

# Diagnosis ambiental y ecoetiquetas





# Diagnosis ambiental y ecoetiquetas



## Diagnosis ambiental y ecoetiquetas

---

### **Autores:**

#### **Dra. Alba Bala Gala**

Alba Bala Gala es Doctora en Ciencias Ambientales (UAB) e investigadora de la Cátedra UNESCO de Ciclo de Vida y Cambio Climático, siendo responsable de la línea de residuos desde 2006. Es miembro de las redes española y catalana de Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Tiene más de 15 años de experiencia en ACV, participando en más de 25 proyectos nacionales e internacionales sobre ACV, compra ambientalmente correcta y ecodiseño, principalmente en los sectores de envases, aparatos eléctricos y electrónicos, gestión de residuos y mobiliario urbano. Con anterioridad trabajó durante 3 años como investigadora en el Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental de la UAB.

Ha sido docente en materia de ecodiseño y análisis ambiental de productos entre los años 2002 y 2011, participando tanto en asignaturas de grado como en másters, en ELISAVA, ESDI y IUSC. Premio Diseño para el Reciclaje (2000) otorgado por la Agencia de Residuos de Catalunya, finalista del Premio Europa Innova (2008) otorgado por la Comisión Europea y Premio Medio Ambiente (2008) otorgado por la Generalitat de Catalunya.

#### **Dr. Pere Fullana i Palmer**

Pere Fullana i Palmer es Director de la Cátedra UNESCO de Ciclo de Vida y Cambio Climático, Doctor Ingeniero Industrial (URL) – Premio Caja Madrid, Ingeniero Industrial (UAB), Ingeniero Químico (IQS) – Premio al mejor Proyecto Final de Carrera 1988. Ex codirector del Posgrado en Gestión Ambiental de la Empresa (UPF), ahora es profesor del Máster en Gestión de Residuos (UPM) y coordinador de módulo en el Máster en Gestión Medioambiental (USJ) y miembro de su Comisión de Doctorado.

Mejor Contribución Científica (Congreso Mundial de Gestión de Ciclo de Vida, LCM, 2009); finalista del Premio Europa Innova 2008 y nominado al Premio Europeo de la Energía Sostenible 2013 (Comisión Europea); Premio Medio Ambiente 2008 y mención en el Premio de Excelencia Energética 2013 (Generalitat de Catalunya).

Publicado en 2016  
© Ecoembes



Ecoembes  
Paseo de la Castellana 83-85 planta 11  
Tel. 91 567 24 03  
[www.ecoembes.com](http://www.ecoembes.com)

**Diseño:** Aluminio Diseño Gráfico

# Índice

<b>1</b>	<b>Resumen Ejecutivo</b>	<b>Página 6</b>
<b>2</b>	<b>Herramientas de diagnosis ambiental</b>	<b>Página 7</b>
	2.1. Tipos de herramientas	
	2.2. Utilidad de las herramientas de diagnosis ambiental	
	2.3. Pasos de aplicación	
	2.4. Combinación con otras herramientas	
<b>3</b>	<b>Ecoetiquetas y comunicación ambiental</b>	<b>Página 10</b>
	3.1. Ecoetiquetas Tipo I según ISO 14024	
	3.2. Ecoetiquetas Tipo II según ISO 14021	
	3.3. Ecoetiquetas Tipo III según ISO 14024	
	3.4. Huellas de carbono	
<b>4</b>	<b>Enfoque de ciclo de vida</b>	<b>Página 15</b>
<b>5</b>	<b>Herramientas descriptivas</b>	<b>Página 16</b>
	5.1. Lista de comprobación (checklist)	
<b>6</b>	<b>Herramientas semicuantitativas</b>	<b>Página 18</b>
	6.1. Matriz MET-METR	
	6.2. Diagrama de tela de araña o valoración de la estrategia ambiental	
<b>7</b>	<b>Herramientas cuantitativas</b>	<b>Página 21</b>
	7.1. El análisis MIPS	
	7.2. Demanda acumulada de energía	
	7.3. El Análisis del Ciclo de Vida	
	7.4. La Huella del Carbono	
	7.5. La Huella Hídrica	
<b>8</b>	<b>Software de diagnosis ambiental</b>	<b>Página 32</b>
<b>9</b>	<b>Casos prácticos</b>	<b>Página 35</b>
<b>10</b>	<b>Bibliografía</b>	<b>Página 39</b>
<b>11</b>	<b>Glosario</b>	<b>Página 42</b>

# 1

## Resumen Ejecutivo

El objetivo de este manual es el de ofrecer ayuda con información de base y orientación, fundamentalmente a aquellas empresas que ponen productos envasados en el mercado, sobre herramientas de diagnosis ambiental que puedan ser utilizadas a lo largo de la cadena de valor de los productos.

A partir de la información obtenida con estas herramientas de diagnosis, puede realizarse una adecuada comunicación ambiental, utilizando distintos tipos de formatos o ecoetiquetas. No debe obviarse que, aunque el cambio ambiental se produce en los procesos de decisión mediante la aportación de información estructurada, la decisión será más o menos correcta en función de la bondad de la diagnosis ambiental, siendo esta diagnosis la parte más importante de todo el proceso y la que se va a explicar en mayor medida en este documento.

