícola, automoción, maquinaria de elevación, maquinaria industrial, etc.

Algunos ejemplos de diseños industriales de este sector son:



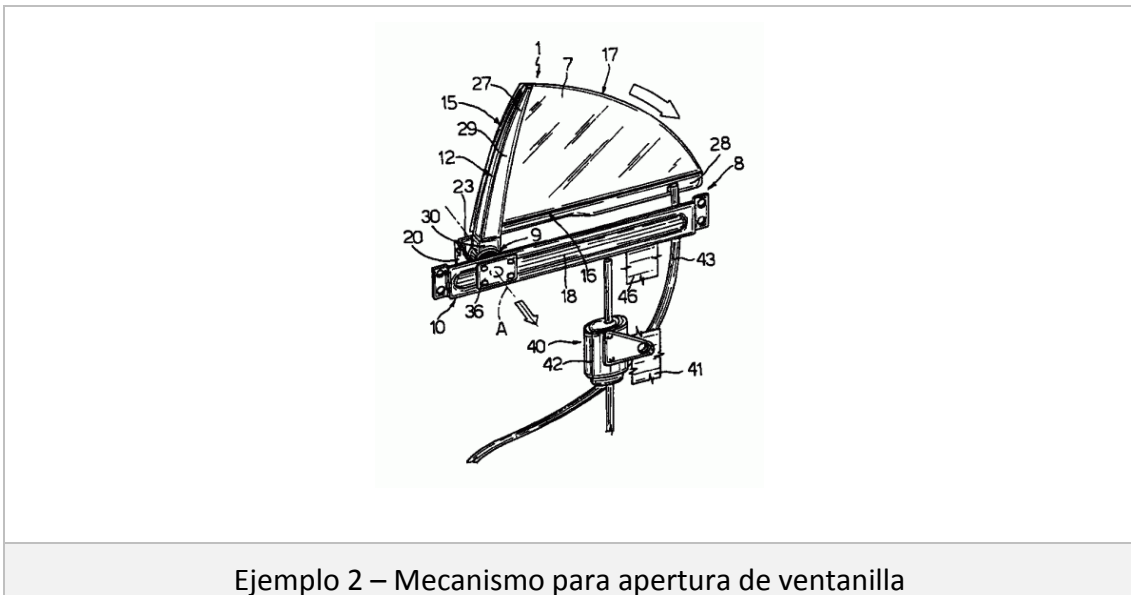


Tabla 1 - Ejemplos de diseños industriales

### 2.3 Ingeniería sostenible

Cada disciplina de la ingeniería ha de tener en cuenta el diseño sostenible, el empleo de numerosas iniciativas, especialmente el análisis del ciclo de vida, prevención de la contaminación, el diseño para el medio ambiente, el diseño para el desmontaje y el diseño para el reciclaje. Estos están reemplazando o al menos cambiando los paradigmas de control de la contaminación. Son importantes los enfoques de diseño que permitan que sean más sostenibles, como la realización de un análisis del ciclo de vida, dando prioridad a los problemas más importantes, y la combinación de las tecnologías y las operaciones para hacer frente a ellos. Históricamente, las consideraciones de sostenibilidad han sido abordadas por los ingenieros como restricciones en sus diseños. La ingeniería verde reconoce que muchos procesos son a menudo ineficientes económicamente y ambientalmente, demandando un enfoque integral del ciclo de vida del sistema. La ingeniería verde abarca numerosas maneras de mejorar los procesos y productos para que sean más eficientes desde el punto de vista ambiental. Cada uno de estos enfoques depende de la visualización de posibles impactos en el espacio y el tiempo. Ingeniería y arquitectura siempre han estado preocupados con el espacio. El diseño debe considerar los impactos a corto y largo plazo. Esos impactos

más allá del corto plazo son la base de diseño sostenible. Es por ello que los ingenieros deben concebir diseños sostenibles teniendo en cuenta los futuros altamente inciertos.

La ingeniería sostenible es la ingeniería que incorpora en todas sus fases criterios sostenibles, con el fin del desarrollo de los procesos de una manera que no se ponga en peligro el medio ambiente ni se agoten los recursos existentes (Wikipedia, 2015). Cabe destacar que se trata de incorporar estos aspectos ambientales, pero en ningún caso se deben olvidar otros requisitos importantes como los económicos y de calidad.

La ingeniería sostenible requiere un enfoque interdisciplinario en todas sus fases, desde el diseño, pasando por la construcción y utilización, hasta llegar al desmantelamiento o reutilización. Es decir debemos de tener en cuenta todo el ciclo del vida del producto a proceso que estemos analizando.

Esta vertiente de la ingeniería basada en el medio ambiente tienen sus pilares en 12 principios básicos (Cívicos, 2008):

- Principio 1. Los diseñadores deben esforzarse por asegurar que todas las entradas y salidas de materia y energía sean tan inherentemente inocuas como sea posible.
- Principio 2. Es mejor prevenir la contaminación que tratar o limpiar el residuo ya producido.
- Principio 3. Las operaciones de separación y purificación deberían diseñarse para minimizar el consumo de energía y el uso de materiales.
- Principio 4. Los productos, procesos y sistemas deberían diseñarse para la maximización de la eficiencia en el uso de materia, energía y espacio.
- Principio 5. Los productos, procesos y sistemas deberían estar orientados hacia la “producción bajo demanda” (“output pulled”) más que hacia el “agotamiento de la alimentación” (“input pushed”).
- Principio 6. La entropía y la complejidad inherentes deben ser consideradas como una inversión al elegir entre reutilizar, reciclar o rechazar como residuo final.
- Principio 7. Diseñar para la durabilidad, no para la inmortalidad.
- Principio 8. Satisfacer la necesidad, minimizar el exceso.



- Principio 9. Minimizar la diversidad de materiales.
- Principio 10. Cerrar los ciclos de materia y energía del proceso tanto como sea posible.
- Principio 11. Diseñar para la reutilización de componentes tras el final de la vida útil del producto.
- Principio 12. Las entradas de materia y energía deberían ser renovables.

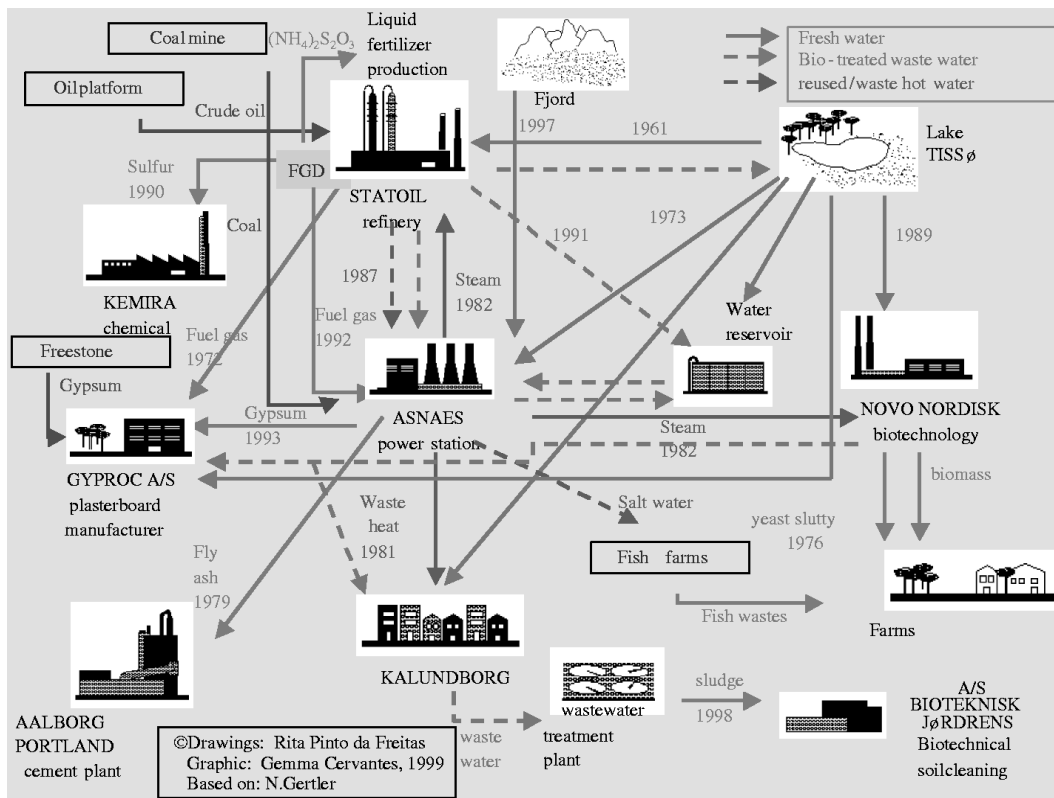


Ilustración 3 - Ingeniería sostenible. Simbiosis Industrial

La ingeniería verde o ingeniería sostenible posee un claro incentivo económico en su aplicación, que no debería pasar desapercibido. Para las industrias de procesos se pueden apuntar las siguientes ventajas, sin necesidad de referirnos estrictamente al área de la gestión medioambiental (Cívicos, 2008):

- Desde el punto de vista de los costes directos, quizá la mejor definición de “residuo” es “materia prima desaprovechada”, es decir, aquella fracción de los costes fijos en materiales que no generan valor añadido, sino, al contrario, costes añadidos de contención, recuperación,

tratamiento, gestores autorizados...; es en este aspecto en el que incide más, por ejemplo, el principio 4, enumerado previamente.

- b) Desde el punto de vista de la prevención de riesgos laborales, sin duda la adopción de buenas prácticas basadas en la Ingeniería sostenible ayudan a disminuir la probabilidad de accidentes y daños humanos y medioambientales.
- c) Desde el punto de vista de la gestión de la calidad (incluyendo bajo esta área actividades tan delicadas como el control de calidad de producto, específicamente la metodología HAPPC en industria alimentaria), el diseño basado en ingeniería sostenible conduce a la disminución de no conformidades, puesto que ayuda a disminuir de forma “natural”, es decir intrínseca, la frecuencia de aparición de defectos y, correspondientemente, aumentar el porcentaje de aceptación.

En cuanto a las oportunidades técnicas, indudablemente este tipo de ingeniería basada en aspectos medioambientales, incluso cuando no está expresamente adoptada, está siendo un poderoso motor para las iniciativas de I+D en el ámbito global. Pero independientemente de ello, los doce principios pueden ser útiles como guía en la fase de discusión de alternativas para proyectos de instalaciones.

## 2.4 Ciclo de Vida

### 2.4.1 Pensamiento y Análisis de Ciclo de Vida

El pensamiento del ciclo de vida describe una forma de considerar los impactos medioambientales de los productos o procesos. Toman en cuenta los impactos producidos a lo largo de todo el ciclo de vida, desde la extracción de las materias primas hasta el desmantelamiento (desde la cuna a la tumba, *from cradle to grave*). Los resultados de esta visión son a veces sorprendentes y contrarios a las ideas intuitivas.

Los Análisis de Ciclo de Vida son estudios formales basados en la perspectiva del pensamiento en ciclos de vida. Se llevan a cabo de acuerdo con procedimientos establecidos y ayudan a evaluar el impacto total de un producto o procesos. Los Análisis

de Ciclo de Vida (ACV) son cuantitativos mientras que el pensamiento en ciclo de vida puede ser semi-cuantitativo o cuantitativo.

En los ACV las preguntas deben estar claras y las limitaciones se establecen en las fases iniciales. Dejar aspectos claves fuera de los límites del estudio puede hacer inútiles los resultados.

La obtención de los datos es la parte más complicada en la realización de una ACV puesto que en ocasiones los datos no existentes o no tienen la calidad deseable. Por ello, las limitaciones en los datos disponibles deben ser evaluadas y explicadas como parte fundamental para comprender los resultados obtenidos.

Un Análisis de Ciclo de Vida típicamente incluye varias etapas:

- definir claramente la cuestión que se plantea y el alcance del estudio
- Establecer condiciones de contorno acerca de lo que es relevante para el estudio y que puede ser descartado, buscando el compromiso entre ajustarse lo más posible a la realidad y no complicar en exceso el estudio
- • Buscar los datos necesarios para completar el estudio
- • Comunicar claramente las restricciones del estudio, con las restricciones en los límites del sistema, la calidad de los datos, y las reglas de asignación
- Comunicar los resultados

El Análisis de Ciclo de Vida está habitualmente basado en procesos reflejando el ciclo de vida como una serie de etapas con sus entradas y salidas

El termino ciclo de vida incluye desde la extracción de las materiales primas hasta su procesamiento en la industria primaria, su fabricación, transporte a los mercados, uso y posterior desmantelamiento, incluyendo su reutilización o reciclaje.

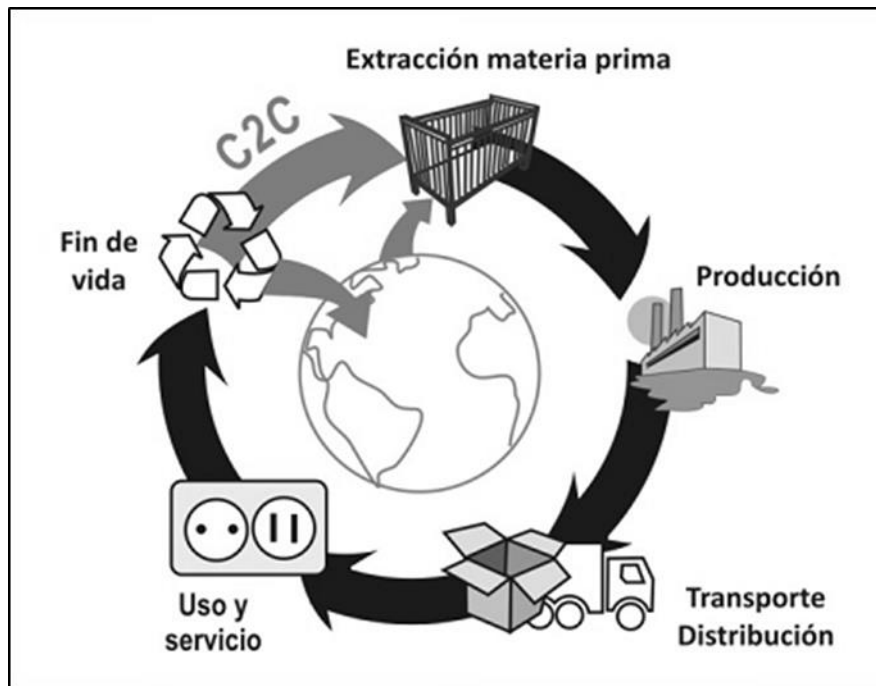
Cada etapa del ciclo de vida requiere recursos (energía que se utiliza como electricidad, calor,...) y materiales, lo que constituyen las entradas.

Los resultados de cada proceso son entradas del proceso siguiente. De forma similar en cada proceso se generan salidas, que son productos, co-productos pero también emisiones, vertidos y residuos. La aparición de co-productos hace aparecer el problema de como asignar los impactos a cada producto. Por ejemplo, en el ACV de la gasolina se debería tener en cuenta que en la refinería también se producen otros productos y que los impactos ambientales deben repartirse entre ellos.

#### 2.4.2 C2C: De la cuna a la cuna

Con el desarrollo de la ecoinnovación y su aplicación en investigaciones sobre sostenibilidad, la prevención de cualquier tipo de contaminación generada por las actividades humanas se instauró como la solución correcta, desbancando al proceso de eliminación de los propios contaminantes, además de conseguir reducir y minimizar el uso de materiales y recursos. Con esta idea de prevención nace Cradle to Cradle (de la cuna a la cuna), nuevo paradigma sostenible encargado de introducir sinérgicamente las tres dimensiones de la sostenibilidad cerrando el ciclo de vida de los productos y sistemas (uniendo la extracción y transformación de la materia prima con el fin de vida).

En la siguiente ilustración se observa como el objetivo principal que plantea “de la cuna a la cuna” es crear un flujo cerrado de materia basado en los ciclos naturales y crear valor apoyándose en la ecoeficiencia (González, Álvarez, Ruiz, & Sánchez, 2011).



*Ilustración 4 - Ciclo de vida (González, Álvarez, Ruiz, & Sánchez, 2011)*

Los conceptos clave de la filosofía "de la cuna a la cuna" son intuitivos y enraizados en la imitación a la naturaleza, o de modo más preciso la conexión con ella (Braungart & McDonough, 2002):

- La utilización de la energía que llega a la tierra ahora mismo (solar), en lugar de la energía almacenada en materiales procesados en el interior del planeta durante milenios (combustibles fósiles)
- El cierre completo de los ciclos de materiales: en los ecosistemas del planeta, no existe la basura. Nuestras sociedades pueden hacer lo mismo diseñando todos los productos de modo que los materiales se reciclen en el mismo uso, o bien se reciclen "hacia arriba", es decir que el siguiente uso tenga más valor que el actual. Un ejemplo de este tipo de reciclaje real (que es el usado en los bosques y selvas del planeta) son materiales compostables: al integrarse en el ciclo biológico de materiales, una camiseta o par de zapatos compostables se convertirían en árbol, animal o nosotros mismos a través de la digestión de los materiales en compost y posterior fertilización de cultivos. Se proponen dos ciclos de materiales independientes e inmiscibles: el ciclo biológico (alimentos) y el ciclo

técnico (aparatos, vehículos y otros bienes que no pueden mezclarse con los alimentos).

- Celebrar nuestra influencia en el planeta: mediante la llamada "gestión de la culpa", está generalizada la sensación de que sería mejor si no estuviéramos aquí, contaminando y extinguiendo especies diariamente. Sin embargo, desde este punto de vista es muy difícil ser creativo y verdaderamente positivo. Tratar de ser "menos malo" no es ser bueno. No obstante, ser bueno es posible, y también más emocionante. Existen tecnologías actuales que permiten el diseño de procesos y productos de tal modo que el consumo sea beneficioso para el planeta, como sucede en los ecosistemas desde el principio de los tiempos.

## 3 Ecodiseño

### 3.1 Concepto de Ecodiseño

El medio natural en que la civilización humana se ha desarrollado dispone de recursos limitados. Esto, unido al crecimiento exponencial de nuestra población ha hecho aflorar recientemente la necesidad de mantener un crecimiento sostenible, que nos permita consumir recursos a la vez que mantenemos los ya existentes y ayudamos a crear otros nuevos. Esta concienciación se ha trasladado a la necesidad de mejora de los productos que usamos y consumimos, haciéndolos cada vez más sostenibles. Esto ha dado lugar, a lo largo de los años, a diferentes formas de llevar a cabo los procesos de diseño y desarrollo de nuevos productos.

Las decisiones sobre un nuevo producto o sobre su rediseño afectan a todo el ciclo de vida, a los consumidores y, sobre todo, al medio ambiente. Por lo tanto, es importante realizar un proceso de diseño y producción eficientes para que el producto y su sistema asociado, en su ciclo de vida, sean ecoefectivos. Para ello, es indispensable proceder con una metodología ordenada, que ayude a obtener un producto que satisfaga tanto las necesidades del usuario como las exigencias actuales del problema ambiental, encaminadas en el objetivo de cero emisiones. Es necesario en el proceso de diseño y desarrollo, que las etapas interactúen entre sí, no dando prioridad al diseño físico sino al establecimiento de un consenso de decisiones también para su distribución, su uso, su retirada y su fin de vida útil. La estrategia es compleja, pero el resultado contribuirá a un beneficio global. (González, Álvarez, Ruiz, & Sánchez, 2011)

Con el objetivo de cumplir con los requisitos expuestos en el párrafo anterior surge el ecodiseño. De acuerdo con la ISO 14006, estándar de eco-diseño en España: “El ecodiseño puede entenderse como un proceso integrado dentro del diseño y desarrollo, que tiene como objetivo reducir los impactos ambientales y mejorar de forma continua el desempeño ambiental de los productos, a lo largo de su ciclo de vida, desde la extracción de materia primas hasta el fin de su vida útil. Para beneficiar a la organización y para asegurarse de que la organización logra sus objetivos ambientales, el ecodiseño debería llevarse a cabo como una parte integral de las operaciones de negocio de la

organización. El ecodiseño puede tener implicaciones para todas las funciones de una organización” (ISO, ISO 14006:2011, 2011)

Al margen de la actual normativa existente, durante los años en los que se fue desarrollando el conocimiento sobre el ecodiseño, y otros aspectos relacionados con el medioambiente y el diseño, han ido surgiendo numerosas definiciones. Algunas de las más relevantes son:

<b>Sustainable product development</b>
“a resource, context, and future oriented product development aimed at providing elementary needs, a better quality of life, equity and environmental harmony” (Weenen, Bakker, & Keijser, 1992)
<b>Design for Environment</b>
“the development of products by applying environmental criteria aimed at the reduction of the environmental impacts along the stages of the product life cycle” (Weenen, Bakker, & Keijser, 1992)
“the systematic process by which firms design products and processes in an environmentally conscious way” (Lenox, Jordan, & Ehrenfeld, 1996)
“designing products as though the environment matters and minimizing their direct and indirect environmental impacts at every possible opportunity” (Lewis & Gertsakis, 2001)
“systematic consideration of design performance with respect to environmental health, and safety objectives over the full product and process life cycle” (Fiksel, 2011)
<b>Eco-design</b>
“the activity that integrates environmental aspects into product design and development” (Wrisberg & Haes, 2002)
“a systematic process that incorporates significant environmental aspects of a product as well as stakeholders requirements into product design and development” (Lee & Park, 2006)
“minimizing a product’s environmental impact throughout its life cycle by taking preventive measures during product development” (Johansson, 2001)
“design which addresses all environmental impacts of a product throughout the complete life cycle without unduly compromising other criteria like function, quality, cost and appearance” (Poyner & Simon, 1995)
<b>Life cycle design</b>



<p>“the design of products, by applying environmental criteria aimed at the prevention of waste and emissions and the minimization of their environmental impact, along the material life cycle of the product” (van Weenen, 1995)</p> <p>“A system’s-oriented approach for designing more ecologically and economically sustainable product systems.” (Keoleian &amp; Menerey, 1993)</p>
<p><b>Green product</b></p>
<p>“product that is environmentally responsible in its design, manufacture, use and end of life” (Graedel, 1997)</p>

*Tabla 2 – Definiciones (Poulikidou, 2012)*

### 3.2 Normativa

La British Standard Institution fue una de las primeras instituciones que desarrolló un sistema de gestión específico en materia ambiental. Concretamente, en 1992 se inició la redacción de la BS 7750 (1992) que tenía por objetivo responder a la demanda realizada por la Confederación de la Industria Británica. En base a dicha norma, La Comunidad Económica Europea publicó al año siguiente el conocido reglamento EMAS (1993).