Las herramientas de diagnosis ambiental pueden ser utilizadas con diferentes objetivos a lo largo del proceso de Ecodiseño. Pueden utilizarse para realizar una diagnosis ambiental preliminar del producto de referencia para poder focalizar las estrategias de rediseño en aquellos aspectos que tengan más impacto ambiental. También pueden utilizarse para realizar prospecciones de estrategias de diseño, tanto en el caso de rediseños como de diseños de productos sobre los cuales no exista un referente anterior en el mercado; para evaluar aspectos como la selección de un material u otro para su fabricación; la eliminación de algunas partes del producto; diferentes alternativas de producción; mejoras en la reciclabilidad del producto; etc. Una vez creado el nuevo producto, este puede también compararse con otras alternativas de mercado mediante el uso de estas herramientas de diagnosis ambiental.

Además de para Ecodiseñar productos, este tipo de herramientas también pueden utilizarse para mejorar la comunicación del producto. Los productos Ecodiseñados pueden acceder a los mercados públicos o privados de compra verde gracias a su menor impacto ambiental en relación con el estándar del mercado. Por otro lado, conociendo el impacto ambiental de un producto, se tiene la capacidad de desarrollar herramientas de etiquetaje que mejoren no solamente el aspecto ambiental del sistema, sino la visibilidad del mismo dentro del mercado. La sociedad actual, gracias al aumento de la conciencia sobre la problemática ambiental, requiere de las herramientas y del conocimiento adecuado para detectar cuáles son los productos que han tenido en cuenta en su diseño el aspecto ambiental.

La elección de una u otra herramienta dependerá del objetivo de su uso (si se trata de identificar puntos ambientales críticos del producto, hacer prospectiva, comunicación ambiental...) así como de los recursos y del tiempo disponible. En este manual, se detallan las herramientas más comunes, destacando sus aspectos positivos y negativos, así como su metodología de aplicación.

Los conocimientos incluidos en este manual han sido extraídos de la experiencia en Ecodiseño de los autores e investigadores de la Cátedra UNESCO de Ciclo de Vida y Cambio Climático de ESCI-UPF.

# 2

## Herramientas de diagnóstico ambiental

Entendemos como herramientas de diagnóstico ambiental aquellas metodologías que nos permiten identificar los aspectos ambientales (consumo de energía, emisiones de CO<sub>2</sub>, uso/emisión de sustancias químicas tóxicas...) que son relevantes a lo largo del ciclo de vida de los productos, desde su concepción hasta su fabricación, puesta en el mercado y tratamiento de residuos.

### 2.1 Tipos de herramientas

Existen numerosas herramientas de diagnóstico ambiental de producto. La selección de una u otra herramienta dependerá de las características de la empresa y de sus recursos humanos y económicos, de la información ambiental disponible y del margen de actuación que se permita sobre el diseño, así como del objetivo con qué se aplique el análisis.

En función de la herramienta de diagnóstico ambiental aplicada, se obtendrán resultados más o menos detallados o complejos, de tipo cuantitativo o cualitativo. Básicamente, podemos distinguir tres tipos de herramientas:

- **Descriptivas:** como las listas de comprobación (o check-lists en inglés).
- **Semi-cuantitativas:** como la matriz MET (materiales, energía, emisiones tóxicas), la matriz METR (materiales, energía, emisiones tóxicas, residuos) o el diagrama de la tela de araña o VEA (Valoración de la Estrategia Ambiental del Producto).
- **Cuantitativas:** como la Huella de Carbono o la Huella Hídrica, el análisis MIPS (material de entrada por unidad de servicio), la demanda acumulada de energía (DAE) y el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), que además de ser cuantitativo es multicriterial.

Tabla 1. Herramientas más comunes dependiendo de la fase del proceso de Ecodiseño

FASES DEL PROCESO DE ECODISEÑO	HERRAMIENTAS MÁS COMUNES
1. Definición del problema	
2. Análisis de productos de referencia	ACV, DEA, MIPS, Checklists, diagramas de araña, matrices de análisis (MET, METR...)
3. Generación de ideas	Checklists (estrategias de Ecodiseño...), nuevos materiales, diagramas de araña
4. Selección de soluciones aplicables	Checklists (estrategias de Ecodiseño, diseño para el reciclaje...), listados de sustancias tóxicas y peligrosas...
5. Desarrollo del producto, proyecto técnico, prototipos y producción	ACV, DAE, MIPS, Checklists, diagramas de araña, matrices de análisis (MET, METR, Coste-Beneficio, Ecoeficiencia...)
6. Introducción en el mercado	ACV, diagramas de araña, Ecoetiquetas
7. Evaluación de resultados	Checklists, diagramas de araña

## 2.2

### Utilidad de las herramientas de diagnosis ambiental

Las herramientas de diagnosis ambiental pueden utilizarse para diferentes fines. Pueden ayudarnos a:

- Identificar los puntos fuertes y débiles del producto de referencia en relación al medio ambiente.
- Comparar y seleccionar alternativas de diseño como, por ejemplo, distintos productos, materiales, formas, etc.
- Analizar diferentes procesos productivos o de gestión de residuos para buscar posibles opciones de mejora.
- Obtener información ambiental para la obtención de Ecoetiquetas.

En general, si la empresa opta por realizar el proceso de forma autónoma, es conveniente utilizar herramientas simples, que no requieran de especialistas y que, además, fomenten el uso de conceptos de Ecodiseño y el trabajo interdisciplinar. En este sentido, tanto las herramientas estratégicas, como son el diagrama de la tela de araña, como las interrogativas listas de comprobación, son las más adecuadas para iniciar un proceso de Ecodiseño en empresas no familiarizadas con el tema.