En España, tras unos primeros años de proyectos piloto, se detectó la necesidad de crear una norma en la que se describiese el un modelo de sistema de gestión del ecodiseño. AENOR creó un comité técnico de normalización con el fin de elaborar una norma UNE sobre ecodiseño. En 2003 se aprobó la norma UNE 150301 Gestión ambiental del proceso de diseño y desarrollo. Ecodiseño, primera norma certificable sobre esta materia, en la que se describen los requisitos del sistema y compatible con otros sistemas de gestión, de calidad (ISO 9001) y ambiental (ISO 14001).

La UNE 150301 en una norma que ayuda a reducir el impacto ambiental en las diferentes etapas del ciclo de vida del producto desde el diseño y desarrollo de producto identificando, controlando y mejorando de forma continua y sistemática los aspectos ambientales de todos los productos de la organización.

La implantación de la norma UNE 150301 evolucionó de forma satisfactoria, lo que animó a ISO, junto con AENOR, a iniciar el proceso de creación de la norma internacional de ecodiseño ISO 14006, basada en la UNE 150301, y publicada en julio de

2011. Es la primera norma internacional de gestión ambiental que integra aspectos propios del proceso de diseño, la evaluación de los impactos en el medioambiente de los productos diseñados y la gestión y tratamiento de dichos impactos dentro de la organización. La ISO 14006 relaciona las áreas de ecodiseño relativas al medioambiente, al diseño y a los sistemas de gestión, así como, los documentos asociados, de forma que puedan establecerse los procesos y procedimientos que permitan implementar el ecodiseño en la práctica (Manzano, Landin, López, & Basurto., 2012)

En la vigente normativa de ecodiseño ISO 14006 se establecen una serie de directrices que relacionan esta norma con otras normas internacionales relacionadas con el ecodiseño:

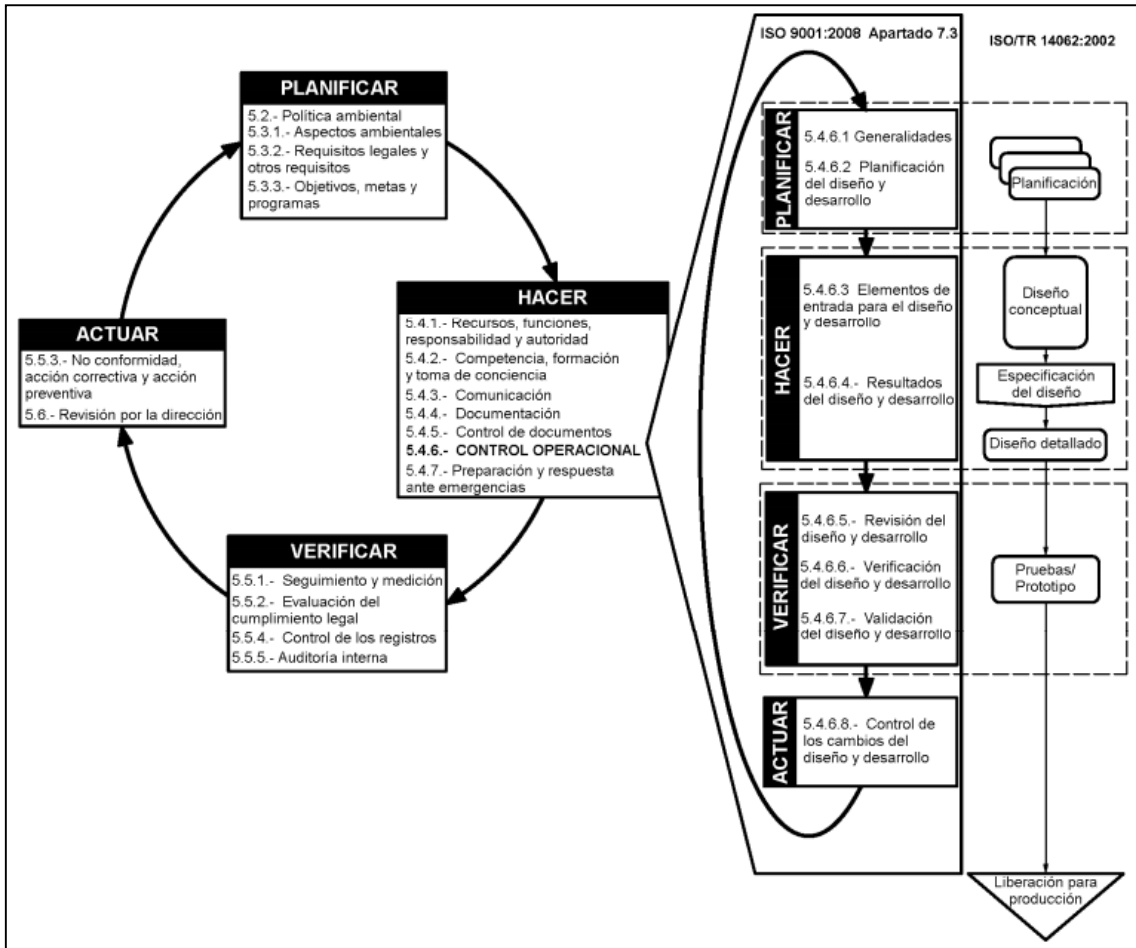


Ilustración 5 - Interrelación entre el capítulo 5 de la norma ISO 14006:2011 y otras normas internacionales relacionadas con el ecodiseño (ISO, ISO 14006:2011, 2011)

## 4 Metodologías de ecodiseño

### 4.1 Necesidad

A la hora de llevar a la realidad todos los propósitos medioambientales y estándares relacionados con el ecodiseño expuestos en los apartados anteriores, es indispensable seguir una serie de pautas o metodologías, que nos ayuden a orientarnos hacia conseguir estos objetivos.

Por lo tanto debemos proceder con una metodología ordenada, que ayude a la concepción de productos que satisfagan tanto las necesidades del usuario como las exigencias del problema ambiental, diseñando bajo paradigmas que permitan crear valor ambiental. La estrategia que ha de seguir un proceso de diseño para el medio ambiente debe desarrollarse a través de la exploración del yacimiento del valor y la innovación, apoyándose en las herramientas de ecodiseño adecuadas, que se verán en detalle más adelante.

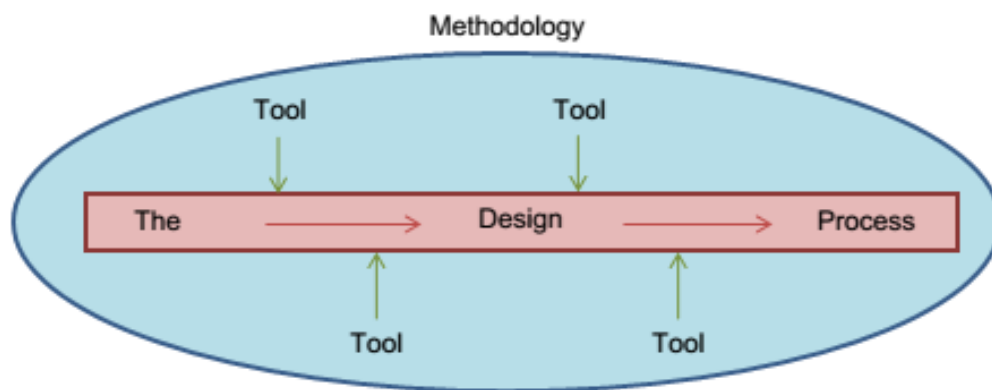


Ilustración 6 - Metodología y herramientas de ecodiseño (GRENOBLE, 2012)

El interés de la comunidad empresarial y científica por llevar a la práctica los requisitos del ecodiseño ha hecho que sean numerosas las publicaciones existentes sobre metodologías. Estas metodologías, son de gran utilidad a la hora de orientar el proceso de diseño o rediseño de productos y/o servicios, hacia el ecodiseño. Algunas de estas publicaciones son:

## 4.2 La norma ISO/TR 14062

*ISO/TR 14062 – Gestión ambiental. Integración de los aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de productos*

La ISO/TR 14062 es una norma que proporciona un marco de trabajo para la integración de aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de productos. Mediante la aplicación de esta norma y en general, gracias a la introducción de aspectos medioambientales en los procesos de desarrollos de productos en las empresas, se consiguen importantes beneficios, algunos directos y otros indirectos (ISO, UNE-ISO/TR 14062, 2007):

- Disminuir los costos mediante la optimización del uso de materia y energía, procesos más eficientes, la reducción de los desechos a disponer
- Estimular la innovación y la creatividad
- Identificar nuevos productos, por ejemplo, a partir de materiales que han sido rechazados
- Lograr o superar las expectativas del cliente
- Mejorar la imagen de la organización y/o su marca
- Mejorar la fidelidad de los clientes
- Atraer inversiones y fuentes de financiamiento, particularmente de quienes invierten con conciencia ambiental
- Mejorar la motivación de los empleados
- Aumentar el conocimiento de los productos
- Reducir la responsabilidad legal a través de una disminución de los impactos ambientales
- Reducir los riesgos
- Mejorar las relaciones con las entidades reguladoras
- Mejorar las comunicaciones internas y externas

Esta norma proporciona prácticas y soluciones aplicables a varios niveles de la compañía, como son la dirección o a nivel de producción, además de ser aplicable a cualquier tipo de producto y organización. En este sentido, se establecen una serie de

aspectos comunes que han de ser tomados en consideración independientemente del tipo de producto y servicio que estemos estudiando (ISO, UNE-ISO/TR 14062, 2007):

- **La naturaleza iterativa del proceso de diseño y desarrollo de productos:** Los resultados y la información de cada etapa del proceso de diseño y desarrollo de productos puede evaluarse y retroalimentar a los responsables del diseño y desarrollo de productos de un modo iterativo para mejorar los productos. La naturaleza iterativa del proceso busca tratar los aspectos ambientales significativos, las opciones de diseño alternativas y las consideraciones de revisión para verificar las oportunidades de mejoras ambientales y de otro tipo.
- **Investigación:** Las funciones de investigación en una organización frecuentemente apoyan al proceso de diseño y desarrollo de productos. En particular, la investigación puede ayudar a proporcionar más detalles respecto de los temas ambientales y de viabilidad identificados en las etapas tempranas de diseño. Los resultados de esta investigación pueden aplicarse a productos en desarrollo o a futuras generaciones de productos.
- **Gestión de la información y de los datos:** La gestión de la información y de los datos es un elemento esencial en la integración de los aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de productos. La toma de decisiones está apoyada y mejorada por la recopilación, intercambio y gestión de la información y los datos tanto de fuentes internas como externas y de organizaciones. En particular la calidad de los datos es importante para evaluar los productos y para la toma de decisiones. Los datos a incluir se definen por el sistema de medición de la organización y la naturaleza del proyecto.
- **Evaluación:** El desarrollo de los productos involucra la evaluación periódica de los productos y del proceso en sí mismo. A partir de la evaluación de los aspectos e impactos ambientales de los productos, es

posible evaluar el progreso del proceso de desarrollo respecto de una línea base.

- **Comunicación:** El diseño y desarrollo de productos con respecto al medio ambiente involucra la comunicación. Pueden tenerse en cuenta los puntos de vista de los diferentes participantes a lo largo de la cadena de suministro (diseñadores, ingenieros de producción y ambientales, clientes, proveedores, proveedores de servicios, etc.).
- **Gestión de la cadena de suministro:** Como resultado de la globalización y de las tendencias hacia la contratación externa, la gestión de la cadena de suministro está comenzando a adquirir importancia. Los proveedores se están involucrando en el proceso de diseño y desarrollo de productos así como también en los programas ambientales.

Estas consideraciones resultan de especial interés, ya a pesar de que el objetivo último de este trabajo será determinar que herramientas son las más adecuadas para introducir el ecodiseño en desarrollos de tipo metal-mecánico, es importante conocer que aspectos comunes se deben considerar en cualquier tipo de trabajo de ecodiseño. Estos aspectos sientan las bases sobre las que trabajar para posteriormente desarrollar una metodología más especializada en un sector concreto.

Se propone la integración de aspectos medioambientales desde las primeras fases del proceso de diseño de los productos además de considerar estos aspectos en cada una de las fases del ciclo de vida. También se sugieren diferentes métodos y herramientas que pueden ser empleados durante las diferentes fases del proceso de desarrollo de cada producto o servicio. La siguiente ilustración muestra algunos de los impactos ambientales asociados con el ciclo de vida de los productos.

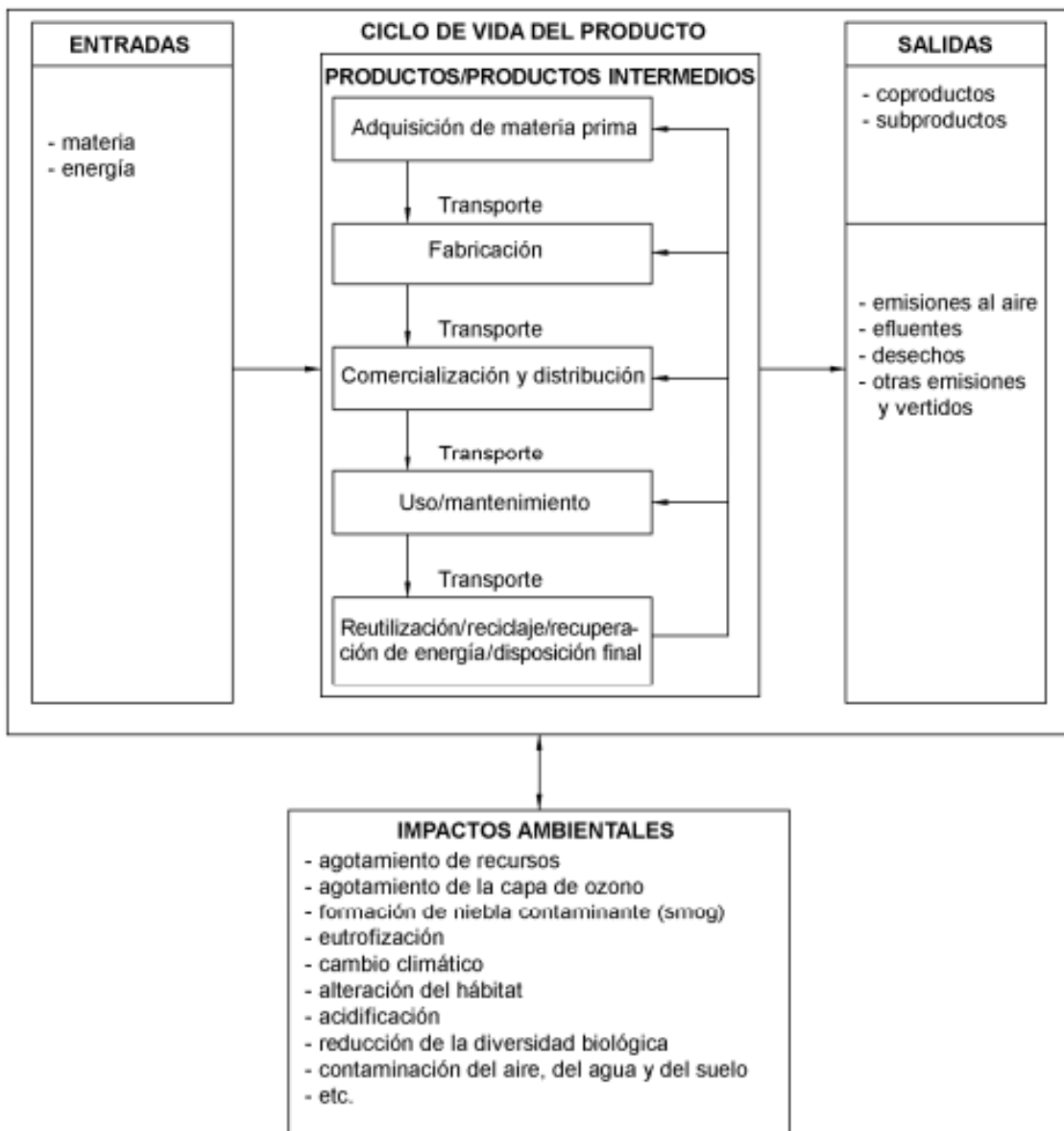


Ilustración 7 - Entradas y salidas y ejemplos de impactos ambientales asociados con el ciclo de vida de un producto (ISO, UNE-ISO/TR 14062, 2007)

### 4.3 Metodologías que relacionan la gestión medioambiental con el ecodiseño

Estas metodologías describen una serie de actividades para llevar a cabo el proceso de ecodiseño. Al igual que otras metodologías incluye algunos aspectos que no son estrictamente del ámbito del diseño. Las actividades o pasos que propone esta metodología son las siguientes (G., TC., SB., & MJ., 2005):

1. **Inicio del proyecto:** Identificar los objetivos que se pretenden alcanzar, de acuerdo con las políticas de la empresa. Crear un equipo de trabajo. Preseleccionar herramientas de ecodiseño. Analizar qué aspectos, tanto internos como externos, pueden ser determinantes en el éxito del proyecto. Buscar apoyos dentro y fuera de la organización.
2. **Identificar impactos sociales y medioambientales:** Definir los objetivos y especificaciones medioambientales. Buscar indicadores que nos permitan evaluar el desempeño sobre aspectos medioambientales.
3. **Selección de ideas:** Proponer ideas que puedan resolver los problemas a los que nos enfrentamos. Evaluar y seleccionar las ideas propuestas, seleccionando aquellas que sean más factibles económica, técnica y medioambientalmente.
4. **Diseño conceptual:** A partir de las ideas desarrolladas en el apartado anterior, crear diseños preliminares. Analizar la viabilidad de estos diseños y seleccionar las mejores soluciones.
5. **Diseño de detalle:** Proceso completo de diseño. Definir el proceso productivo. Creación de la documentación necesaria.
6. **Plan de acción:** Proporcionar apoyo en el lanzamiento del producto. Realizar informes y documentación que avalen los logros medioambientales conseguidos en el desarrollo del nuevo diseño.
7. **Evaluación del método:** Analizar propuestas de mejora sobre la metodología utilizada. Identificar posibilidades de mejora. Preparar el próximo proyecto de ecodiseño.

Esta metodología está inspirada en el manual desarrollado por Brezet y van Hemel en 1997 (Brezet & Hemel, 1997) y tiene la ventaja de tener una aplicación práctica más directa.

Un problema que se presenta frecuentemente a la hora de implementar este tipo de metodologías que relacionan la gestión medioambiental con el ecodiseño es que la naturaleza de este tipo de estructuras no se adapta a las pequeñas y medianas empresas (M., y otros, 2000). Por lo tanto, el ecodiseño puede convertirse en un



problema para este tipo de empresas, ya que las metodologías y herramientas de ecodiseño no han sido creadas para una integración fácil en este tipo de negocios. Con el fin de dar respuesta a esta necesidad surgen técnicas y herramientas para ayudar a pequeñas y medianas empresas (PYMES) a comenzar con proyectos de ecodiseño.

Un ejemplo de este tipo de manuales destinados a las PYMES es el IHOBE: Manual práctico de Ecodiseño (IHOBE, 2000). Se trata de un documento fácilmente comprensible. Aprovechando el ejemplo de una cafetera, explica en 7 etapas como trabajar en ecodiseño y muestra cómo, incluso un producto tan conocido y simple como una cafetera, tiene un gran potencial para mejorar su ecoeficiencia.