Posteriormente, si al avanzar en el proceso de Ecodiseño aumentan las necesidades de diagnosis ambiental, las herramientas más adecuadas para perfeccionar este análisis son las matrices de análisis (tipo MET ó METR).

Sólo cuando la empresa ya tiene cierta experiencia en Ecodiseño, o bien cuenta con la colaboración de expertos externos a la empresa (por ejemplo, empresas consultoras o universidades), resulta interesante plantearse el uso de herramientas más complejas como el ACV.

Es importante realizar el análisis de los impactos considerando el ciclo de vida completo del producto, e incluyendo todos los elementos que forman parte de su sistema, para evitar que las actuaciones de mejora ambiental sean parciales y se limiten a transferir los impactos ambientales de unas etapas del ciclo de vida a otras. Como resultado de su aplicación deberían identificarse y/o cuantificarse los aspectos ambientales clave relacionados con el ciclo

de vida del producto y/o los impactos ambientales derivados.

## 2.3

### Pasos de aplicación

Los pasos para la correcta aplicación de una herramienta de diagnosis ambiental requieren de un conocimiento del tipo de producto, la evaluación del sistema de producto y la detección de los aspectos ambientales para, finalmente, identificar cuáles son los impactos ambientales del producto. Algunas herramientas son más sencillas (MIPS, DEA y MET-METR por ejemplo), quedándose en los aspectos ambientales (paso 3) y otras son más complejas (como el ACV) puesto que obtienen resultados del total de impactos ambientales (paso 4).

**Figura 1. Esquema a seguir para la aplicación de una herramienta de diagnosis ambiental**

#### Paso 1. PRODUCTO FÍSICO

Descripción de los componentes físicos del producto

#### Paso 2. SISTEMA DEL PRODUCTO

Descripción del ciclo de vida del producto, desde “la cuna a la tumba” con el objetivo de identificar todos los elementos que permiten al producto desarrollar su función final y, una vez finalizada ésta, integrarse en el medio natural o volver al sistema productivo

#### Paso 3. ASPECTOS AMBIENTALES

Identificación y/o cuantificación de la relación entre el producto y el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, mediante:

- consumo de recursos (materiales, energía, agua)
- generación de residuos (al aire, agua o suelo)

#### Paso 4. IMPACTOS AMBIENTALES (en el ACV)

Identificación y/o cuantificación de los cambios producidos en el medio ambiente por cada uno de los aspectos ambientales que intervienen en el ciclo de vida del producto (por ejemplo, cambio climático, destrucción de la capa de ozono, etc.)

## 2.4

### Combinación con otras herramientas

Algunas de estas herramientas pueden combinarse con información económica o de mercado a la hora de identificar las medidas de Ecodiseño a aplicar por parte de la empresa. A veces es necesario disponer de información de costes, de inversión en la empresa, para aplicar las medidas, así como de la aceptación o no que una determinada medida tendrá por parte del consumidor para

poder seleccionar qué estrategias tienen una mayor eficiencia y pueden ser aplicadas con el menor esfuerzo posible y la máxima reducción del impacto ambiental. Para ello pueden utilizarse herramientas adicionales como el análisis coste-beneficio o la matriz de ecoeficiencia. Sin embargo, estas otras herramientas combinadas quedan fuera del alcance de este manual. Puede consultarse el manual de ecodiseño del proyecto Ecojoguina<sup>1</sup> (URL o versión digital también en bibliografía de este documento) para obtener una idea práctica de la aplicación de estas herramientas mixtas.

**Tabla 2. Matriz de valoración de la ecoeficiencia de las estrategias de diseño**

Estrategias propuestas	Viabilidad técnica (sí/no)	Valoración			Puntuación ponderada	Prioridad
		FE=	FA=	FS=		
		Viabilidad económica (0-3)	Relevancia ambiental (0-3)	Aceptación social (0-3)		
Reducción del 10% en peso						
Uso de pilas recargables						
...						

Fuente: Ecojoguina. Fullana et al. 2008.

1. Guía Ecojoguina: [www.arc.cat/es/publicacions/pdf/ccr/guia\\_ecojoguina.pdf](http://www.arc.cat/es/publicacions/pdf/ccr/guia_ecojoguina.pdf)

# 3

## Ecoetiquetas y comunicación ambiental

La información obtenida de alguna de las herramientas de diagnóstico ambiental, y en mayor medida de las de tipo cuantitativo, puede utilizarse como material de comunicación ambiental para el desarrollo de Ecoetiquetas, dentro de una política integrada de producto (Fullana et al. 2003).

Desde hace decenios la Comisión Europea ha legislado toda una serie de sistemas de información de producto que han ido desarrollándose de manera que sean de obligado cumplimiento. Algunos ejemplos primigenios fueron: consumo de energía y otros recursos para electrodomésticos (92/75/EEC), símbolos de peligrosidad de sustancias químicas (79/831/EEC), consumo y emisiones en automóviles (1999/94/EC); riesgos en los productos de tabaco (92/41/EEC); y otras que exigen mayor información cuantitativa, como baterías y acumuladores (91/157/EEC)

o pesticidas (91/414/EEC). También en el ámbito alimentario se encuentran multitud de exigencias de información al consumidor aunque, por definición en la normativa, los productos alimentarios y los farmacéuticos han seguido caminos diferentes al resto para su comunicación ambiental.