EMPRESA	PRODUCTO	PRINCIPALES ASPECTOS AMBIENTALES /REDUCCIÓN	PRINCIPALES BENEFICIOS Y RESULTADOS
 <b>Daisalux, S.A.</b> Sector electrónico Vitoria – Gasteiz	Luminaria de emergencia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baterías con metales pesados.</li> <li>- Consumo de energía.</li> <li>- Lámparas fluorescentes con mercurio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejoras ambientales: baterías mas ecológicas, reducción del 50% en el consumo de energía, etc.</li> <li>- Reducción costes usuario en consumo de energía</li> <li>- Producto innovador.</li> <li>- Motivación medioambiental: en proceso de ISO 14001.</li> </ul>
 <b>Fagor Electrodomésticos S. Coop. (Minidomésticos)</b> Sector menaje Eskoriatza	Olla a presión	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pérdidas de energía en cocción.</li> <li>- Consumo de acero inoxidable.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejoras ambientales: reducción del peso en un 14%, reducción del volumen en un 15%, etc.</li> <li>- Imagen innovadora.</li> <li>- Anclaje del Ecodiseño en procedimientos de la ISO 9001 de todo el grupo Fagor.</li> </ul>
 <b>Ofita, S.A.M.M.</b> Sector mobiliario metálico Vitoria – Gasteiz	Mesa de oficina	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transporte.</li> <li>- Consumo de acero.</li> <li>- Consumo de madera y aglomerados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejoras ambientales: reducción del volumen en un 52%, etc.</li> <li>- Imagen innovadora.</li> <li>- Mayor interconexión entre los diferentes departamentos de la empresa y con los suministradores</li> </ul>
 <b>Fagor Electrodomésticos S. Coop. (Lavadoras)</b> Sector electrodomésticos - línea blanca Arrasate	Lavadora	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumo de energía, agua y detergentes durante la fase de uso.</li> <li>- Consumo de acero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mejoras ambientales: Eliminación de Hg, Pb, Cd, Cr VI, eliminación de retardantes bromados, facilitar la reciclabilidad del producto, etc.</li> <li>- Adelantarse en el cumplimiento de muchos requisitos de la Directiva WEEE de fin de vida.</li> <li>- Ventajas medioambientales innovadoras frente a la competencia.</li> <li>- Anclaje del Ecodiseño en los procedimientos de la ISO 9001 de todo el grupo Fagor.</li> </ul>

Ilustración 8 - Experiencias prácticas ecodiseño (IHOBE, 2000)

#### 4.4 Metodologías centradas en el desarrollo de productos

Algunos autores centran sus metodologías de ecodiseño en el proceso de desarrollo de productos.

Fargnoli y Kimura (M. & F., 2007) aconsejan el uso de herramientas de ecodiseño comunes durante el proceso de diseño, además de la integración de las más recientes regulaciones ambientales. Se trata de una metodología simple y esquemática centrada en el proceso de diseño formada por una serie de actividades que proporcionan ayuda y consejo sobre cómo usar algunas herramientas de ecodiseño y cómo aplicar la normativa ambiental.

Por otro lado Gurauskiene y Varzinskas (Gurauskiene & Varžinskas, 2006) ofrecen para cada fase del proceso de desarrollo del producto una serie de herramientas específicas con el objetivo de mejorar el máximo el rendimiento ambiental del producto o servicio.

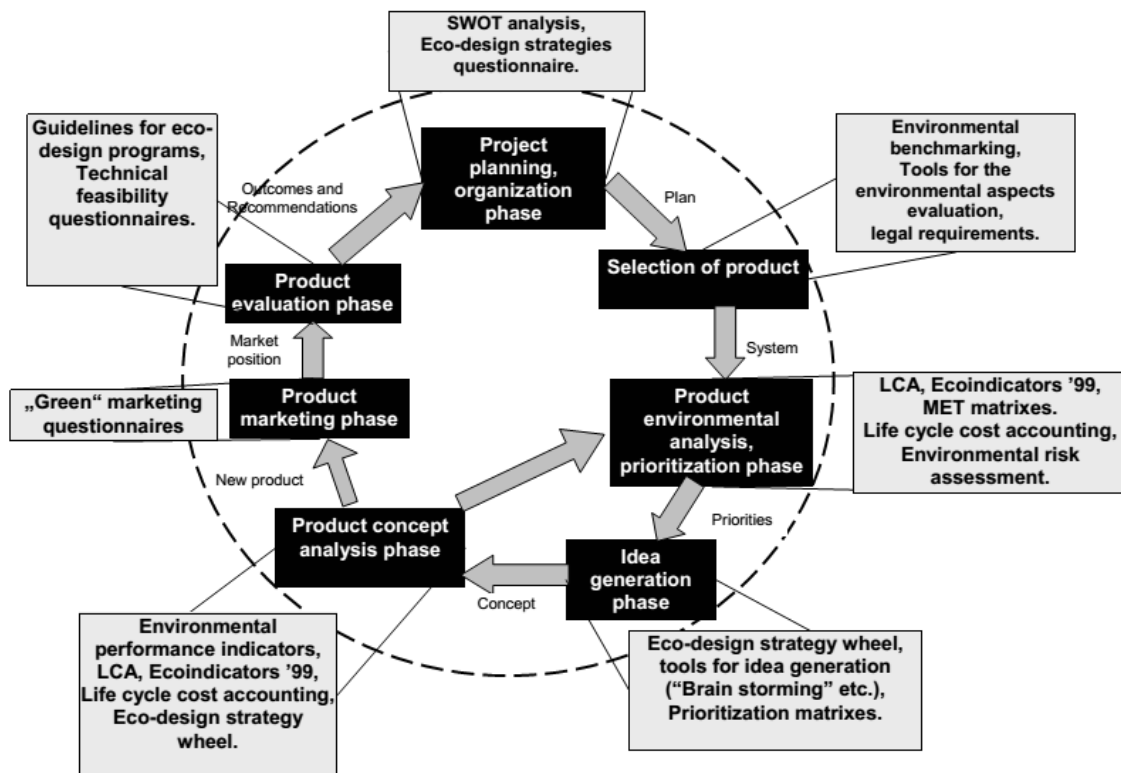


Ilustración 9 - Modelo para el uso sistemático de herramientas de ecodiseño en el proceso de diseño (Gurauskiene & Varžinskas, 2006)

Cabe reseñar que esta última metodología está centrada en el ecodiseño dentro de la industria de componentes eléctricos y electrónicos. Este sector ha tenido un importante crecimiento en los últimos años y por tanto son muchas las metodologías y herramientas destinadas a mejorar el ecodiseño de este tipo de componentes particulares.

Por último, cabe destacar en este apartado el método PROSA (Product Sustainability Assessment method). Se trata de una herramienta que permite hacer un análisis medioambiental de portfolios, productos o procesos. El objetivo de esta metodología es identificar las posibles innovaciones y opciones de mejora hacia la sostenibilidad del producto o servicio.

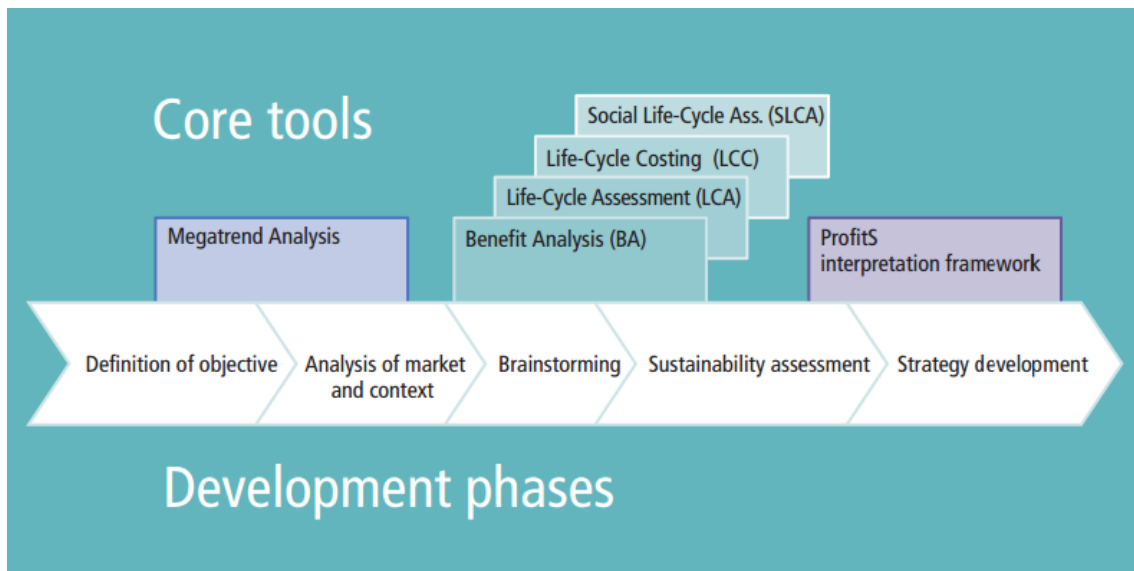


Ilustración 10 - Estructura básica del método PROSA ([www.prosa.org](http://www.prosa.org), 2015)

Esta metodología incluye herramientas como matriz de resultados de LCA, análisis de coste o análisis de beneficios. También hay disponible un método simplificado para PYMES.

#### 4.5 Metodologías centradas en aspectos energéticos

En este epígrafe veremos dos metodologías centradas en aspectos energéticos: “Synergico Methodology” (L., D., F., & G., 2011) y la metodología MEERP (Methodology for the Ecodesign of Energy-related Products) ([www.meerp.eu](http://www.meerp.eu), 2015)

##### 1. Synergico Methodology:

Es una metodología que tiene como objetivo ayudar a los diseñadores a mejorar el consumo energético de los equipos eléctricos y electrónicos en su diseño. La metodología pretende integrar el criterio medioambiental como cualquier otro criterio

de diseño. Se basa en tres herramientas, que son, el consumo de energía en uso (IUE), una serie de directrices y una herramienta de verificación del ciclo de vida.

Los datos de diseño se utilizan para calcular la energía consumida durante el uso del producto diseñado en diferentes escenarios. Las directrices se utilizan para obtener una lista de estrategias con el fin de converger hacia un mismo objetivo. Ocho criterios ayudan a los diseñadores a seleccionar las directrices de acuerdo a sus necesidades.

Finalmente, Synergico incluye una herramienta simplificada de verificación de ciclo de vida, para comparar el impacto ambiental del producto a lo largo de su ciclo de vida con un producto de referencia para verificar que la mejora en eficiencia energética propuesta no implica impactos en las otras fases. Esta herramienta realiza un ACV muy simplificado destinado a ayudar a los diseñadores a tomar la mejor decisión, pero no puede sustituir a un ACV completo de acuerdo a la norma ISO 14040.

## **2. Metodología MEErP:**

Se trata de una metodología, desarrollada por la comisión Europea, que aborda problemas energéticos de productos en el los que la energía, durante su fabricación o servicio, juegue un papel importante. Esta metodología es una revisión y ampliación de la ya existente MEEuP (Methodology for the Ecodesign of Energy-using Products). La MEEuP permite evaluar en qué medida diferentes productos que utilizan energía cumplen con ciertos criterios que los hacen medioambientalmente sostenibles.

## 5 Herramientas

### 5.1 Introducción

De manera tradicional, a la hora de enfocar el diseño de un nuevo producto o mejorar alguno ya existente los diseñadores o equipos de diseño trataban de optimizar estos productos reduciendo costes, poniendo especial interés en la facilidad de uso, buscando diferenciación, etc... Todo esto teniendo como objetivo principal mejorar la viabilidad económica de la empresa y proporcionar beneficio al usuario final. Sin embargo, la irrupción de los aspectos medioambientales se ha hecho notar de forma drástica en el entorno empresarial y los anteriores objetivos dejaron de ser únicos, dándose mucha importancia a los condicionantes relacionados con el medio natural.

De esta manera aparecen una serie de metodologías, como las expuestas anteriormente, pero sobre todo una serie de herramientas, más centradas en los aspectos puramente del diseño y no tanto estratégicos, que ayudan a desarrollar los proyectos empresariales con la variable medioambiental como centro de atención. Estas herramientas son precisamente las que ayudarán a que las empresas puedan cumplir sus objetivos medioambientales y por tanto llevar a buen puerto las metodologías, como procesos globales.

Se han desarrollado numerosas herramientas de análisis ambiental que ayudan en el proceso de ecodiseño. La principal característica común de todas ellas es que deben incorporar el concepto de ciclo de vida, para evitar que las actuaciones de mejora ambiental sean parciales y se limiten a transferir los impactos ambientales de unas fases a otras.



Ilustración 11 - Ciclo de vida del producto (Prodintec, 2015)

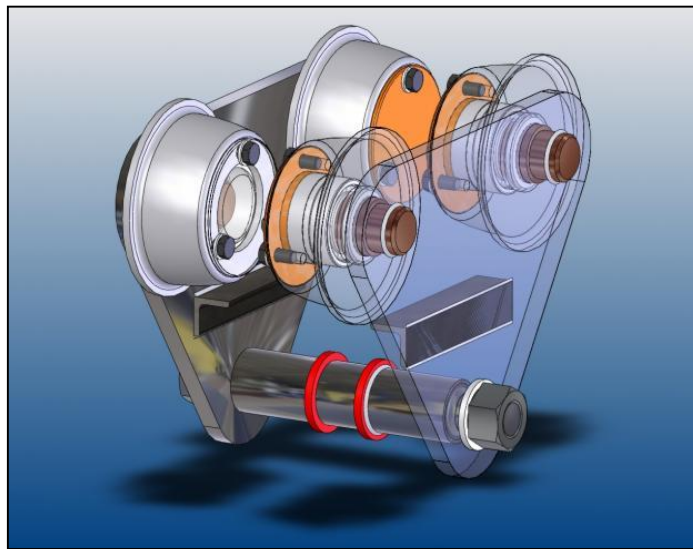
Algunas de las herramientas de ecodiseño más importantes son expuestas a continuación. Se ha decidido hacer una clasificación entre aquellas herramientas de tipo “Complejas” y aquellas de tipo “Ágiles”. Quizá esta clasificación sea algo precipitada, ya que dependerá del usuario final de la herramienta y del fin para el que la vaya a usar, decidir si esa herramienta, para ese caso particular resulta más o menos compleja.

Las herramientas que se van a describir con más detalle son las siguientes:

- Listas de comprobación
- Metodos Matriciales
- Valoración de estrategias ambientales de producto

- Análisis de Ciclo de Vida
- Ecoindicadores
- Evaluación del cambio de diseño

Se dedicará un apartado específico a las herramientas software. Cabe resaltar que uno de los objetivos del presente trabajo es precisamente analizar estas herramientas y valorar cuales son las más indicadas para ser aplicadas en proyectos/diseños de productos industriales de tipo metal-mecánico.



*Ilustración 12 - Ejemplo de diseño metal-mecánico*

## 5.2 Listas de comprobación (LC)

En general, y con la finalidad de introducir el ecodiseño en la empresa, es conveniente utilizar herramientas simples, que no requieran de personas especializadas en esta tarea y que además fomenten el uso de conceptos de ecodiseño y el trabajo interdisciplinar. Las listas de comprobación son una herramienta cualitativa que consiste en realizar una serie de preguntas al producto a ecodiseñar desde una perspectiva ambiental a lo largo de todo el proceso de diseño, en este caso, ecodiseño. Todas estas cuestiones han de obtener respuesta para detectar cuáles son las fases del ciclo de vida del producto donde se debe incidir.

El empleo de una lista de comprobación en la etapa de establecimiento de estrategias de ecodiseño permite obtener una visión amplia del ciclo de vida del producto por todos los integrantes del equipo de trabajo. Han de realizarse grupos de trabajo en los que estén todos los involucrados, de forma que sea posible comprender mejor el punto de vista del producto desde otros departamentos de la empresa, además de los cotidianamente afectados (Ingeniería, producción)

Existen un gran número de listas de comprobación diseñadas para incluir aspectos medioambientales a tener en cuenta, así como requerimientos que debemos cumplir para reducir el impacto ambiental del producto que estemos diseñando. Para este trabajo hemos considerado dos listas de comprobación que parecen las más indicadas para los tipos de diseños objeto de este estudio. Estas listas son:

- Lista de comprobación de ecodiseño desarrollada por H. Brezet y C. van Hemmel. (Brezet & Hemel, 1997)
- Volvo: Lista negro, gris y blanco

Lista de comprobación de ecodiseño desarrollada por H. Brezet y C. van Hemmel:

Esta herramienta propone una serie de preguntas estratégicas para fase del ciclo de vida del producto. Estas preguntas son:

<b>Análisis de necesidades:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ¿Cómo responde su producto a las necesidades sociales?</li> <li>✓ ¿Cuáles son las funciones principales y auxiliares del producto?</li> <li>✓ ¿Cumple el producto estas funciones eficaz y eficientemente?</li> </ul>
<b>Producción y obtención de Materiales y Componentes:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ¿Qué problemas pueden surgir durante la producción y obtención de materiales y componentes?</li> <li>✓ ¿Cuántos y qué tipos de plástico son utilizados?</li> <li>✓ ¿Cuántos y qué tipos de aditivos son utilizados?</li> <li>✓ ¿Cuántos y qué tipos de metales son utilizados?</li> </ul>
<b>Producción:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ¿Qué problemas pueden surgir durante el proceso de producción dentro de su empresa?</li> <li>✓ ¿Cuántos y qué tipos de procesos de producción se utilizan (incluyendo conexiones, tratamientos superficiales, impresiones y etiquetado)?</li> </ul>



<b>Distribución:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ¿Qué problemas pueden surgir durante la distribución del producto hacia el consumidor?</li> <li>✓ ¿Qué tipo de envases y embalajes se utilizan (volumen, peso, materiales, reutilización)?</li> <li>✓ ¿Qué tipos de sistema de transporte son utilizados?</li> <li>✓ ¿Está el transporte organizado eficientemente?</li> </ul>
<b>Utilización:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ¿Qué problemas pueden surgir durante el uso, mantenimiento o reparación del producto?</li> <li>✓ ¿Cuánta y qué tipo de energía se necesita, directa o indirectamente?</li> <li>✓ ¿Cuántos y qué tipos de consumibles se necesitan?</li> </ul>

Tabla 3 - LC ecodiseño H. Brezet y C. van Hemmel

**Volvo: Lista negro, gris y blanco:**

El Grupo Volvo es una de las empresas que ha creado sus propios manuales y listas de comprobación para el ecodiseño. Han desarrollado tres tipos de listas que incluyen diferentes tipos de sustancias y productos químicos compuestos. Estas listas están divididas en 3 grupos: la lista negra, que incluye sustancias restringidas que no deben ser utilizadas en el Grupo Volvo. La lista gris se refiere a sustancias que se deben utilizar de una forma limitada, mientras que las sustancias que aparecen en la lista blanca se consideran menos peligrosas para los seres humanos y el medio ambiente y por tanto pueden ser empleadas con frecuencia. (Volvo, 2015)

5.3 Métodos matriciales

Los métodos matriciales proporcionan una rápida estimación y evaluación de cómo se comporta un determinado diseño o proceso en cuanto a términos medioambientales. Este tipo de métodos son generalmente cualitativos, aunque en algunos casos incluyen datos cuantitativos como el peso. El resultado de estas herramientas es un indicador cuantitativo, que sin embargo ha sido obtenido mediante valores cualitativos o presunciones de los usuarios de la herramienta.

Algunos de los métodos matriciales más importantes son:

- Matriz MET

- Matriz MECO

### 1. Matriz MET:

La matriz MET (*Material cycle, Energy use and Toxic emissions*) es una herramienta para el análisis de los efectos ambientales que tiene un producto durante su ciclo de vida. La información organizada en forma de matriz permite identificar las fortalezas y debilidades desde el punto de vista ambiental.

La matriz básica comprende un mínimo de 3 filas y 3 columnas, no obstante puede ser complementada con más filas para encontrar impactos específicos en etapas del ciclo de vida del producto. Las tres columnas que conforman la matriz son:

- **Materiales:** En esta columna se anota la cantidad de aquellos materiales utilizados que sean no-renovables; que provoquen emisiones durante la producción (cobre, zinc, plomo); y materiales incompatibles relacionados durante las cinco etapas del ciclo de vida del producto.
- **Energía:** Se realiza una lista del consumo de energía presente en cada una de las etapas del ciclo de vida. Es decir, se considera el consumo de energía necesario en la manufactura del producto mismo, para el transporte, para la operación o uso del producto y para su desecho. También deberán incluirse aquellos gases producidos como resultado de la energía utilizada, por ejemplo, si el producto es incinerado al final de su ciclo de vida.
- **Emisiones tóxicas:** Se identifican las emisiones tóxicas producidas y aportadas al agua, tierra o aire durante todas las etapas del ciclo de vida del producto o servicio objeto del estudio.

Para realizar un proyecto de ecodiseño empleando esta herramienta se deben de cumplir, a modo de guía, las siguientes etapas.

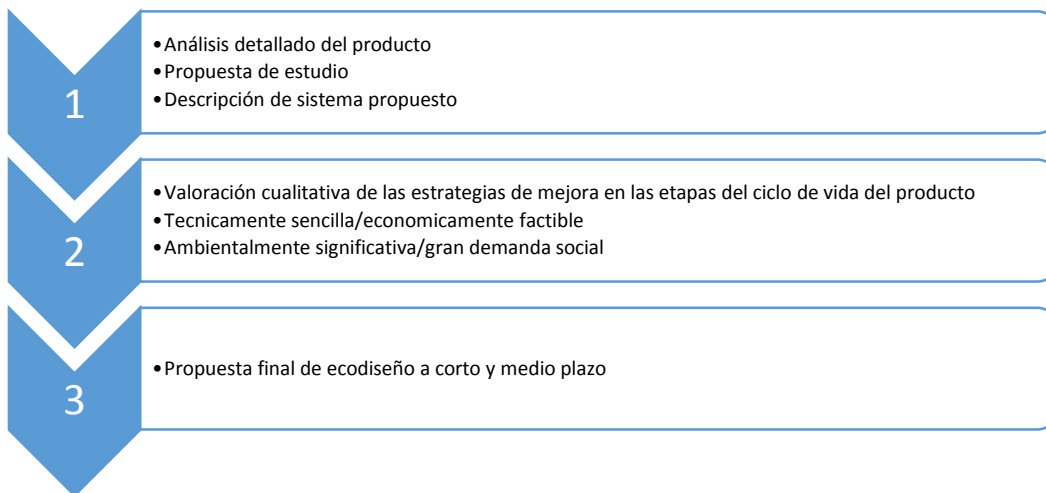


Tabla 4 - Etapas matriz MET (Pons, 2015)

Esta herramienta es semicualitativa y puede ser limitada por la cantidad de información disponible en ciertas etapas del ciclo de vida. Podemos presentar dos estructuras básicas de la matriz MET:

Etapas del ciclo de vida del producto	Impactos		
	Materiales	Energía	Emisiones tóxicas
Producción de materiales y componentes			
Producción			
Distribución			
Uso / Utilización			
Mantenimiento / Vida útil			
Fin de vida			


Tabla 5 - Matriz MET

Etapas del ciclo de vida del producto	Estrategia					
	Actuaciones de mejora ambiental	Técnica sencilla	Económicamente factible	Ambientalmente significativa	Gran demanda social	Programación temporal
Producción de materiales y componentes						
Producción						
Distribución						
Uso / Utilización						
Mantenimiento / Vida útil						
Fin de vida						

Tabla 6 - Matriz MET. Propuestas de mejora

**2. Matriz MECO:**

MECO es una matriz de evaluación semicuantitativa, que se utiliza con el fin de identificar los impactos ambientales durante las etapas del ciclo de vida de un producto. Más específicamente, las etapas del ciclo de vida que se consideran son: adquisición de materias primas, fabricación, uso, eliminación y transporte. El término MECO viene de los términos en inglés: materials, energy, chemicals y others. Representan las categorías de impacto que incluye la herramienta. Los materiales y la energía empleada tienen que ser especificados para cada etapa del ciclo de vida en términos de cantidad y recursos. Los productos químicos utilizados durante el ciclo de vida de un producto se clasifican como muy problemáticos (tipo 1), problemáticos (tipo 2) o menos problemáticos (tipo 3), mientras que la categoría "otros", incluye los impactos que no pueden incluirse en las tres categorías anteriores. (Hochschorner & Finnveden, 2003)



MATERIALS	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Tree/ fibrous plants</li> <li>•White liquor</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Products (paper)</li> <li>• Transports</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>•Reuse/Upcycle</li> <li>Combine with other materials</li> </ul>
ENERGY	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Machines to chipped and harvested</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Electricity for machines</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Energy for transports</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•If use with machine like printer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Recycle</li> <li>•Transport to landfill</li> </ul>
CHEMICALS	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Sodiumsulfide</li> <li>•Caustic soda</li> <li>• Chlorine</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•White liquor</li> <li>• Colour to dye the paper</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>•Recycle: mixture with chemicals</li> </ul>
OTHERS	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Workers</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Workers</li> </ul>			

Ilustración 13 - Ejemplo de matriz MECO (yuentunwing.wordpress.com, 2015)

### 5.4 Valoración de la estrategia ambiental del producto (VEA)

Es una herramienta cualitativa en la que se valoran distintas posibilidades de mejora para cada una de las estrategias de diseño. Estas posibilidades de mejora pueden ser:

- Mejoras en el concepto del producto
- Optimización de materiales
- Optimización de la producción
- Optimización de la distribución
- Reducción del impacto de uso
- Mejorar las posibilidades de reciclado

Esta herramienta se suele representar empleando diversos tipos de gráfico, los más habituales son gráficos tipo “tela de araña” en el cual el producto o servicio recibe una puntuación sobre cada una de las estrategias en función del grado en que se están introduciendo mejoras ambientales. En general, esta herramienta se utiliza para comprobar que las opciones de mejora ambiental seleccionadas son las adecuadas.

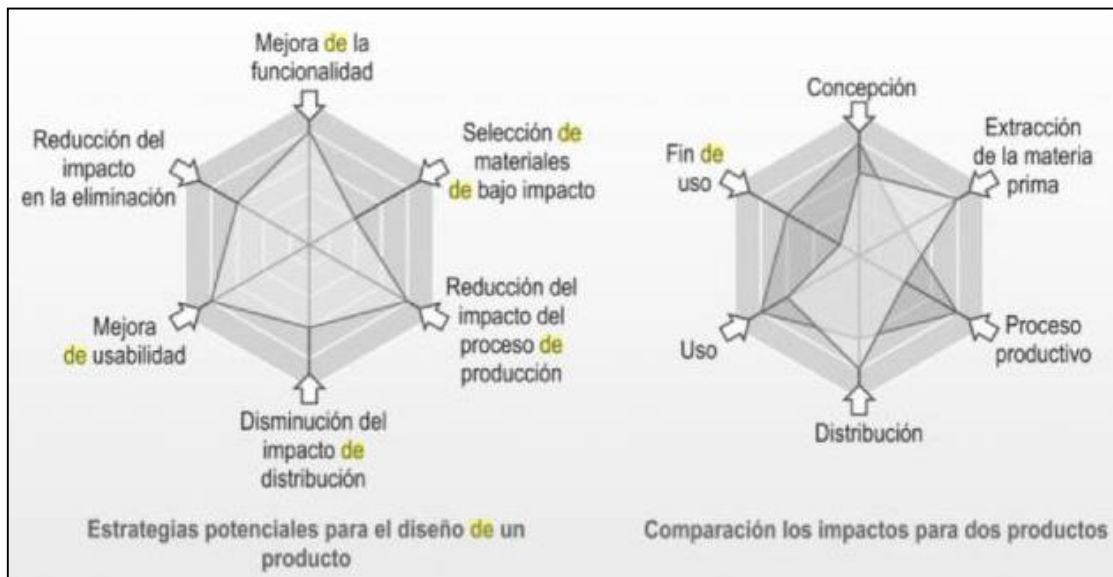


Ilustración 14 - Ejemplo de VEA de un producto (González, Álvarez, Ruiz, & Sánchez, 2011)

## 5.5 Análisis del ciclo de vida (ACV)

El análisis del ciclo de vida: “Es un proceso objetivo para evaluar las cargas ambientales asociadas a un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando tanto el uso de materia y energía como los vertidos de todo tipo al entorno; para determinar el impacto de ese uso de materia y energía y de esas descargas al medio ambiente; y para evaluar y llevar a la práctica oportunidades de realizar mejoras ambientales.” ((SETAC), 2015)

Se trata de la herramienta más completa y significativa que se utiliza actualmente para llevar a cabo los proyectos de ecodiseño. El concepto de LCA (Life cycle assessment) comenzó en 1970 a causa de una crisis energética en los Estados Unidos. En sus inicios el método fue creado para profundizar sobre los requerimientos energéticos de diferentes procesos, pero posteriormente fueron añadidos otros parámetros como las emisiones contaminantes y el uso de materias primas. A partir de entonces, se comenzó a desarrollar el método en sí mismo, que hoy en día conocemos, con diferentes variantes y que es empleando por una gran número de empresas y organizaciones en todo el mundo. Las razones para el empleo de este método son diversas: estrategia comercial, cumplir con normativas ambientales o porque el concepto de sostenibilidad y medioambiental está arraigado dentro de la organización.

Debido a lo extendido de este tipo de análisis, han surgido una serie de estándares para su regulación. Tanto la Organización internacional de Estándares (ISO) como la UNEP (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) han desarrollado documentos de estandarización. Actualmente la normativa vigente es la “ISO 14040:2006 - Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia.”

De acuerdo con la norma “ISO 14040:2006 - Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia” se entiende por ciclo de vida: “Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema del producto, desde la adquisición de materia prima o de su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final” (ISO, UNE-EN ISO 14040:2006, 2006). Entendiendo como producto cualquier bien o servicio.

Hay cuatro fases principales en un estudio de ACV (ISO, UNE-EN ISO 14040:2006, 2006):

- a) La fase de definición del objetivo y el alcance
- b) La fase de análisis del inventario
- c) La fase de evaluación del impacto ambiental
- d) La fase de interpretación.

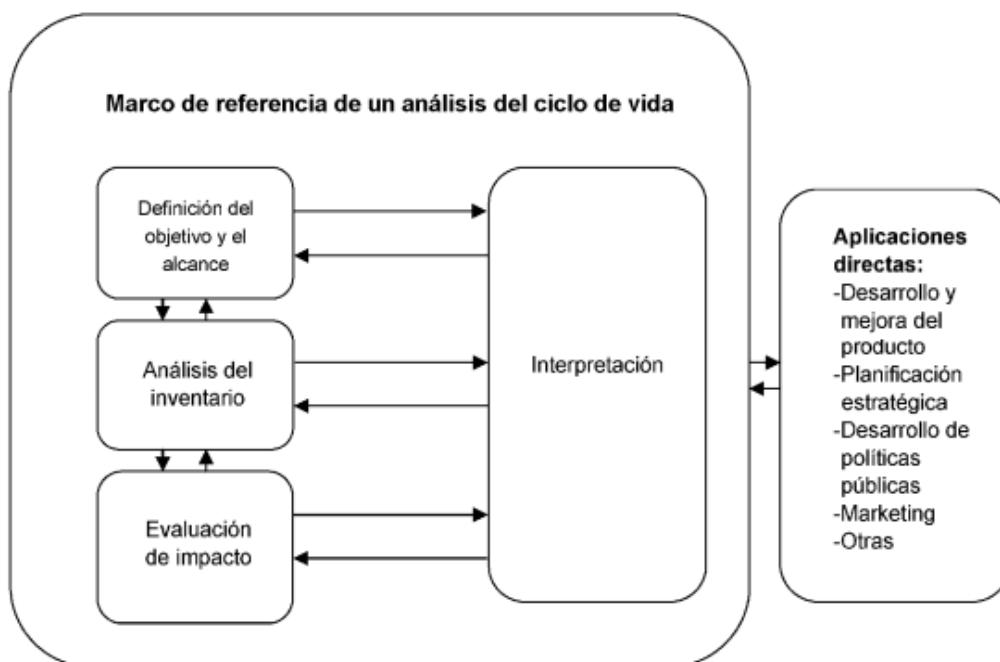


Ilustración 15 - Etapas de un ACV (ISO, UNE-EN ISO 14040:2006, 2006)

**a) La fase de definición del objetivo y el alcance:**

Debido a que el método ACV es una aproximación a una situación real, es importante establecer desde un principio los propósitos para los que el análisis va a servir, lo que se desea estudiar, la profundidad y grado de precisión requeridos, así como los límites de análisis en tiempo y espacio.

**b) La fase de análisis del inventario:**

Con el fin de considerar el ciclo de vida completo de nuestro producto o servicio es frecuente utilizar un esquema auxiliar, denominado "árbol de procesos". Gracias a

este esquema podremos tener presentes todos aquellos procesos que intervienen en el ciclo de vida que debemos considerar a la hora de desarrollar el método ACV.

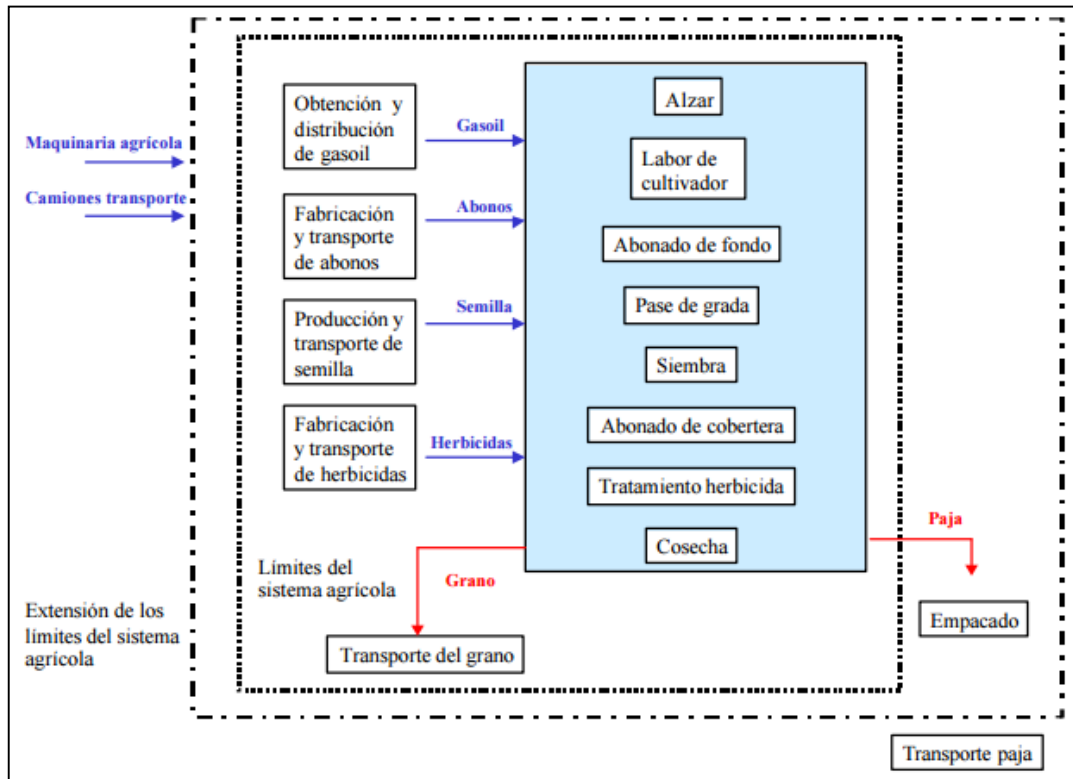


Ilustración 16 - Árbol de procesos producción agrícola (Lechón, y otros, 2005)

Una vez que los objetivos y el “árbol de procesos” han sido definidos, se puede comenzar a recolectar datos referentes a las emisiones presentes en cada proceso y a los recursos utilizados. De esta manera vamos conformando un inventario.

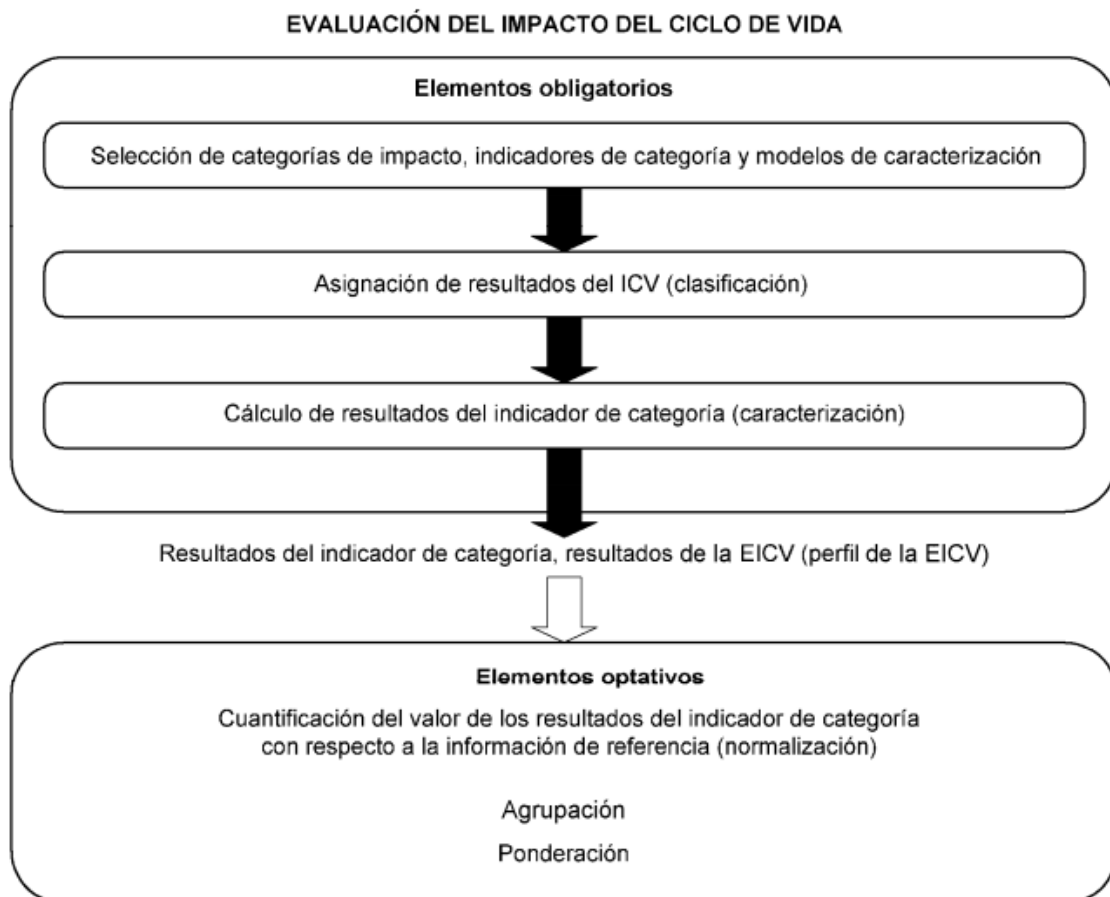
El resultado del inventario es una lista o tabla de impactos (consideraremos impacto a cada emisión y cada materia prima utilizada). Esta lista o tabla representa la vista más detallada de los efectos del ciclo de vida de un producto. Ya que estos procedimientos suelen repetirse en procesos industriales comunes, existen publicaciones y software con tablas estandarizadas sobre los diferentes impactos que causan algunos materiales como aluminio, plásticos, cartón, papel, acero u hormigón.

**c) La fase de evaluación del impacto ambiental:**

La fase de evaluación de impacto de un ACV tiene como propósito evaluar cuán significativos son los impactos ambientales potenciales utilizando los resultados del



análisis de inventario. En general, este proceso implica la asociación de los datos de inventario con las categorías de impactos ambientales específicos y con los indicadores de esas categorías para entender estos impactos. La fase de la EICV también proporciona información para la fase de interpretación del ciclo de vida (ISO, UNE-EN ISO 14040:2006, 2006).



*Ilustración 17 - Elementos de evaluación del impacto (ISO, UNE-EN ISO 14040:2006, 2006)*

**d) La fase de interpretación:**

Para esta última fase del procedimiento de análisis del ciclo de vida es recomendable consultar el objetivo original establecido y de esta manera tener claro el propósito del análisis. En algunos casos bastará con hacer unos pequeños retoques para lograr el objetivo marcado, mientras que en otras ocasiones será necesarios estructurar en áreas aquellos resultados del ACV que muestren potencial para ser mejorados.

Actualmente existe una gran cantidad de software especializado para realizar ACV de manera profesional. Este tipo de herramientas permiten desarrollar un análisis extenso de variables, factores y especificaciones industriales. Un ejemplo de este tipo de software es el “OpenLCA”. Se ven con más detalle este tipo de aplicaciones en el apartado: 5.8 Aplicaciones software para ecodiseño en la página 63

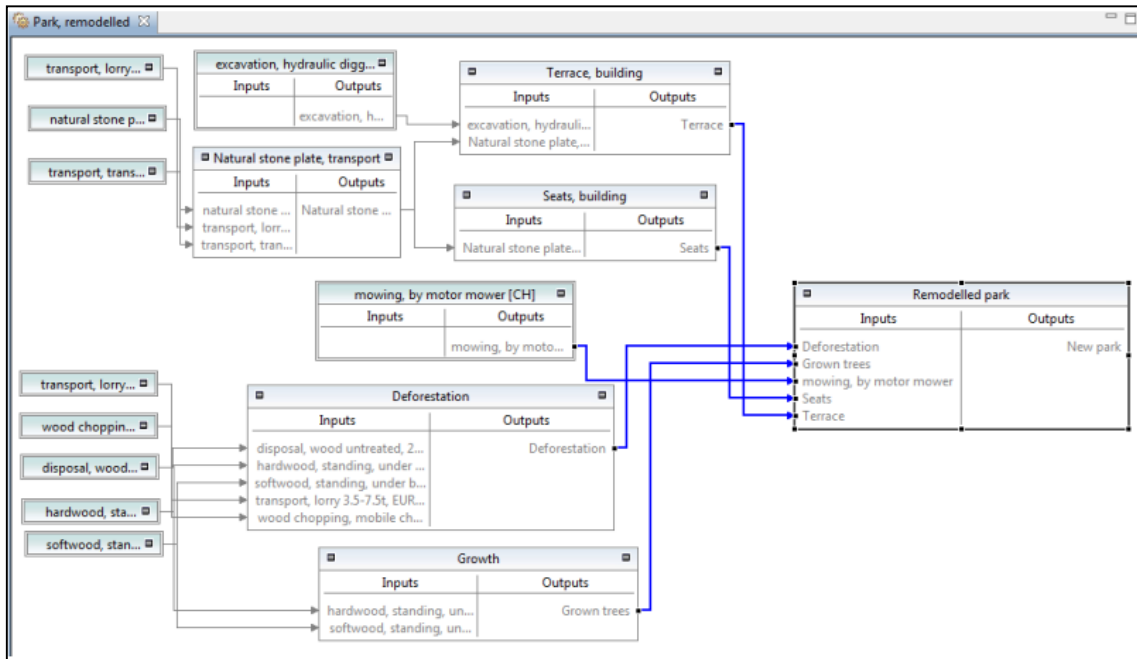


Ilustración 18 - Árbol de procesos con OpenLCA

### 5.6 Ecoindicadores

Es una herramienta cuantitativa y multivectorial que expresa el impacto ambiental de un proceso o producto, a lo largo de todo su ciclo de vida, a través de un valor numérico con unidad propia que se denomina Punto (Pt). Cuanto mayor es el valor, mayor es el impacto ambiental.