Sin embargo, son los mensajes de ámbito voluntario los que no paran de crecer, requiriendo un cierto control para evitar confundir al consumidor, sino engañarlo, con la información que en ellos aparece. La organización internacional de normalización ISO describe en su serie 14020 una clasificación de las etiquetas ecológicas voluntarias (ver Figura 2). Para encontrar casos específicos, el mayor directorio de ecoetiquetas tal vez sea el Ecolabel Index ([www.ecolabelindex.com](http://www.ecolabelindex.com)).

Figura 2: Tipos de Ecoetiquetas y requisitos

		ECOETIQUETAS TIPO I	AUTODECLARACIONES TIPO II	DECLARACIONES AMBIENTALES TIPO III
Características	La empresa necesita realizar un ACV	No	No	Sí
	Verificación por una 3ª parte independiente	Requerida	No requerida	No requerida, pero incrementa la credibilidad
	La ecoetiqueta comunica...	Beneficio ambiental	Mejora de un aspecto ambiental	Perfil ambiental (ciclo de vida)
	Norma ISO	ISO 14024	ISO 14021	ISO 14025
	Logotipos			
Útil para...	Comunicación con el consumidor final			
	Comunicación entre empresas			
	Compra verde			

### 3.1

## Ecoetiquetas Tipo I según ISO 14024

Este tipo de etiqueta ambiental indica que el producto que la contiene es preferible a otro que no disponga de ella. La bondad ambiental se basa en múltiples criterios ambientales analizados a lo largo del ciclo de vida del producto. La definición de los límites de los criterios ambientales se realiza en base a un estudio de mercado, de tal manera que una porción adecuada del mercado tenga acceso a la ecoetiqueta: ni muy pocos productos, ya que la ecoetiqueta no sería visible, ni demasiados, ya que entonces perdería valor. La idea es que periódicamente se vayan revisando los criterios y haciéndolos más estrictos para ir mejorando el mercado.

Los siguientes sistemas de ecoetiquetado pueden clasificarse como ecoetiquetas “tipo I” (cumpliendo con ISO 14024); se trata de los que principalmente se pueden encontrar en los mercados europeos (Tabla 3).

Las ecoetiquetas tipo I tienen las siguientes **características** (ISO 14024):

- Programa voluntario, multicriterio y desarrollado por una tercera parte.
- Indica que un producto es preferible para el medio ambiente en función de unas consideraciones basadas en su ciclo de vida.
- Criterios ambientales establecidos por categorías de productos.
- Cumplimiento por parte del solicitante de la legislación ambiental.
- Los criterios deben fijar unos límites alcanzables, teniendo en cuenta los impactos ambientales relativos, así como la capacidad para la medida y exactitud.
- Debe tenerse en cuenta la aptitud para el uso.
- Criterios ambientales y requisitos funcionales sometidos a revisión periódica y predefinida.
- Proceso de decisión transparente, con participación de las partes interesadas.

**Tabla 3. Principales Ecoetiquetas tipo I:**

	Ecoetiqueta de la UE (Europa)	<a href="http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/">http://ec.europa.eu/environment/ecolabel/</a>
	Ángel Azul (Alemania)	<a href="http://www.blauer-engel.de">www.blauer-engel.de</a>
	Cisne Nórdico (Escandinavia)	<a href="http://www.svanen.nu">www.svanen.nu</a>
	NF Environnement (Francia)	<a href="http://www.marque-nf.com">www.marque-nf.com</a>
	AENOR Medio Ambiente (España)	<a href="http://www.aenor.es">www.aenor.es</a>
	DGQA (Cataluña)	<a href="http://dom.cat/ouq">http://dom.cat/ouq</a>

Las ecoetiquetas certificadas presentan las siguientes **ventajas**:

- Son creíbles, porque el programa lo rige una institución de prestigio, como un gobierno, y todas las partes interesadas están implicadas en su definición. Además, el uso de estas ecoetiquetas está certificado por terceras partes externas acreditadas.
- Son fiables y diferenciadoras, porque la certificación también asegura que la funcionalidad del producto es por lo menos tan buena como otros productos con más impacto ambiental.
- Son visibles, debido a su uso en el envase del producto, que simplifica la elección por parte del consumidor final. Además, los organismos de ecoetiquetado organizan campañas de promoción de los productos ecoetiquetados.

Sin embargo, una desventaja de este tipo de ecoetiquetas es que se debe pagar una cuota al organismo de ecoetiquetado para su uso.

## 3.2 Ecoetiquetas Tipo II según ISO 14021

Las ecoetiquetas tipo II son autodeclaraciones desarrolladas por los fabricantes, distribuidores, etc. para transmitir información sobre aspectos ambientales de sus productos o servicios.

No existe certificación por una tercera parte, pero la información ofrecida debe ser verificable, exacta y pertinente para mantener la credibilidad de los consumidores.

La principal ventaja de las autodeclaraciones de producto con respecto a otro tipo de ecoetiquetas es que normalmente son más baratas debido, principalmente, a que no se necesita certificación o validación.

Por otra parte, la falta de certificación y validación reduce su credibilidad en comparación con otros tipos de ecoetiquetas (Tipo I o III). Es recomendable seguir los procedimientos descritos en normas como ISO 14021 a la hora de definir las para incrementar así su credibilidad. En la norma aparecen 18 guías generales para los mensajes medioambientales.

Según ISO 14021, algunos de los criterios a aplicar son:

- No utilizar términos vagos, ni específicos o demasiado amplios.
- La información debe ser precisa, no engañosa, verificable, relevante para el producto en cuestión y debe quedar claro a qué se aplica (si a todo el producto, al embalaje, a un componente...).
- El criterio ambiental valorizado tiene que ser muy relevante respecto a la categoría de productos.
- Toma en cuenta del ciclo de vida del producto con el fin de evitar la transferencia de contaminación a otras etapas de la cadena de producción.

Además, informa de requisitos específicos para las menciones más utilizadas: compostable, contenido de reciclado, degradable, consumo de energía reducido, diseño “desmontable”, consumo de agua reducido, reutilizable y rellenable, reciclable, reducción de residuos...

## 3.3 Ecoetiquetas Tipo III según ISO 14024

Con este tipo de ecoetiquetas, muy utilizadas en el Business to Business, los proveedores ofrecen información cuantificada y verificada sobre el ciclo de vida de un producto o componente a sus clientes. La declaración ambiental de producto (DAP) o ecoetiqueta tipo III no es selectiva pero presenta las informaciones en un formato que facilita la comparación entre productos.

Según Gazulla (2012), “las DAP se diferencian del resto de sistemas voluntarios por los siguientes motivos:

- No comunican un mejor comportamiento ambiental del producto objeto de la declaración, sino que ofrecen información neutra relativa a su ciclo de vida y que ha sido calculada mediante la metodología del ACV, aplicada siguiendo unas determinadas reglas predefinidas y conocidas. Esta información puede ser utilizada, posteriormente, para comparar productos (en determinadas condiciones), desarrollar estudios de ACV de sistemas más complejos, etc.
- Van destinadas, en la mayoría de las ocasiones, a compradores profesionales (públicos o privados) y no a consumidores finales.

- Han sido desarrolladas, en general, por iniciativa privada. Aunque algunos programas de DAP cuentan con el impulso de alguna Administración Pública, ya sea en su creación o funcionamiento, en general se trata de iniciativas promovidas por el sector privado.”

Este tipo de ecoetiquetas no se utiliza en gran medida para envases, pero sí para los materiales de envase, ofreciendo diferentes perfiles ambientales para integrarlos en cada envase según la proporción de cada material usado.

### 3.4 Huellas de Carbono (HC)

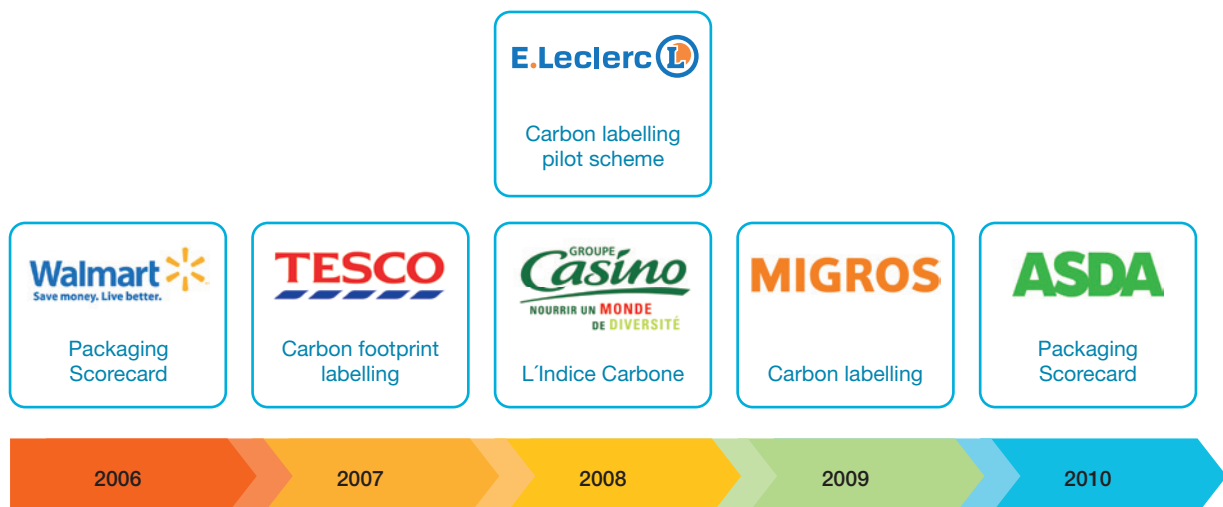
El cambio climático, provocado por la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y en especial del CO<sub>2</sub>, es una de las mayores preocupaciones de nuestro tiempo. Existen evidencias considerables de que la mayor parte del calentamiento global ha sido y está siendo causado por las actividades humanas. Actualmente, casi todas las actividades que se realizan (movilidad, alimentación, etc.) y bienes que se poseen y utilizan (bienes de consumo, hogar, etc.) implican consumir energía, lo cual implica unas emisiones a la atmósfera de GEI.

Bajo este prisma, la huella de carbono representa una medida para que las organizaciones contribuyan en mayor medida a ser entidades más socialmente responsables, además de ejercer una función más de concienciación para potenciar, entre los ciudadanos, prácticas más sostenibles.

La demanda de iniciativas para el cálculo de la huella de carbono en sus envases y productos está incrementando de forma exponencial. En este ámbito, la empresa Walmart con su ‘packaging scorecard’ destaca como pionera en el desarrollo de este tipo de iniciativas. Esta tendencia es especialmente influyente en diferentes países de Europa, Asia y Estados Unidos. Se puede visualizar en la Figura 3 la evolución de la huella de carbono en el sector de la distribución.