El uso de los ecoindicadores se realiza tras la definición de los aspectos e impactos ambientales en el análisis de ciclo de vida. Es por lo tanto una herramienta que completa el análisis de ciclo de vida y ayuda a su comprensión.

Los valores de los ecoindicadores, aunque no existen para todos los productos o actividades, se han obtenido experimentalmente en función de modelos de daños y ciertos condicionantes tales como el factor suerte, ajustes etc.

Los resultados de los modelos de daños se analizan y se ponderan para obtener el valor del indicador en función del daño causado sobre la salud humana, a la diversidad de especies, a los recursos y al entorno, entre otras (Prodintec, 2015)

Durante el proceso de diseño, se genera un gran número de opciones que el diseñador puede analizar para elegir la que crea más conveniente. Para desarrollar proyectos compatibles con el medio ambiente, debe ser posible incluir los aspectos ambientales de un producto en el análisis y la selección de las opciones de diseño. Los valores estándar de Eco-indicadores se han desarrollado precisamente como una herramienta para desempeñar esa función, es decir, como herramienta útil para los diseñadores, una herramienta a emplear en la búsqueda de alternativas más ecológicas, y destinada a uso interno. (tecnológico, 2007)

- Los valores estándar de Eco-indicadores no están destinados a ser utilizados en el marketing ambiental, el etiquetado ecológico o para hacer demostraciones en público de que el producto A es mejor que B.
- Los valores estándar de Eco-indicadores tampoco se han desarrollado para que el gobierno los utilice como patrones o líneas maestras.

A continuación se presentan algunas tablas de ecoindicadores para evaluar el impacto a lo largo del ciclo de vida. Estos ecoindicadores pueden ser aplicables a productos y procesos del sector metal-metálico (Vasco, 2006):

TABLA N.º 1: PRODUCCIÓN DE METALES FÉRRICOS (EN MILIPUNTOS POR KG)			
Material	Indicador	Descripción	
Hierro Fundido	240	Hierro fundido con >21% de carbón	1
Acero de convertidores	94	Bloques de material que sólo contienen acero primario	1
Acero de arco eléctrico	24	Bloques de material que sólo contienen chatarra (acero secundario)	1
Acero	86	Bloques de material que sólo contienen 80% de hierro primario y 20% de restos	1
Acero de alta aleación	910	Bloques de material que sólo contienen 71% de acero primario, 16% Cr, 13% Ni.	1
Acero de baja aleación	110	Bloques de material que sólo contienen 93% de acero primario, 5% de restos y 1% de materiales de aleación	1

TABLA N.º 2: PRODUCCIÓN DE METALES NO FÉRRICOS (EN MILIPUNTOS POR KG)			
Material	Indicador	Descripción	
Aluminio 100% rec.	60	Bloques de material que sólo contienen materiales secundarios	1
Aluminio 0% rec.	780	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Cromo	970	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Cobre	1400	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Plomo	640	Bloques de material que contienen 50% de plomo secundario	1
Níquel enriquecido	5200	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Paladio enriquecido	4600000	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Platino	7000000	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Rodio enriquecido	12000000	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios	1
Zinc	3200	Bloques de material que sólo contienen materiales primarios (baño de calidad)	1

Tabla 7 - Ecoindicadores producción metales (Vasco, 2006)

TABLA N.º 3: PROCESADO DE METALES (EN MILIPUNTOS)			
Material	Indicador	Descripción	
Curvado-aluminio	0,000047	Una hoja de 1 mm de espesor y 1 m de ancho, curvada 90º	4
Curvado-acero	0,00008	Una hoja de 1 mm de espesor y 1 m de ancho, curvada 90º	4
Curvado-RVS	0,00011	Una hoja de 1 mm de espesor y 1 m de ancho, curvada 90º	4
Soldadura fuerte (con plata, cobre o latón)	4000	Por Kg de cobre soldadura, incluyendo el material cobresoldado (45% de plata, 27% de cobre, 25% de latón)	1
Laminado en frío de rollos	18	Reducción de 1 mm en cada bandeja de 1 m²	4
Cromado electrolítico	1100	Por m², de 1mm de espesor, doble cara, datos poco fiables	4
Galvanizado electrolítico	130	Por m², de 2,5mm de espesor, doble cara, datos poco fiables	4
Extrusión-aluminio	72	Por kg	4
Fresado, torneado, perforación	800	Por dm³ de material eliminado sin producción de material de desecho	4
Prensado	23	Por kg de material deformado sin incluir las partes no deformadas	4
Soldado por puntos-aluminio	2,7	Por soldadura de 7 mm de diámetro, ancho de lámina: 2 mm	4
Corte/stampación-aluminio	0,000036	Por mm² de superficie de corte	4
Corte/stampación-acero	0,00006	Por mm² de superficie de corte	4
Corte/stampación-RVS	0,000086	Por mm² de superficie de corte	4
Laminado	30	Por kg producido de láminas fuera del material del bloque	4
Zincado de bandas	4300	(Baño de zinc sendzimir) por m², de 20-45 mm de espesor, incluyendo el zinc	1
Galvanizado en caliente	3300	Por m², espesor de 100 mm incluyendo el zinc	1
Baño de zinc (conversión µm)	49	Por m², espesor extra mm, incluyendo zinc	1
Galvanizado en caliente	47,90	Por kg	8
Rectificado	12,60	Por kg	8
Desengrasado Alcalino	746	Por toneladas de piezas desengrasadas	9

Tabla 8 - Ecoindicadores procesado de metales (Vasco, 2006)

## 5.7 Evaluación del cambio de diseño (ECD)

Se trata de una herramienta orientada a mejorar los productos y procesos con el objetivo general de reducir la cantidad de residuos generados y su toxicidad. Es una herramienta semicuantitativa, monovectorial y de sencilla aplicación en la gran mayoría de productos.

Los factores principales que intervienen son:

- Peso y volumen de los residuos
- Toxicidad
- Utilización del producto
- Reutilización y reciclaje de los residuos
- Información ambiental disponible
- Alternativas disponibles de minimización de residuos
- Otros factores: económicos y sociales que inciden en el rediseño de los productos y envases

El proceso que se debe llevar a cabo para aplicar con éxito esta herramienta de ecodiseño es el siguiente:

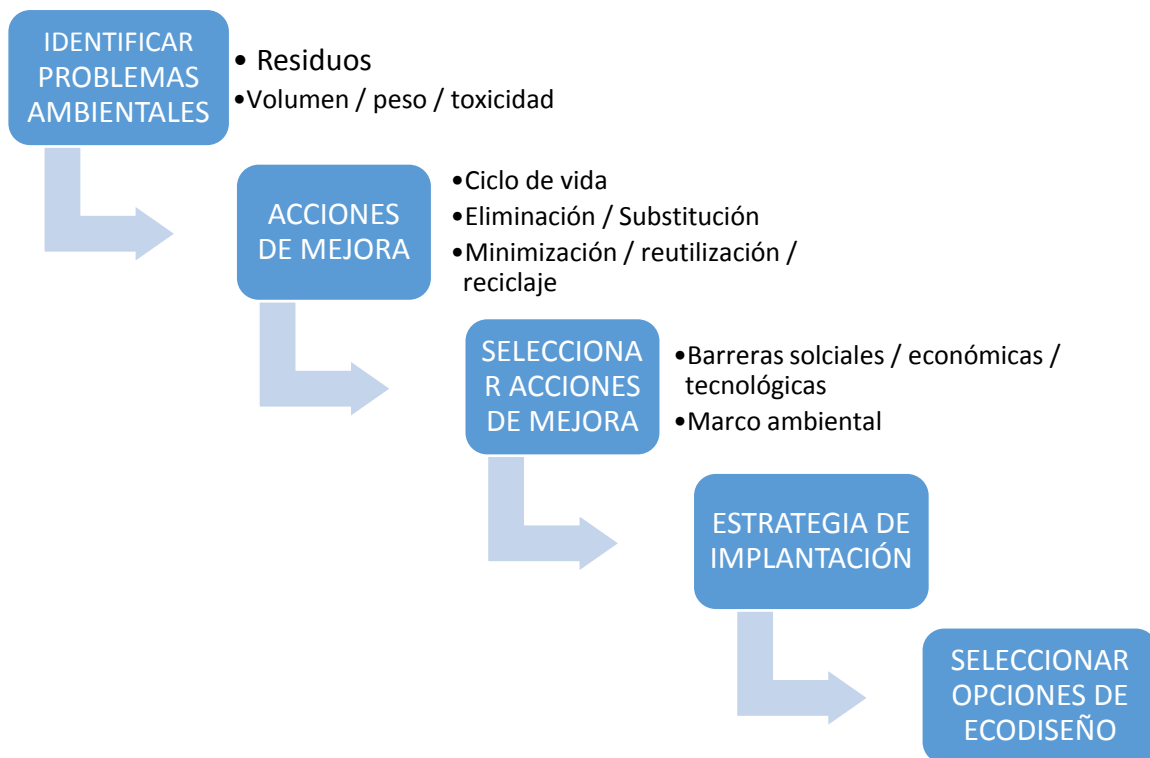


Ilustración 19 - Proceso ECD

Ver “Tabla 12 - Resumen de Metodologías y Herramientas” en la página 80

## 5.8 Aplicaciones software para ecodiseño

En esta sección se presenta una serie de aplicaciones software y sistemas CAE (Computer-Aided Engineering) que han sido desarrolladas para dar soporte a los procesos de ecodiseño. Los principios en los que se basan estos sistemas son similares a los métodos y herramientas tradicionales que se presentan en otros epígrafes del trabajo.

La mayoría de las herramientas de software han sido desarrolladas con el fin de simplificar la metodología de evaluación del ciclo de vida, proporcionando bases de datos ya creadas, la estructuración de los datos de entrada y la realización de todos los cálculos necesarios durante los procesos de evaluación del inventario y de impacto. Algunos ejemplos de este tipo de herramientas, que se han desarrollado principalmente para ayudar a los procesos de LCA, se enumeran a continuación.

**a) OpenLCA:**

Se trata de un software libre para realizar análisis de ciclo de vida y huella ecológica. Dispone de una amplia selección de bases de datos disponibles. Cualquier base de datos en formato de datos EcoSpold o ILCD se puede importar y utilizar en OpenLCA. Hay muchas bases de datos gratuitas disponibles, pero también ofrecen las bases de datos no libres GaBi y Ecoinvent, bajo pago por licencia de uso. Esto es en la actualidad la selección más amplia de datos disponible en cualquier software de LCA, en todo el mundo.

Existen en el mercado más herramientas similares a OpenLCA destinadas a hacer un análisis en profundidad del ciclo de vida. Una de las más conocidas es SimaPro o Team.

**b) Sistemas CAD con herramientas de análisis medioambiental integrado:**

Mediante este tipo de sistemas, los diseñadores pueden llevar a cabo un análisis de ciclo de vida sobre las piezas o ensamblajes en los que estén trabajando en ese momento, directamente desde el programa de diseño con el que trabajen (Software CAD). La manera tradicional de llevar a cabo un diseño a través de un software de este tipo es meramente técnica y funcional, sin recabar, en la mayoría de los casos, en aspectos medioambientales. En el caso de ser necesario un análisis de este tipo es tratado de manera independiente. Mediante este tipo de software integrado el diseñador puede hacer búsquedas y comparaciones entre materiales y ver en tiempo real como el uso de uno u otro material afecta en términos medioambientales. Otras funciones que tiene este tipo de herramientas son:

- LCA de piezas
- Búsqueda de materiales similares
- Paneles de factor de impacto con categorías clave
- Establecimiento de modelo base
- Informe de comparación con el modelo base
- LCA de ensamblajes
- Energía para la "Fase de uso"



- Especificar tipo de transporte

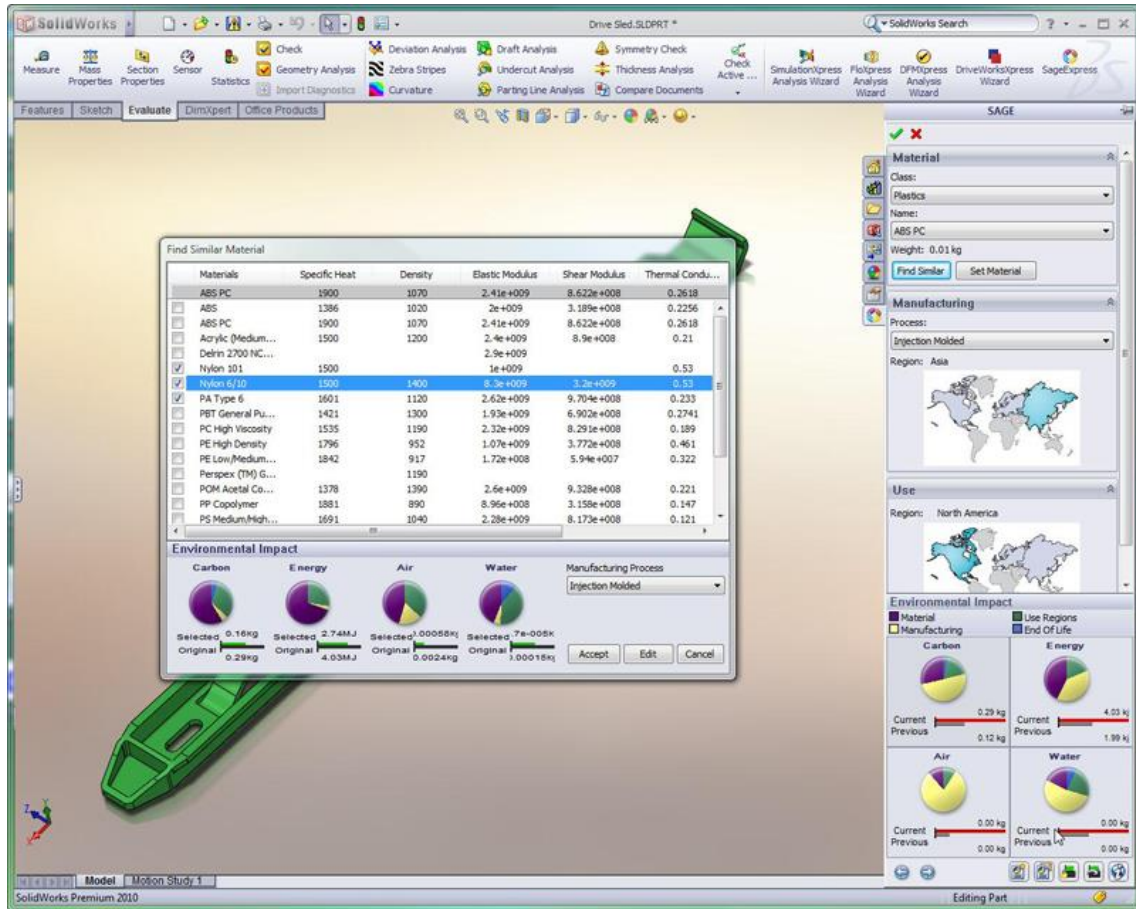


Ilustración 20 - Búsqueda de materiales similares en SolidWorks Sustainability (Solidworks, 2015)

Actualmente, este tipo de herramientas, a pesar de su potencial, no son muy usadas por las empresas.

**c) ECO-it:**

ECO-it es un software que puede ser considerado como una herramienta de análisis de ciclo de vida simplificada. Según los materiales y los procesos utilizados, ECO-it calcula el impacto medioambiental y muestra qué partes del producto contribuyen más a este impacto. A partir de esta información se pueden localizar las áreas de intervención para la reducción del impacto del producto resultante.

Funciona con indicadores ecológicos que reflejan mediante puntuaciones individuales, el impacto de un proceso o material sobre el medio ambiente. El impacto

es más grave cuanto más alta es la puntuación. La herramienta utiliza dos tipos de indicadores ecológicos:

- Los basados en la metodología RECIPE, que aportan una visión de análisis de ciclo de vida simplificado (tiene en cuenta la mayor parte de las categorías de impacto ambientales).
- Los del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC), que aportan una visión de la huella de carbono de producto (con los resultados en kg equivalentes de CO<sub>2</sub>).

**d) IdeMat:**

Herramienta muy sencilla, basada en la evolución social, técnica y económica de los materiales y procesos, a fin de facilitar su selección. La base de datos ofrece una amplia información técnica en forma de textos, números y gráficos.

Al establecer los requisitos de los materiales deseados para un producto, el programa aporta información sobre sus cualidades, las aplicaciones más habituales, etc. La información ambiental se basa en indicadores medioambientales, pero el programa permite acceder a los datos de origen de estos indicadores (consumo de recursos y emisiones al medio ambiente). Así es posible conocer los impactos ambientales de los materiales seleccionados por sus características técnicas.

## 6 Aplicaciones del ecodiseño

### 6.1 Eco-diseño en la dirección de proyectos

La dirección de proyecto se define como la aplicación de conocimientos, habilidades y técnicas para ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente (PMI, 2013). Los especialistas en esta área lo ven como una competencia estratégica para las organizaciones, que podría permitirles mejorar los resultados de sus proyectos y valores alineados con los objetivos de negocio. Uno de los marcos más reconocidos, el PMBOK (PMI, 2013), define diez áreas de conocimiento típicas de casi todos los proyectos: Integración, alcance, plazo, costo, calidad, recursos humanos, comunicaciones, riesgos, aprovisionamientos e involucrados. La ISO 21500: 2012, una guía para la gestión de proyectos, destaca las competencias del proyecto y propone categorías similares (conocidos como grupos). La norma ISO 21500 también es comparable con otros estándares como la ICB o Prince 2. Sin embargo, los aspectos medioambientales no están considerados específicamente ni sustancialmente en estos estándares.

Se identifica por tanto, una brecha entre estas dos áreas de conocimiento que puede ser considerado como un eslabón perdido. Podemos considerar que se consiguiésemos recuperar este eslabón aumentaría la efectividad del ecodiseño dentro del proceso de desarrollo del producto. Este eslabón completaría las actuales guías de ecodiseño, actualmente centradas en técnicas, herramientas y aspectos de la organización, introduciendo originales y útiles líneas base para una dirección de proyectos sostenible. (Brones, Carvalho, & Zancu, 2014)

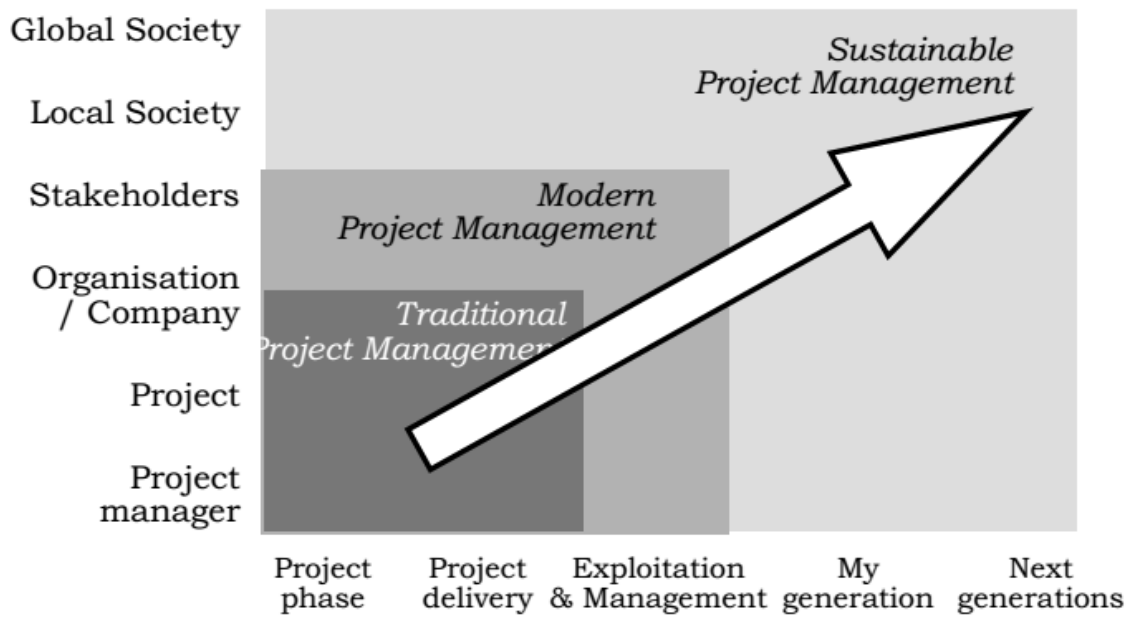


Ilustración 21 - Gestión de proyectos sostenible

En otras palabras, vemos que la gestión de proyectos destinada a productos o servicios más sostenibles debería incluir nuevos principios, que actualmente no forman parte de las buenas prácticas de la dirección de proyectos clásica. Esta nueva corriente de dirección de proyectos sostenibles consistiría en desarrollar lo que algunos autores ya han avanzado dentro del sector de la construcción verde, implantar técnicas en las actuales metodologías de dirección de proyectos que permitan desarrollar proyectos sostenibles con un coste aceptable (Robichaud & Anantatmula, 2011).