En Reino Unido la cadena Tesco ha llevado a cabo la aplicación de un etiquetado en carbono a determinados productos, donde indica el cálculo de la huella de carbono de forma numérica [Dobón, 2009]. En Francia, el Grupo Casino ha desarrollado un etiquetado gráfico de huella de carbono que muestra en colores el nivel de huella de carbono que alcanzan determinados productos envasados (Figura 4.) Los supermercados Leclerc (Francia) también incluyen información sobre huella de carbono en el línea de productos y el ticket de compra (ver Figura 5).

Figura 3. Evolución de la huella de carbono en el sector de la distribución



Fuente: Dobón, 2009.

Todo ello se traduce en nuevas exigencias por parte de sus proveedores, con una tendencia creciente a la demanda de productos que incluyan de forma visible el cálculo de huella de carbono. Dichas exigencias están generando presión en envasadores y fabricantes de envases respecto al cálculo de su huella de carbono, dado que la contribución del envase y embalaje a la huella de carbono es

importante, con un porcentaje que oscila entre el 2 y el 68% y una media en torno al 30%, aunque estos valores dependen del tipo de envase y producto contenido. De esta manera, algunos envasadores ya están desarrollando proyectos piloto como es el caso en Reino Unido de Coca-Cola, Walkers e Innocent.

Figura 4. Ejemplos de etiquetado de huella de carbono en productos



Fuente: Dobón, 2009.

Figura 5. Ejemplo de huella de carbono de Supermercados Leclerc (Francia)



## 4

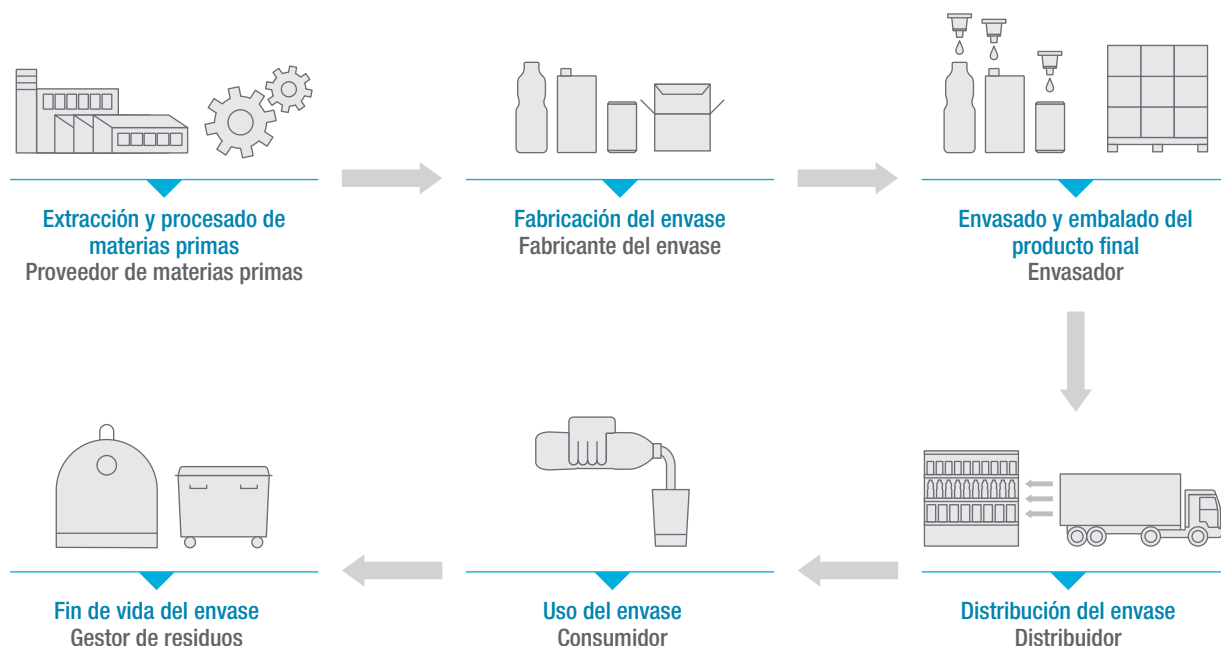
## Enfoque del ciclo de vida

La relación entre el envase y el medio ambiente no se limita únicamente al momento en que es producido, utilizado o cuando se ha convertido en un residuo, sino que se extiende aguas arriba y aguas abajo abarcando todo su ciclo de vida de vida.

Desde el momento en que son extraídas las materias primas con las que será fabricado hasta que su residuo es gestionado, el envase pasa por diferentes etapas durante las cuales se produce un consumo de recursos (agua, energía, materiales) y/o una producción de residuos (al agua, al aire o al suelo). Todas estas entradas (inputs) y salidas (outputs) tienen una repercusión sobre el medio ambiente, generando lo que se denominan impactos ambientales. Según la ISO 14001, un impacto ambiental puede definirse como cualquier cambio en el medio ambiente, sea adverso o beneficioso, resultante en todo o en parte de las actividades de productos y servicios de una organización.