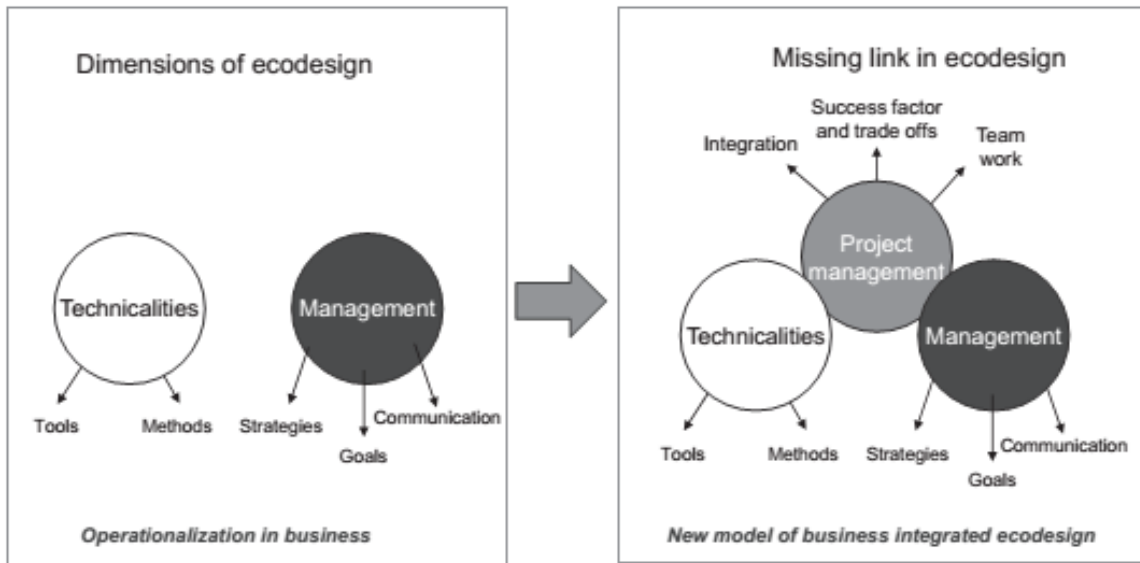


Ilustración 22 - El potencial papel de la dirección de proyectos en el ecodiseño (Brones, Carvalho, & Zancu, 2014)

6.2 Casos de éxito

Estos son algunos ejemplos en los que aplicando técnicas de ecodiseño se han logrado desarrollar productos más respetuosos con el medio ambiente y sostenibles.

**Caso 1. Ecodiseño de un contenedor de recogida selectiva de residuos** (ITENE, 2011).

Las características del contenedor antes del ecodiseño eran:

MATERIAS PRIMAS PRINCIPALES		
COMPONENTE	MATERIA PRIMA	TIPO DE MATERIAL
Cuerpo del contenedor	Resina de poliéster	Ortoftálica
	Fibra de vidrio	Hilo Roving y tejido 400
	Gel coat	Isoftálico
Tapas	Poliéster reforzado con fibra de vidrio	
Herrajes	Incluye las placas metálicas, la eslinga y la tornillería	Acero

Tabla 9 - Características del contenedor antes del ecodiseño

Los objetivos del proyecto eran:

- Demostrar la calidad y la minimización del impacto ambiental del contenedor a ecodiseñar y utilizarlo como herramienta de marketing verde.
- Reducción de los costes de los contenedores.
- Mejora de la imagen del producto y de la empresa. Espíritu de innovación de la empresa en temas medioambientales.
- Adelantarse a los criterios de compra verde por parte de las municipalidades.

Las acciones de ecodiseño tomadas fueron:

- Incorporar un sistema de vigilancia de llenado de residuos en los contenedores
- Utilizar menos material férrico en el herraje del contenedor
- Reducir el espesor del contenedor aumentando la proporción de fibra de vidrio respecto a la de resina de poliéster.
- Utilizar materias primas con menor contenido en estireno.
- Utilizar material reciclado para fabricar las tapas.
- Utilizar pinturas antigrafitis en los contenedores reparados
- Fomentar el uso de contenedores reparados, tanto su venta como su reparación.
- Utilizar desmoldeantes en base agua

Estas acciones de ecodiseño conllevaron:

- Reducción de la cantidad total de PRFV debido al cambio en la proporción Resina de Poliéster/ Fibra de vidrio. La cantidad de fibra de vidrio utilizada aumenta ligeramente.
- No se utiliza estireno como materia prima secundaria.
- Se generan menos COVs debido al uso de una resina de poliéster con el 16% menos en contenido de estireno y a que no se utiliza estireno.
- Se generan 3,5 kg menos residuo inerte ya que se recircula como material reciclado para la fabricación de las tapas.

- Se reduce en 1kg, la cantidad de material férnico utilizado en el contenedor.
- Un plan de comunicación de los resultados del contenedor ecodiseñado y de las ventajas del uso de contenedores reparados.

Resultados:

- Ambientales
  - Se reduce alrededor de un 9% el impacto ambiental respecto al contenedor inicial.
  - Se reduce un 14% la cantidad de material utilizado ya que además de reducirse el peso del contenedor, se recirculan parte de los residuos generados en su fabricación.
- Económicos
  - Los costes de fabricación de los contenedores ecodiseñados se reduce.
  - El menor peso contribuirá a la reducción de costes de transportes.
- Sociales
  - Mayor aceptación del producto por parte de los clientes debido a la minimización de los impactos ambientales de los contenedores ecodiseñados.
  - No sólo se mejora el producto final, sino su proceso de fabricación.
  - Se mejora la imagen del producto y de la empresa.
  - Aumento de la capacitación del personal de la empresa en aspectos medioambientales.

**Caso 2. Análisis estratégico y diseño conceptual de un telescopio, para una carretilla industrial, en base a criterios de ecodiseño (Prodintec, 2015).**

En este caso se realizó un árbol con los puntos más importantes a tener en cuenta:

ARBOL DE OBJETOS		
Fiabilidad	Calidad	
	Producto técnica fabricable	Fácil montaje
	Fácil mantenimiento	Accesibilidad
	Sutileza de líneas	Equilibrio visual y formal
		Generar sensaciones
Funcionalidad	Ergonomía en uso	
	Polivalencia	
Diferenciación	Mejora estética	Producto innovador
		Evitar materiales frágiles
		Inexistencia de aristas vivas
	Simplicidad	
Innovación	Corregir las deficiencias del producto existente	
	Fácil interpretación del producto	
	Dimensión adecuada	Piezas estandar

Tabla 10 - Arbol de objetos carretilla

Posteriormente se aplicó la herramienta: “valoración de la estrategia ambiental del producto (VEA)”:



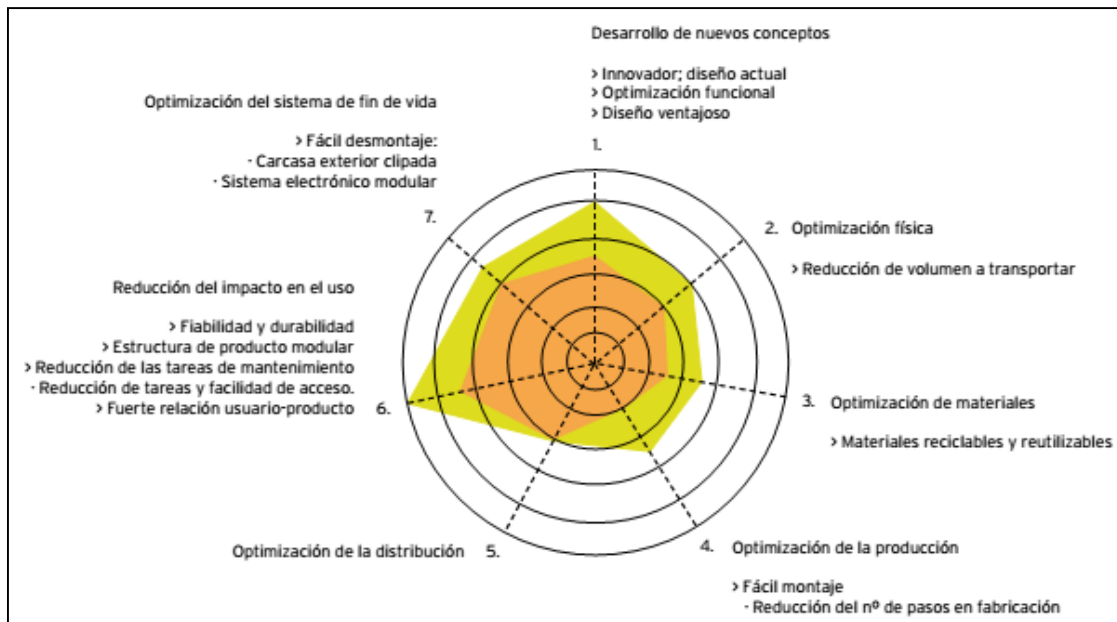


Tabla 11 - VEA carretilla industrial

Gracias a esta herramienta la empresa fabricante y diseñadora de esta carretilla pudo identificar los puntos en los que el margen de mejora era mayor. El punto 3 del diagrama de tela de araña muestra que hay amplias posibilidades de mejora en la optimización de materiales, lo mismo ocurre con los puntos 2 y 4. Sin embargo, no parece ser posible mejorar el punto 6, según el diagrama la carretilla está bastante optimizada en cuanto a su impacto en la fase de uso.

## 7 Taxonomía de herramientas

### 7.1 Establecimiento de criterios

Una vez repasadas las diferentes metodologías y herramientas de ecodiseño expuestas en el presente trabajo, parece claro que es necesario establecer unos criterios que nos permitan organizar este conocimiento. De esta manera podremos tener una idea general de las herramientas a nuestro alcance y decidir cuál podría ser la más indicada en función de la tarea de ecodiseño que vayamos a realizar.

A continuación se presenta una tabla, a modo de resumen, de las Metodologías y Herramientas de Ecodiseño desarrolladas en los apartados “4. Metodologías de ecodiseño y 5. Herramientas” del presente trabajo.

Para ellos se han evaluado las herramientas en función de los criterios que mejor las definen a juicio del autor:

- Tipo: Cualitativo / semicualitativo / cuantitativo

Parece un factor importante conocer cuáles son aquellas herramientas que tienen parámetros de entrada y criterios de evaluación numéricos y cuáles no. Aquellas de carácter cualitativo estarán más sujetas al criterio personal del diseñador. Por otro lado las de tipo cuantitativo están sujetas a unos criterios previamente establecidos y obtienen resultados mediante cálculos numéricos.

- Complejidad

A la hora de afrontar un proceso de ecodiseño es necesario planearse hasta que nivel de análisis estamos dispuestos a llegar o necesitamos llegar. Esto, en la mayoría de los casos vendrá fijado por el tiempo que tengamos disponible y el volumen de elementos a diseñar.

Por lo tanto, se considera un criterio muy importante estimar la complejidad que tiene llevar a la práctica cada herramienta. Podemos, en este sentido, distinguir entre herramientas ágiles y complejas, aunque para este estudio se ha decidido clasificar la complejidad en baja, media o alta. Considerando aquellas herramientas con

complejidad baja y media como ágiles y como herramientas complejas las de complejidad alta.

- Aplicación

Atendiendo a sus posibles aplicaciones juega un factor importante la complejidad anteriormente descrita. Evidentemente para diseños en los que el ecodiseño no juegue un factor clave nos interesará usar herramientas poco complejas y en el caso de querer hacer un análisis en profundidad emplearemos herramientas complejas que requieren de muchos recursos y tiempo.

Pero no solo la complejidad determina en que aplicaciones es recomendable usar una u otra herramienta o metodología de ecodiseño. Existen metodologías desarrolladas específicamente para determinados sectores. Un ejemplo son las metodologías “Synergico Methodology” y “Metodología MEERP” que se han creado específicamente para centrarse en los aspectos energéticos del diseño.

Hay sectores, como soy la arquitectura o la electrónica, en los que se han desarrollado una serie de herramientas específicas. Quizá en estos sectores, debido a la exigencia de los propios clientes, se ha avanzado más en el ecodiseño.

Junto con estos criterios, se resumen los puntos fuertes y puntos débiles de cada una de las herramientas y metodologías.

METODOLOGÍAS						
	Pág.	Clasificación	Puntos fuertes	Puntos débiles	Complejidad	Aplicaciones recomendadas
ISO/TR 14062	36	Cualitativa	Aplicable a varios niveles de la organización	Más orientado hacia la gestión	Media	Gestión Establecimiento de bases Desarrollo de documentación
SGA - Ecodiseño	39	Cualitativa	Integración del ecodiseño en el proceso tradicional SGA → Proceso de ecodiseño Introduce el ecodiseño desde las primeras fases del diseño	Difícil adaptación a PYMES	Media	Grandes organizaciones
Desarrollo de producto	41	Cualitativa	Orientado a proceso de diseño Sencillo de usar Recomendación de herramientas	Orientado solo a producto Visión reducida	Baja	Pequeñas organizaciones Desarrollo de productos

Synergico Methodology	43	Semicualitativa	Útil y eficaz en su campo de aplicación	Centrada en análisis energético para equipos eléctricos	Media	Análisis energético Equipo eléctrico / electrónicos
Metodología MEErP	44	Semicualitativa	Aplicable a cualquier tipo de producto	Centrada en análisis energético	Media	Análisis energético Productos en que la energía sea importante
<b>HERRAMIENTAS</b>						
	Pág.	Clasificación	Puntos fuertes	Puntos débiles	Complejidad	Aplicaciones recomendadas
Listas de comprobación LC	47	Cualitativa	Sencillas de usar Agilidad No requiere una metodología compleja	Método demasiado simplificado	Baja	Comienzos del ecodiseño Diseños sencillos
Matriz MET	50	Semicuantitativa Multivectorial Objetiva	Bajo coste económico Tiempo invertido en el estudio reducido Fácil comprensión de los resultados por parte de los diseñadores y otros profesionales	Limitada su aplicación a productos no complejos Análisis semicuantitativo Valoración subjetiva de los impactos ambientales de las etapas	Alta	Productos complejos Los aspectos medioambientales son críticos

			<p>Detecta los principales problemas y en que etapas se producen</p> <p>Sistema-producto</p>	<p>Propuesta de mejoras no cuantitativas</p>		
Matriz MECO	52	semicuantitativa	<p>Es complementario a un ACV</p> <p>Permite hacer análisis cuantitativo</p>	<p>No incluye el ciclo de vida completo</p> <p>Permite arbitrariedades</p>	Media	Productos de complejidad media
Valoración de estrategia ambiental del producto VEA	53	Subjetiva Cualitativa	<p>Nueva terminología ambiental</p> <p>Concepto de ciclo</p> <p>Facilita la lectura de aspectos ambientales a otros profesionales (diseño, marketing...)</p>	<p>Análisis subjetivo y cualitativo</p> <p>Simplificación</p> <p>Dificulta apreciar la importancia del impacto en cada etapa</p>	Baja	<p>Diseños sencillos</p> <p>Comienzos del ecodiseño</p>
Análisis del ciclo de vida ACV/LCA	54	Objetiva Cuantitativa Multivectorial	<p>Útil para diseñadores</p> <p>Permite establecer prioridades</p> <p>Considera el ciclo de vida completo del producto</p>	<p>Complejidad</p> <p>Mucho tiempo para ejecutarse</p> <p>Inexactitud</p> <p>Resultados aproximados</p>	Alta	<p>Productos complejos</p> <p>Los aspectos medioambientales son críticos</p> <p>Queremos dar un cambio al planteamiento del diseño</p>

Ecoindicadores	58	Cuantitativa Multivectorial	Establecen unos valores estandarizados Permiten comparar con facilidad	Son una parte del ACV	Media	Comparativa entre diseños ACV
Evaluación del cambio de diseño ECD	62	Subjetiva Semicuantitativa Monovectorial	Herramienta Semicuantitativa Específica Adaptada al nuevo marco legal residuos Fácil de aplicar a pequeñas y medianas empresas	Prioridad de las acciones relacionadas con la minimización de residuos sobre otras acciones de prevención	Media	Productos que generen muchos residuos Pequeñas y medianas empresas
OpenLCA	64	Cuantitativa	Software libre Bases de datos disponibles ACV completo	Complejidad Son necesarios amplios conocimientos de ACV	Alta	ACV completo Los aspectos medioambientales son críticos
CAD con análisis medioambiental integrado	64	Cuantitativa	Integración con software CAD Todo en uno	Necesidad de software específico	Media	Diseños con Software CAD
ECO-it	65	Objetiva	ACV simplificado	No tiene en cuenta el ciclo de vida completo	Media	Productos de complejidad media

		Cuantitativa				
IdeMat	66	semicuantitativa	Bases de datos disponibles	Demasiado simplificada	Baja	Diseños sencillos Comienzos del ecodiseño

Tabla 12 - Resumen de Metodologías y Herramientas



1.2 Clasificación

A continuación se presentan las herramientas descritas en el trabajo clasificadas atendiendo a los criterios expuestos en el apartado anterior:

- Tipo: Cualitativo / semicualitativo / cuantitativo
- Complejidad
- Aplicación

De esta manera se pretenden organizar las ideas y facilitar la identificación de aquellas herramientas más adecuadas para el diseño de productos del sector industrial Metal-Mecánico.

		LC	Matriz MET	Matriz MECO	VEA	ACV	Ecoindicadores	ECD	OpenLCA	CAD + AM	ECO-it	IdemMat
Tipo	Cualitativa	X			X							
	Semicuantitativa		X	X				X				X
	Cuantitativa					X	X		X	X	X	
Complejidad	Ágiles	Baja	X		X							X
		Media			X			X	X	X	X	
	Complejas	Alta		X		X			X			
Aplicación	Inicios ecodiseño	X			X							X
	Ecodiseño			X			X	X		X	X	
	Ecodiseño intensivo		X			X			X			

Tabla 13 - Clasificación herramientas de ecodiseño

La siguiente gráfica ayuda a comprender y ver de un simple vistazo, como son cada una de las herramientas atendiendo a la complejidad / coste y a la fase del proceso de ecodiseño:

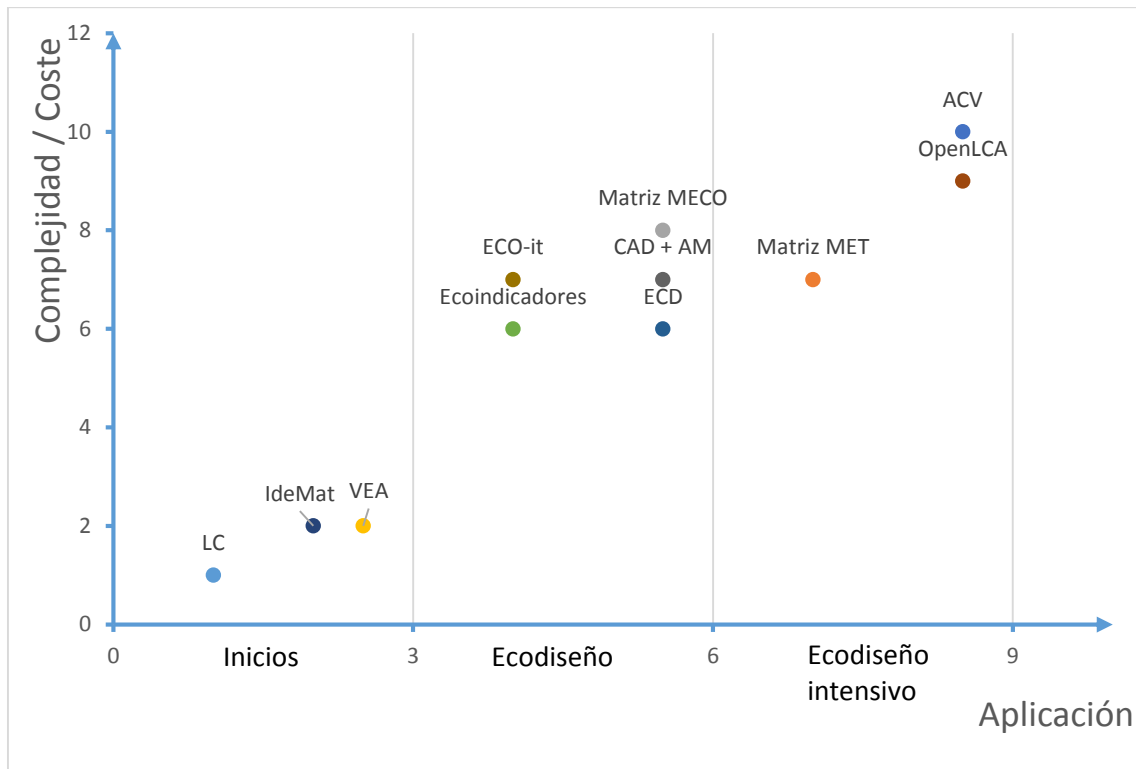


Tabla 14 - Gráfico clasificación de herramientas de ecodiseño

## 8 Selección de herramientas

### 8.1 Consideraciones previas

En este trabajo se han visto las herramientas de ecodiseño que a juicio del autor son las más interesantes y podrían adaptarse mejor a diseños de productos industriales del tipo metal-mecánico.

Los criterios que se han tenido en cuenta la hora de decidir que herramientas, de las desarrolladas en el trabajo, son las más adecuadas han sido:

**Experiencia personal del autor:** El autor cuenta con varios años de experiencia como diseñador de elementos mecánicos en la industria de la elevación. A lo largo de estos años se ha enfrentado a una gran variedad de diseños, en los que intervienen numerosos componentes como: rodamientos, accionamientos lineales, motores eléctricos, equipo de lubricación, piezas de estampación, chapa plegada, laminaciones de acero, extrusiones de aluminio, piezas curvadas, soldaduras, uniones atornilladas, etc.

Gracias a estos conocimientos sabemos los recursos que suponen en un departamento de ingeniería de cualquier empresa del sector, la realización de nuevos diseños o la revisión de diseños ya existentes. En la industria actual los programas de diseño 3D y sistemas PLM han supuesto un importante avance, agilizando la transferencia de información entre departamentos y la gestión de la misma. Estos sistemas han hecho que las tareas de diseño sean cada vez más eficientes, pero no por ello, dejan de ser exigentes en cuanto a recursos de personal y tiempo necesarios

Llevar a cabo procesos de ecodiseño en todos los diseños que se realizan a un departamento de ingeniería diariamente resultaría tedioso y en muchas ocasiones innecesario. Es necesario valorar en que diseños es interesante hacer este proceso y realmente aportará un valor añadido al resultado del proceso de diseño.

**Sostenibilidad:** Se ha remarcado en varias ocasiones a lo largo del presente trabajo y aquí se repite una vez más, la evolución que la civilización humana está siguiendo no es sostenible. Se están tomando medidas desde hace varias décadas para

revertir esta situación, pero aun así, todavía quedan países que no están concienciado y otros que pese a estarlo continúan con un crecimiento industrial desenfrenado debido al constante aumento de demanda de la población y crecimiento de la misma.

Desde el sector industrial, siendo uno de los principales causantes de este crecimiento insostenible, se debe tener conciencia de este problema y tomar las medidas necesarias. Por ello, creo que técnicas como el ecodiseño deben tener la importancia que se merecen en los procesos de diseño habituales en la industria. Por mi experiencia personal, creo que actualmente no ocupan el lugar que se merecen, y quizás la principal razón es que no se le dedican los recursos necesarios.

**Valor añadido:** Implementar en la industria este tipo de técnicas no solo ayudará a conseguir diseños más respetuosos con el medio ambiente, sino que también conseguiremos mejorar otros muchos aspectos de los diseños.

Gracias el ecodiseño lograremos alcanzar diseños más optimizados, reduciendo la cantidad de materias primas necesarias y la variedad de estas, con el correspondiente disminución en el coste del producto. Las herramientas de ecodiseño permiten desglosar el producto o servicio en sus funciones principales, ayudando a definir claramente cuáles son estas funciones y que tenemos que hacer para satisfacerlas. Esto nos ayudará a evitar errores e insatisfacciones del cliente por no cumplir con las exigencias acordadas.

Con todo esto vamos a definir qué herramientas creemos que son las más adecuadas para realizar tareas de ecodiseño sobre productos industriales de tipo metal-mecánico. Pero no solo se trata de decir que herramientas son adecuadas, también se establece una pequeña metodología o guía práctica de como usar estas herramientas en el día a día de un departamento de ingeniería en el que se realizan constates diseños y cambios en la ingeniería actual.

## 8.2 Herramientas más adecuadas

Las herramientas que se han considerado más adecuadas han sido:

- **Listas de comprobación (LC)**

Se trata de una herramienta sencilla y que no necesita de personal especializado para llevarse a cabo. Cualquier persona que esté realizando tareas de diseño dentro de la organización y quiera valorar si merece la pena realizar un ecodiseño o cuales son a grandes rasgos las carencias medioambientales de su diseño puede usar esta herramienta.

PUNTOS A FAVOR
Sencillez
Valoración rápida
Ahorro de tiempo
Evita tareas innecesarias
No necesita personal especializado

Tabla 15 - Puntos favorables LC

- **Valoración de estrategia ambiental del producto (VEA)**

Es una herramienta gráfica con una muy buena presentación visual. Es habituales que los diseños sean realizados por equipos multidisciplinares. Herramientas de este tipo ayudan a identificar claramente las características que debe tener el producto y servirá a los equipos de diseño a tomar decisiones sobre qué aspectos son mejorables.

PUNTOS A FAVOR
Detección de puntos de mejora
Muy gráfico y visual
Rapidez
Identificación de funcionalidades producto

Tabla 16 - Puntos favorables VEA

- **CAD con análisis medioambiental integrado**

Sin duda es la herramienta con más posibilidades y que mejor se adapta al trabajo diario de un equipo de diseño. Las aplicaciones informáticas de CAD y PLM han evolucionado mucho en los últimos años. Actualmente estas herramientas ofrecen infinidad de posibilidades y prácticamente todo el trabajo de diseño está volcado en

estas herramientas. Este tipo de herramientas de ecodiseño integradas en el entorno de diseño ofrecen la posibilidad de valorar que materiales son los más adecuados tanto por sus propiedades medioambientales como técnicas, además de incluir otros aspectos como el transporte o la fabricación.

Se trata de una herramienta muy potente, a disposición del propio diseñador e integrada en el mismo entorno de diseño.

PUNTOS A FAVOR
Integración con programas CAD y PLM
Herramienta ya conocida
Agilidad
Integración en el diseño

Tabla 17 - Puntos favorables CAD + AM

- **Análisis del ciclo de vida ACV/LCA**

Es la herramienta de ecodiseño más potente. En aquellos casos en los que sea necesario un análisis en profundidad y se disponga de los recursos necesarios (personal, tiempo...) para llevarlo a cabo, será la herramienta adecuada.

PUNTOS A FAVOR
Exactitud
Análisis en profundidad
Rigor

Tabla 18 - Puntos favorables ACV

### 8.3 Metodología para ecodiseño industrial

Puesto que la variedad de posibles diseños industriales es infinita, no todos necesitarán el mismo proceso de ecodiseño o el uso de las mismas herramientas. Además, pretender hacer un análisis medioambiental pormenorizado de todos los diseños que se realizan no sería viable. En este trabajo se aconseja el uso de las herramientas mencionadas en el apartado anterior, pero tan importante como saber que herramientas debemos usar, es saber cuándo debemos usarlas.

A continuación se desarrolla una metodología para ayudar al diseñador o equipo de diseño a decidir que herramientas usar y como usarlas, cuando queremos llevar a cabo un proceso de ecodiseño en algún producto o servicio.

Se trata de ir de menos a más. Siguiendo esta guía comenzaremos haciendo una valoración sencilla de los principales aspectos medioambientales que afectan al diseño, que nos ayudará a decidir si merece la pena seguir adelante con el proceso de ecodiseño o no. Como se habló anteriormente, los diseños que se realizan a diario son muchos y nos siempre será necesario realizar complicados análisis. La intención de esta metodología es que en todos los casos se realice una pequeña valoración que nos indique si merece la pena o no meternos en un análisis más pormenorizado.

Cuando no sea aconsejable seguir adelante, ahí terminará el proceso de ecodiseño y continuaremos con el proceso clásico de diseño. Mientras que en otras ocasiones detectaremos en este primer análisis que hay muchos puntos de mejora y que el diseño tiene la suficiente entidad para profundizar en los aspectos medioambientales y sostenibles del producto que estamos diseñando.

En cualquier caso, parece que una de las claves estará en delimitar que diseños merecen la pena ser tratados a través del ecodiseño y cuáles no. La metodología propuesta es la siguiente:

### **1. Valoración inicial**

Se trata probablemente del paso más importante, tomar la decisión de si el producto que estamos diseñado tenemos que analizarlo desde el punto de vista medioambiental, es decir, realizar un proceso de ecodiseño.

Para ello, se propone emplear la herramienta “Listas de comprobación (LC)”. Cada vez que se emprenda un nuevo diseño dentro del departamento, el diseñador deberá contestar a una serie de preguntas y cumplimentar un formulario en el que se valora de forma sencilla como de determinante es ese diseño medioambientalmente. Se propone el siguiente formulario, aunque dependiendo de las características de la empresa y los diseños que realice deberán adaptarse:

<b>VALORACIÓN INICIAL</b>	
<b>Producto:</b>	
<b>Diseñador:</b>	
<b>Revisión:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Nº de piezas:</b> <10 <input type="checkbox"/> 10> <50 <input type="checkbox"/> >50 <input type="checkbox"/>	<b>Material predominante:</b>
<b>Proceso de fabricación:</b>	<b>Fabricación propia</b> <input type="checkbox"/> <b>Acopio externo</b> <input type="checkbox"/>
<b>LISTA DE COMPROBACIÓN</b>	
✓ ¿Cuáles son las funciones principales y auxiliares del producto?	
✓ ¿Cumple el producto estas funciones eficaz y eficientemente?	
✓ ¿Qué problemas pueden surgir durante la producción y obtención de materiales y componentes?	
✓ ¿Qué problemas pueden surgir durante el proceso de producción dentro de su empresa?	
✓ ¿Qué tipo de envases y embalajes se utilizan (volumen, peso, materiales, reutilización)?	
✓ ¿Qué problemas pueden surgir durante la distribución del producto hacia el consumidor?	
✓ ¿Cuánta y qué tipo de energía se necesita, directa o indirectamente?	
✓ ¿Está el transporte organizado eficientemente?	

Tabla 19 - LC Valoración inicial

Aquí proponemos esta lista de comprobación a modo de tabla, aunque lo más eficiente y productivo sería integrar esta lista dentro del propio software de diseño. De



esta manera evitamos tener bases de datos paralelas y toda la información queda recogida en el mismo sistema.

Lo que se busca con esta lista de comprobación es obligar al diseñador a hacerse determinadas preguntas, que le harán ver en qué puntos el diseño son mejorables y si es necesario realizar un análisis más profundo.

## **2. Decisión**

Lo más adecuado no es dejar el peso de la decisión final sobre el propio diseñador. Puede que esta persona no tenga la visión global suficiente como para tomar la decisión de manera adecuada. Lo más correcto sería que todas estas listas de comprobación pasen por un equipo multidisciplinar, en el que se tome una decisión para cada diseño sobre qué camino tomar. En este equipo de decisión podría estar el propio diseñador, pero ya formando parte del equipo de trabajo.

Habrán casos en los que la decisión sea complicada, y no esté claro si es conveniente dedicar recursos a hacer un proceso de ecodiseño sobre un determinado producto o diseño. En estos casos el equipo de decisión podrá recurrir a herramientas como: “Valoración de estrategia ambiental del producto” (VEA). Esta herramienta servirá de ayuda al equipo y permitirá identificar mejor las funcionalidades exigidas al diseño.

Con estas herramientas y tras la discusión de todos los miembros del equipo, procedentes de diferentes departamentos y por lo tanto con diferentes puntos de vista, se deberá tomar la decisión de si es necesario avanzar en el proceso de ecodiseño o no.

## **3. Ecodiseño**

En los casos en que la decisión tomada sea la de continuar el proceso y avanzar en el ecodiseño del producto, se ha seleccionado la herramienta: “CAD con análisis medioambiental integrado” para su realización.

El potencial de este tipo de herramientas es enorme y permite al diseñador o equipo de diseño trabajar siempre en el mismo entorno. Además toda la información queda volcada en el sistema. Por ejemplo, a lo hora de realizar nuevos diseños partiendo de alguno ya existente, un caso muy frecuente en este tipo de industrias, ya tendremos

asociado a muchos de estos componentes información medioambiental, de análisis realizado anteriormente.

En el apartado “11 ANEXO” se muestra un ejemplo de cómo se trabaja con este tipo de aplicaciones.

#### **4. Análisis en profundidad (ACV)**

Puede haber casos, como productos de gran complejidad o con unas exigencias medioambientales muy severas, es que nuestro software integrado no sea lo suficientemente potente como para alcanzar el nivel de detalle necesario o exigido. En estos casos acudiremos a la que es quizá la herramienta más potente, el “Análisis del ciclo de vida (ACV)”. Con esta herramienta analizaremos pormenorizadamente los recursos consumidos y desechos producidos a lo largo de todo el ciclo de vida del producto, lo que se conoce como “De la cuna a la cuna”.

Para realizar este tipo de análisis existen potentes herramientas informáticas, como el software OpenLCA. Aunque quizá, lo más eficiente sería que nuestro software de CAD con análisis medioambiental integrado nos permitiese hacer un análisis de este tipo. Actualmente no todos estos tipos de software permiten hacer este análisis o no la hacen con la suficiente rigurosidad.

Esta metodología se resume de manera gráfica en el siguiente árbol de decisión:

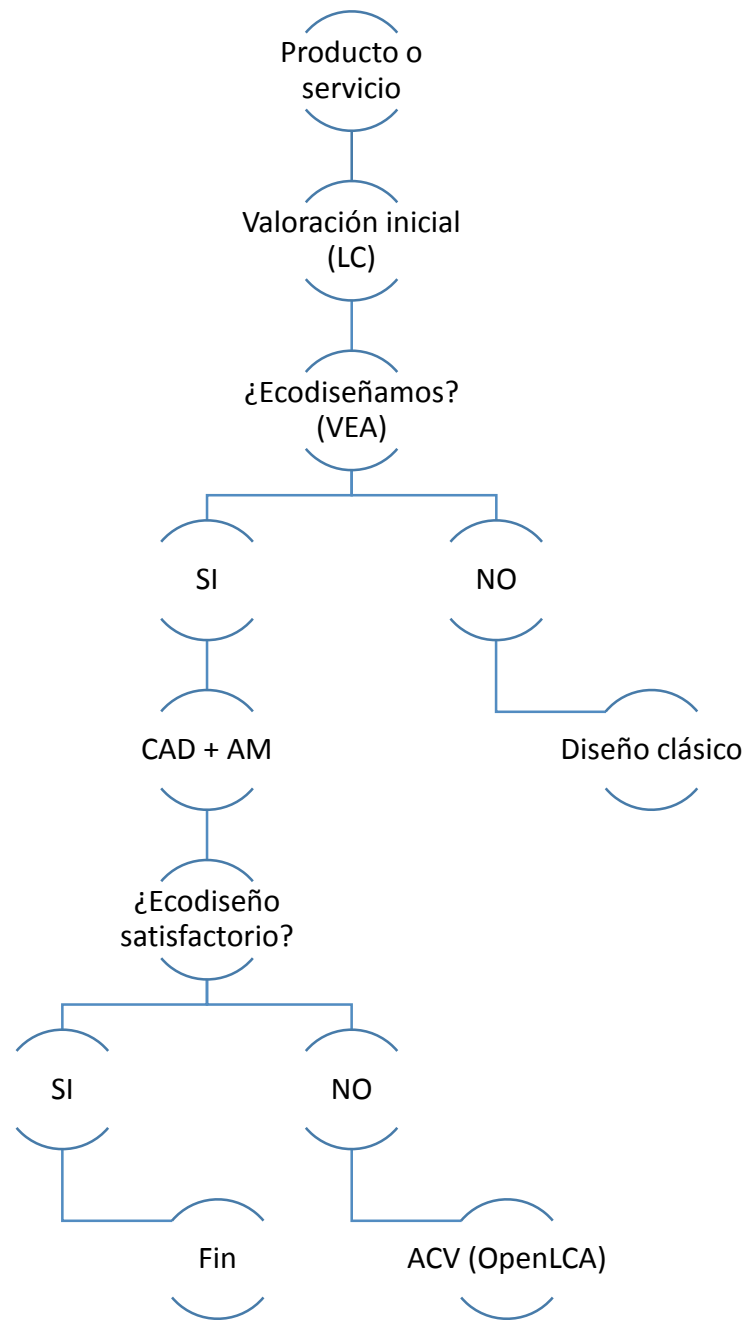


Tabla 20 - Árbol de decisión "Metodología para ecodiseño industrial"

## 9 Conclusiones

Para que sirva como resumen de todo el trabajo realizado y de las conclusiones alcanzadas, vamos a realizar un breve recorrido por todo el contenido del mismo.

El objetivo de este trabajo era seleccionar aquellas herramientas de ecodiseño que resulten más adecuadas para diseños industriales de tipo metal-mecánico. Este sector y los diseños que en él se hacen tienen o pueden tener un gran impacto medioambiental en prácticamente todas las etapas de su ciclo de vida (Obtención de materias primas, fabricación, transporte, uso y desmantelamiento). Por este motivo parece interesante aplicar criterios de ecodiseño a estos diseños y saber que técnicas o herramientas nos darán un mejor resultado.

Para alcanzar este objetivo, el trabajo fue desarrollando de la siguiente manera. En una primera parte se definieron y delimitaron todos los ámbitos de conocimiento que de alguna manera intervienen en el trabajo: Ecodiseño, diseño industrial, ingeniería sostenible, etc. Una vez que estos conceptos están claros, se analizaron aquellas herramientas y metodologías de ecodiseño que a juicio del autor son las más importantes y utilizadas actualmente. Por último, para conseguir una idea más general y esquemática, las herramientas y metodologías fueron clasificadas en base a los aspectos que mejor las definen. En base a esta clasificación, el análisis detallado de cada herramienta y los conocimientos y experiencia del autor sobre diseño industrial se seleccionaron las herramientas más adecuadas para el caso que nos ocupa.

A modo de conclusión, podemos decir que no existe una herramienta de ecodiseño ideal y que se ajuste perfectamente a las características de los diseños industriales de tipo metal-mecánico. Precisamente porque este tipo de diseños pueden ser muy variados, existen varias herramientas que son adecuadas para realizar ecodiseños de este tipo.

Lo más importante será determinar lo que esperamos y se espera del diseño que estamos realizando, además del impacto que este tiene en el medio ambiente. Definir esto no es una tarea fácil, y para ello podemos recurrir a algunas herramientas de

ecodiseño (herramientas ágiles y sencillas). Una vez que tenemos esto claro sabremos con más certeza que herramienta debemos usar y como tenemos que usarla.

Por todo esto, queda claro que no solo es una cuestión de que herramientas son adecuadas, de igual importancia es establecer una metodología o guía práctica, particularizada para cada empresa y sector, que nos ayude a acudir a las herramientas de ecodiseño adecuadas en el momento adecuado. De este modo se evitará realizar trabajos innecesarios y malgastar esfuerzos.

## 10 Bibliografía

- (SETAC), S. o. (2015). Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC).
- Braungart, M., & McDonough, W. (2002). *Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things*.
- Brezet, H., & Hemel, C. v. (1997). Ecodesign, A promising approach to sustainable production and consumption. *UNEP*.
- Brones, F., Carvalho, M. M., & Zancu, E. d. (2014). Ecodesign in project management: a missing link for the integration of sustainability in product development? *Journal of Cleaner Production*.
- Cívicos, J. I. (2008). Ingeniería Verde: Doce principios para la sostenibilidad. *Ingeniería química*.
- Communities), O. (. (2007). *El medio ambiente en europa - cuarta evaluación*. EEA (European Environment Agency).
- EOI. (2015). [www.eoi.es/wiki](http://www.eoi.es/wiki). Obtenido de [www.eoi.es/wiki](http://www.eoi.es/wiki).
- Fiksel, J. (2011). Design for the Environment: A Guide to Sustainable Product Development.
- G., N., TC., R., SB., C., & MJ., C. R. (2005). ICED 05: 15th International Conference on Engineering Design: Engineering Design and the Global Economy. *Ecodesign Function and Form. Classification of Ecodesign Tools According to Their Functional Aspects.*, (pág. 3839). Melbourne.
- González, F. A., Álvarez, M. E., Ruiz, J. R., & Sánchez, V. M. (2011). *Ecodiseño. Ingeniería sostenible de la cuna a la cuna*. RC Libros.
- Graedel, T. (1997). Designing the Ideal Green Product: LCA/SLCA in Reverse. *International Journal of Life Cycle Assessment*.
- GRENOBLE, I. (2012). *State of the art of Eco-design tools applicability in different product design stages*. INP GRENOBLE.