La mayoría de herramientas de análisis ambiental cuantitativas, sin embargo, no dan valores de impactos ambientales en términos de efectos o cambios sobre el medio, sino que evalúan aspectos ambientales que están relacionados con uno o más impactos ambientales. La DAE focaliza el análisis en un único aspecto ambiental, el consumo de energía, mientras que la MIPS lo hace en el consumo de materias primas. Otras herramientas un poco más complejas, como la Huella de Carbono o la Huella Hídrica, contabilizan diferentes aspectos como diferentes gases de efecto invernadero o diferentes tipos de agua (de red, de pozo, grises...) que influyen en las categorías de impacto de Calentamiento Global o Agotamiento de Recursos Hídricos. Estos aspectos se suman, según su importancia relativa, para dar un índice de impacto para dicha categoría. Finalmente, el ACV, la más completa de las herramientas, tiene en cuenta diferentes aspectos e impactos ambientales a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos.

Figura 6. Ciclo de los envases y embalajes



# 5

## Herramientas descriptivas

En el presente capítulo se realiza una descripción de las listas de comprobación, principales herramientas descriptivas aplicadas en el marco de los productos/envases. La información se ha estructurado de la siguiente forma: descripción, información incluida en la herramienta, estructura y cálculo de la herramienta, ventajas e inconvenientes.

### 5.1

#### Lista de comprobación (checklist)

##### Descripción

Las listas de comprobación consisten en una serie de preguntas acerca del ciclo de vida del producto que ayudan a identificar cuáles son sus puntos fuertes y débiles desde el punto de vista ambiental. Normalmente la aplicación de estas preguntas es rápida y no es necesario tener experiencia previa.

##### Información incluida

Preguntas acerca del ciclo de vida del producto. Los resultados obtenidos son cualitativos.

##### Estructura y cálculo

Una de las listas más conocidas es la desarrollada por Brezet and van Hemel (ver Tabla 4). Su aplicación consiste en responder a las preguntas planteadas y hacer una valoración de estas respuestas.

##### Ventajas

- Simple.
- El departamento técnico las utiliza normalmente.
- Educa sobre conceptos de Ecodiseño.
- Puede adaptarse a cada sector.

##### Inconvenientes

- Sensación de suficiencia.
- Posibilidad de olvidar cuestiones importantes (sobre todo si no está adaptada al sector).
- Subjetividad.

Tabla 4. Ejemplo de Checklist

**EL CHECKLIST DEL ECODISEÑO por Hans Grezet y Caroline van Hemel (1997)****Análisis de necesidades.**

- ¿Cómo satisface verdaderamente las necesidades sociales el producto?
- ¿Cuáles son las funciones principales y auxiliares del producto?
- ¿El producto cumple estas funciones eficaz y eficientemente?
- ¿Qué necesidades del usuario cubre el producto actualmente?
- ¿Se pueden ampliar o mejorar las funciones del producto para satisfacer mejor las necesidades del usuario?
- ¿Se necesitará un cambio al cabo de un periodo de tiempo?

**Producción y Distribución de Materiales y Componentes**

- ¿Qué problemas pueden surgir en la producción y distribución de materiales y componentes?
- ¿Cuánto y qué tipos de plástico y goma se usan?
- ¿Cuánto y qué tipos de aditivos se usan?
- ¿Cuánto y qué tipos de metales se usan?
- ¿Cuánto y qué otros tipos de materiales (vidrio, cerámica, etc.) se usan?
- ¿Cuánto y qué tipo de tratamientos de superficie se usan?
- ¿Cuál es el perfil ambiental de los componentes?
- ¿Cuánta energía se requiere para el transporte de los componentes y los materiales?

**Producción en las propias instalaciones**

- ¿Qué problemas pueden surgir en el proceso de producción en su propia compañía?
- ¿Cuántos y qué tipos de procesos de producción se usan (incluyendo conexiones, tratamientos de superficie, impresión y etiquetaje)?
- ¿Cuánto y qué tipos de materiales auxiliares son necesarios?
- ¿Cuán alto es el consumo de energía?
- ¿Cuánto residuo se genera?
- ¿Cuántos productos no cumplen las normas de calidad requeridas?

**Distribución**

- ¿Qué problemas surgen en la distribución del producto al cliente?
- ¿Qué clase de embalaje de transporte, embalaje de bulto y embalaje de distribución se usan (volumen, peso, materiales, reutilización)?
- ¿Qué medios de transporte se usan?
- ¿El transporte está organizado eficientemente?

**Utilización**

- ¿Qué problemas surgen en el uso, operación, servicio y reparación del producto?
- ¿Cuánta y qué tipo de energía se requiere, directa o indirectamente?
- ¿Cuánto y qué tipos de consumibles se necesitan?
- ¿Cuál es la vida útil (durabilidad técnica)?
- ¿Cuánto mantenimiento y reparaciones se necesitan?
- ¿Cuánto y qué materiales auxiliares y energía se necesitan para operar, dar servicio y reparar?
- ¿El producto puede ser desmontado por un lego?
- ¿Aquellas partes que a menudo precisan reemplazo son desmontables?
- ¿Cuál es la vida útil del producto desde el punto de vista estético?

**Recuperación y gestión como residuo**

- ¿Qué problemas pueden surgir en la recuperación y gestión como residuo del producto?
- ¿Cómo se gestiona el producto actualmente?
- ¿Los componentes o materiales son reutilizados?
- ¿Qué componentes podrían ser reutilizados?
- ¿Se pueden desmontar los componentes sin causar daño?
- ¿Qué materiales son reciclables?
- ¿Los materiales son identificables?
- ¿Se pueden desmontar rápidamente?
- ¿Se usan algunos tintes, tratamientos de superficie o adhesivos incompatibles?
- ¿Hay algunos componentes tóxicos fácilmente desmontables?
- ¿Ocasiona problemas la incineración de las partes no reutilizables del producto?