- Gurauskienė, I., & Varžinskas, V. (2006). Eco-design methodology for electrical and electronic equipment industry. *Environmental research, engineering and management, 2006.No.3(37)*, 43-51.
- Hochschorner, E., & Finnveden, G. (2003). Evaluation of Two Simplified Life Cycle Assessment Methods. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 119-182.
- IHOBE, S. p. (2000). *Manual práctico de ecodiseño. Operativa de implantación en 7 pasos*. IHOBE, S.A.
- ISO. (2006). UNE-EN ISO 14040:2006. *Gestión ambiental. Análisis de ciclo de vida. Principios y marco de referencia*.
- ISO. (2007). UNE-ISO/TR 14062. *Gestión ambiental. Integración de los aspectos ambientales en el diseño y desarrollo de productos*. AENOR.
- ISO. (2011). ISO 14006:2011. *Sistemas de gestión ambiental. Directrices para la incorporación de Ecodiseño*. AENOR.
- ITENE, I. T. (2011). *guía de Ecodiseño del sistema envase/producto para el sector industrial y de distribución de la Comunidad de Madrid*. Cámara de Comercio de Madrid.
- Johansson, G. (2001). Environmental Performance Requirements in Product Development. *Doctoral Thesis, Linköping University, Department of Mechanical Engineering, Linköping*.
- Keoleian, G. A., & Menerey, D. (1993). Life Cycle Design Guidance Manual - Environmental requirements and the Product System. *National Pollution Prevention Centre - University of Michigan*.
- Koberg, J., & J., B. (1991). The universal traveler: A soft systems guide to creativity, problem-solving and the process of reaching goals.
- L., D., D., E., F., M., & G., M.-L. (2011). Synergico: a new «Design for Energy Efficiency» Method enhancing the Design of more environmentally friendly Electr(on)ic Equipments. *Glocalized Solutions for Sustainability in Manufacturing.*, 148-153.

- Lechón, Y., Cabal, H., Lago, C., Rúa, C. d., Sáez, R. M., & Fernández, M. (2005). *Análisis del ciclo de vida de combustibles alternativos para el transporte*. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente.
- Lee, K.-M., & Park, P.-J. (2006). *ECODESIGN Best Practice of ISO/TR 14062. Korea: Eco-product. Research Institute (ERI), Aju University*.
- Lenox, M., Jordan, B., & Ehrenfeld, J. (1996). Diffusion of design for environment: a survey of current. *IEEE Interantional Symposium on Electronics and the Environment*, 25-30.
- Lewis, H., & Gertsakis, J. (2001). *Design + Environment: A global guide to designing greener goods. UK: Greenleaf Publishing Limited*.
- M., F., & F., K. (2007). The Optimization of the Design Process for an Effective Use in Eco-Design. *Advances in Life Cycle Engineering for Sustainable Manufacturing Businesses*, 59-64.
- M., S., S., P., A., S., S., E., T., B., & T., M. (2000). Environmental priorities in strategic product development. *Business Strategy and the Environment*, 267-377.
- Manzano, L., Landin, A., López, R. d., & Basurto., D. d. (2012). ISO 14006. Un nuevo avance en la estandarización del proceso de ecodiseño.
- OCDE. (2005). *Manual de Oslo. Guía para la recogida e interpretación de datos sobre innovación*. OCDE y Eurostat.
- PMI. (2013). *PMBOK (Project Management Body of Knowledge)*.
- Pons, J. R. (2015). *Herramientas básicas Ecodiseño*.
- Poulikidou, S. (2012). *Literature review: Methods and tools for environmentally friendly product design and development. Identification of their relevance to the vehicle design context*. Stockholm.
- Poyner, J., & Simon, M. (1995). Integration of DFE Tools with Product Development. *The International Conference on Clean Electronics and Technology (CONCEPT)*. Edingburgh.
- Prodintec, F. (2015). *EcoDiseñas. Guía Metodológica*.



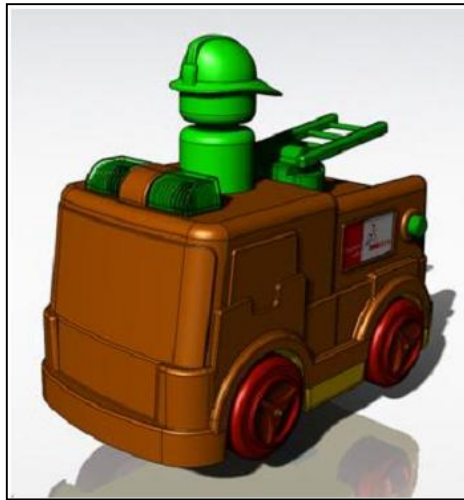
- Robichaud, L., & Anantatmula, V. (2011). Greening project management practices for sustainable construction.
- Sánchez, D., Gil, D., & Palacios, D. (2015). Importancia y estado actual del sector Metal-mecánico en la Comunidad Valenciana.
- Solidworks. (2015). [www.solidworks.es/sustainability](http://www.solidworks.es/sustainability). Obtenido de [www.solidworks.es/sustainability](http://www.solidworks.es/sustainability).
- tecnológico, A. I. (2007). *ECO Informe*.
- van Weenen, J. (1995). Towards sustainable product development. *Journal of Cleaner Production*, 95-100.
- Vasco, G. (2006). *Guía de evaluación de aspectos ambientales de producto*.
- Volvo. (2015). [www.volvogroup.com](http://www.volvogroup.com). Obtenido de [www.volvogroup.com](http://www.volvogroup.com).
- Weenen, J. V., Bakker, C., & Keijser, I. (1992). Ecodesign. An Exploration of the Environment in Product Design. *IDES, University of Amstendam*.
- Wikipedia. (2015). [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org). Obtenido de [es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org).
- Wrisberg, N., & Haes, H. A. (2002). Analytical Tools for Environmental Design and Management in a. *The Netherlands: Kluwer Academic publishers*.
- [www.meerp.eu](http://www.meerp.eu). (2015). Obtenido de [www.meerp.eu](http://www.meerp.eu).
- [www.prosa.org](http://www.prosa.org). (2015). Obtenido de [www.prosa.org](http://www.prosa.org).
- [yuentsunwing.wordpress.com](http://yuentsunwing.wordpress.com). (2015). Obtenido de [yuentsunwing.wordpress.com](http://yuentsunwing.wordpress.com).

## 11 ANEXO

Ejemplo de ecodiseño con software CAD con análisis  
medioambiental integrado

(Solidworks, 2015)

Este ejemplo muestra un proceso de rediseño, teniendo en cuenta aspectos medioambientales (ecodiseño), empleando un software CAD con análisis medioambiental integrado. En este caso: “Solidwoks Sustainability”.



*Ilustración 23 - Juguete de plástico*

Se trata del rediseño de un juguete de plástico fabricado en china y comercializado en EEUU. Este producto consta de varios componentes que forman un ensamblaje.

Este tipo de software CAD permite identificar cada elemento del ensamblaje, de tal manera que a cada elemento le corresponderá un código único, así como al propio ensamblaje. Todos estos códigos están vinculados a una base de datos donde queda registrada toda la información, que consideremos necesaria, de dicho elemento. Por lo tanto, parece claro que este tipo de sistemas nos permitirá almacenar toda la información medioambiental que generemos en el análisis y además saber claramente con que elemento está relacionada esa información.

Los pasos a seguir en un rediseño de este tipo son los siguientes:

**i. Revisión de piezas:**

Debemos asegurarnos que cada una de las piezas que forman el conjunto tiene correctamente definidos los parámetros que la definen, ya que estos son importantes para el rediseño medioambiental. Estos parámetros son: material, lugar de fabricación, proceso de fabricación...

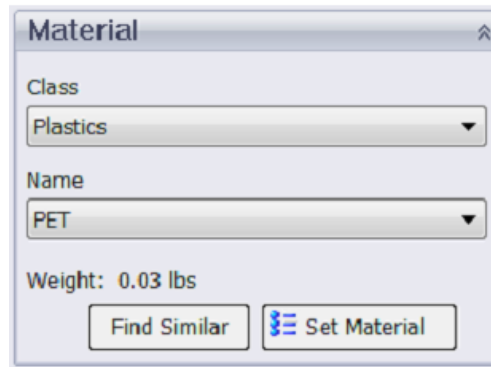


Ilustración 24 - Definición del material



Ilustración 25 - Definición del proceso de fabricación

## ii. Transporte y uso:

Debemos de seleccionar donde se fabrica y donde se ensambla el producto. Además de esto deberemos añadir un segundo grupo de transporte para cada una de las piezas que forman el ensamblaje, en aquellas piezas que sean suministradas por proveedores externos y tengan que ser transportadas.



Ilustración 26 - Transporte

**iii. Energía:**

Debemos especificar la cantidad de energía que utiliza el producto. Se especifica en términos del tipo de energía consumida durante la vida útil del producto —gasolina, diésel, electricidad, etc. En este caso, se supuso que la batería AA del juguete se recargaría en el suministro eléctrico diez veces. Una batería AA tiene una capacidad de 2500 miliamperios/hora (mAh) en tan solo un voltio, lo que equivaldría a unos 3 vatios/hora (Wh) por batería. Diez recargas de batería serían 30 Wh o 0,03 kWh durante la vida útil del juguete.

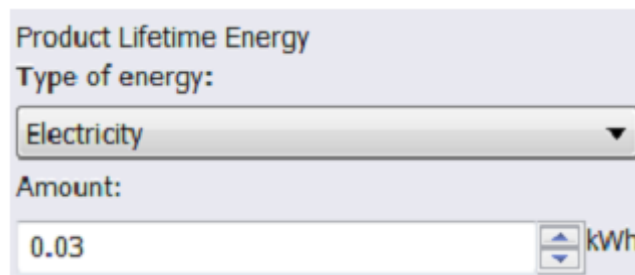


Ilustración 27 - Consumo energético

**iv. Análisis de resultados del modelo de partida:**

Tras especificar el modelo de partida (situación previa al rediseño) con los parámetros establecidos previamente, los resultados obtenidos son:

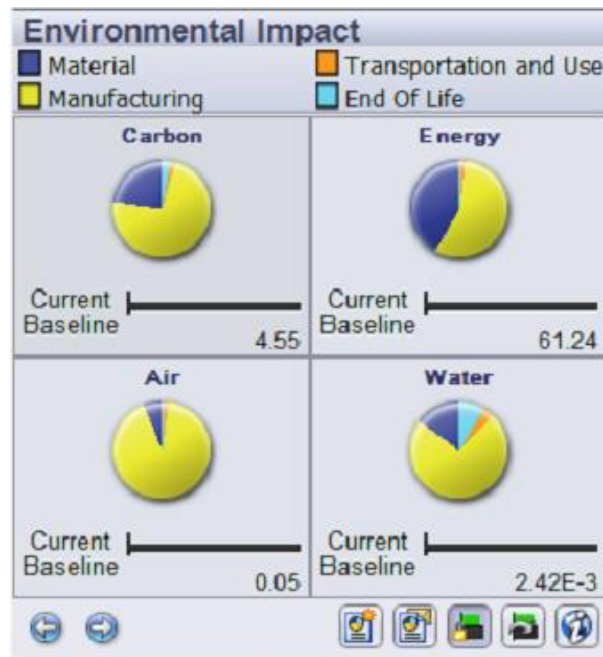


Ilustración 28 - Impacto medioambiental del producto

A la vista de los resultados parece que los materiales y el proceso de fabricación asociado con esos materiales constituyen la mayor parte de los impactos. Este juguete tiene piezas muy distintas y fabricadas en materiales diferentes. Ya que las propiedades de cada uno de estos componentes has sido definida anteriormente, el programa nos permitirá crear listas para visualizar el impacto medioambiental por componente. En este caso vemos una clasificación atendiendo al carbono total:



Ilustración 29 - Impacto según carbono total

De esta manera vemos que piezas tienen un mayor impacto en el modelo. Parece claro que las ruedas y el cubo son las piezas principales en las que debería centrarse el rediseño del juguete. De hecho, hay muchos materiales que tienen un impacto inferior al ABS y, por tanto, conseguiríamos reducir notablemente la huella. A través del trabajo conjunto con proveedores deberíamos analizar qué otros materiales hay disponibles en este rango y cuales realmente merecerá la pena, en lugar de centrarnos únicamente en el transporte y el consumo de energía.

No obstante, habrá otros casos en los que este análisis dé como resultado un mayor impacto ambiental en el transporte o el proceso de fabricación. Será en estos casos cuando tendremos que buscar fórmulas para reducir transportes y buscar un sistema productivo más eficiente.

**v. Búsqueda materiales alternativos:**

En este ámbito este tipo de software permite hacer una búsqueda de nuevos materiales o materiales similares. Además, podremos hacer búsquedas por unas determinadas propiedades mecánicas que necesitemos en nuestro diseño, como puede ser peso, resistencia, rigidez....

Seleccionamos las propiedades del material:

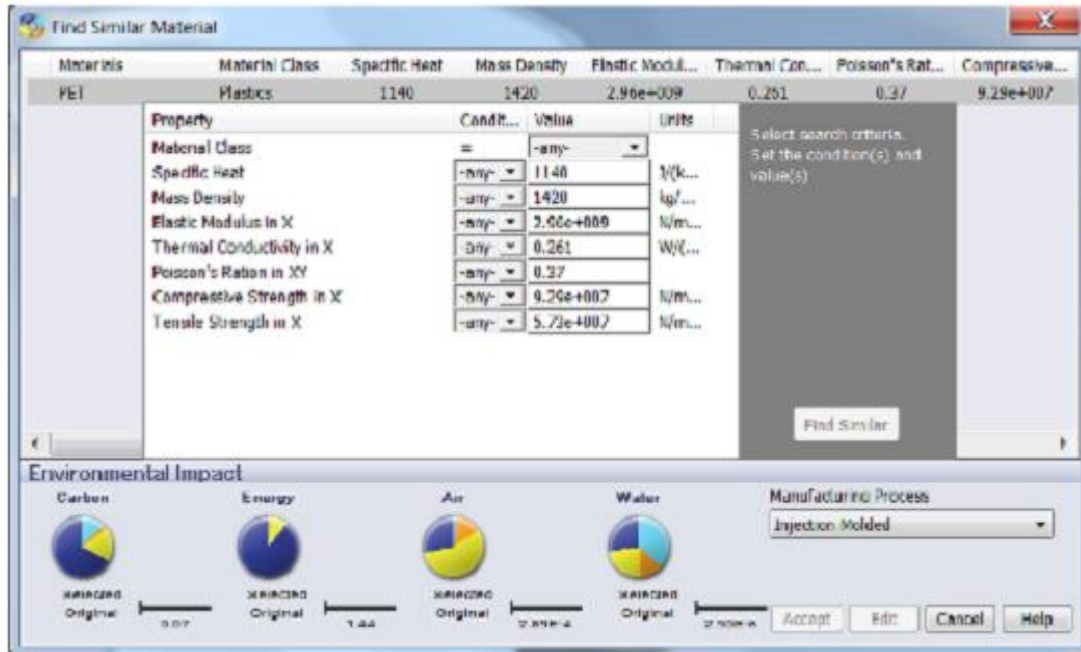


Ilustración 30 - Selección de propiedades

Lista de materiales sugeridos:



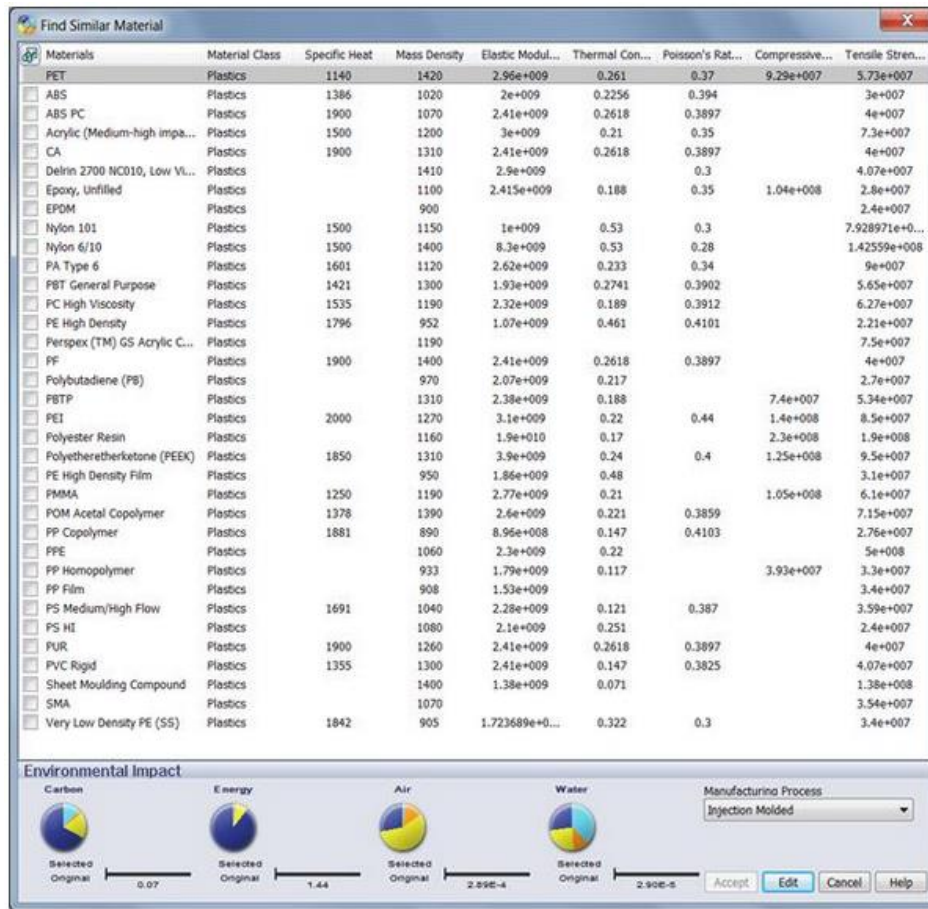


Ilustración 31 - Materiales sugeridos

De esta manera podremos seleccionar nuevos materiales que permitan reducir el impacto medioambiental.

**vi. Efectos de la fabricación:**

Además de comparar entre diferentes materiales este software nos permitirá comparar los efectos de la producción en diferentes partes del mundo y los impactos que estos tienen. Además tendrá en consideración el impacto medioambiental del transporte de las piezas fabricadas hasta su destino final.

**vii. Informe:**

Una vez concluido el proceso de evaluación medioambiental del producto y el proceso de rediseño, o aunque este aún no esté concluido, podremos generar informes con los resultados alcanzados, analizando por ejemplo el impacto de los componentes principales del diseño:

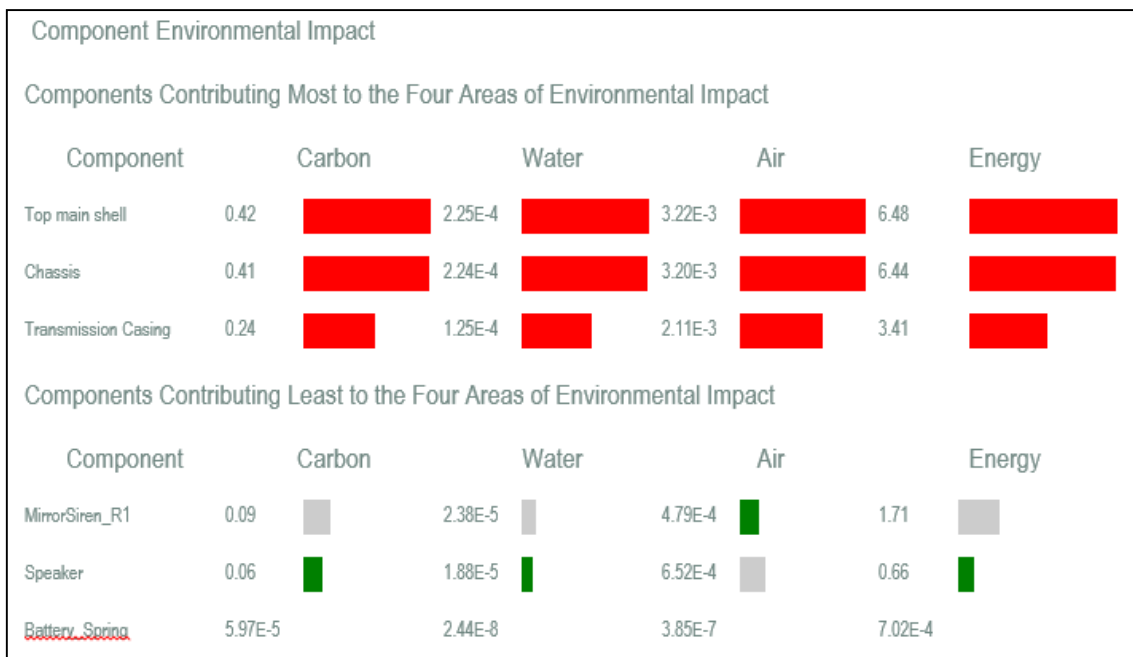


Ilustración 32 - Impacto por componente