# 6

## Herramientas semicuantitativas

En el presente capítulo se realiza una descripción de las principales herramientas semi-cuantitativas aplicadas en el marco de los productos/envases que pueden ser utilizadas en el proceso de toma de decisión. De igual forma que las herramientas descriptivas, cada herramienta se estructura de la misma manera: descripción, información incluida en la herramienta, estructura y cálculo de la herramienta, ventajas e inconvenientes.

### 6.1

#### Matriz MET-METR

##### Descripción

La matriz MET muestra los materiales (M) utilizados, la energía (E) consumida y las emisiones tóxicas (T) generadas durante las diferentes etapas del ciclo de vida de un producto indicado para las fases iniciales de diagnóstico ambiental en el proceso de Ecodiseño. Proporciona una imagen general de los principales impactos detectados en cada una de las fases del ciclo de vida del producto (descripción). Si se utilizan recursos gráficos (como banderas rojas) esta información puede además centrar al usuario de la matriz sobre las principales fuentes de impacto ambiental y los elementos que requieren atención (prospección) [Rieradevall et al., 2005].

##### Información incluida

La información incluida en la matriz debería ser cuantitativa (ejemplo: las cantidades de plástico asociado a un embalaje compuesto) siempre que sea posible o bien

cualitativa (ejemplo: utilización de materiales tóxicos o presentes en “listas negras” de sustancias) si no hay datos disponibles. El tiempo necesario para cumplimentar la matriz depende de la complejidad del producto analizado y de la disponibilidad de datos sobre su ciclo de vida. El modo en cómo se organizan los impactos ambientales en la matriz (consumo de recursos y emisión de contaminantes), debe evitar que los usuarios se pierdan en la compleja interpretación de los impactos ambientales [Brezet y Hemmel, 1997]. Por esta razón, los impactos se agrupan en áreas de efectos ambientales, como consumo de recursos, emisiones, materiales, energía, etc. [Rieradevall et al., 2005].

##### Estructura y cálculo

La estructura básica de la matriz MET se muestra en la tabla 5.

##### Ventajas

- Está al alcance de cualquier miembro del equipo.
- Permite localizar y cuantificar las etapas del producto donde se observan más impactos y, por tanto, donde a priori será necesario concentrar los esfuerzos y los estudios de mejora.

##### Inconvenientes

- No todos los aspectos ambientales están incluidos.
- No evalúa los impactos: requiere un poco de experiencia para dar prioridades.

Tabla 5. Estructura básica de la MET

	MATERIALES	ENERGÍA	EMISIONES TÓXICAS
<b>Obtención y consumo de materiales y componentes</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Todos los materiales, piezas y componentes necesarios para la fabricación del envase</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de energía necesario para la obtención de los materiales</li> <li>Energía consumida en la transformación de estos materiales hasta obtener el estado en el que son utilizados</li> <li>Consumo de energía en el transporte de los materiales comprados hasta la fábrica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos tóxicos generados en la obtención y transformación de los materiales</li> </ul>
<b>Producción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Materiales auxiliares</li> <li>Substancias auxiliares utilizadas en la producción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de energía en los procesos de fabricación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos tóxicos producidos en la fábrica</li> <li>Restos de materiales</li> </ul>
<b>Distribución</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Envases y embalajes</li> <li>Elementos auxiliares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de energía en el empaquetado</li> <li>Transporte desde la fábrica hasta los distribuidores finales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos de la combustión producidos durante el transporte</li> <li>Residuos de embalaje</li> </ul>
<b>Uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumibles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energía consumida por el producto durante su uso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos de los consumibles</li> </ul>
<b>Mantenimiento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Piezas de recambio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energía consumida durante el mantenimiento, reparación, limpieza...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos de las piezas de recambio</li> </ul>
<b>Gestión de residuos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consumo de materias primas y auxiliares para el tratamiento de los residuos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Energía utilizada en la gestión de los residuos</li> <li>Energía consumida durante el transporte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Residuos tóxicos que genera el envase</li> <li>Materiales vertidos</li> <li>Reciclaje de materiales</li> <li>Residuos de la combustión</li> </ul>

Fuente: IHOBE, 2000.

## 6.2

### Diagrama tela de araña o valoración de la estrategia ambiental (VEA)

#### Descripción

El diagrama de la tela de araña representa en distintos ejes que parten de un mismo punto central los principales aspectos ambientales relacionados con el ciclo de vida del producto. El producto recibe una puntuación sobre cada uno de estos grupos de estrategias para determinar el grado en qué está introduciendo mejoras ambientales. En general, se aprovecha el mismo diagrama para introducir la nueva propuesta de producto y ver así la evolución que se plantea con las nuevas estrategias. Se consigue así posicionar el producto actual y de proyecto de ecodiseño respecto a las estrategias de mejora ambiental [Rieradevall et al., 2005].

#### Información incluida

El usuario escoge los criterios a incluir. Se pueden utilizar listas de comprobación para su relleno o basarse en los resultados de una matriz de análisis (METR, MET...) o un ACV.

#### Estructura y cálculo

1. Definición y selección del número y tipo de criterios (impactos más destacados).
2. Determinación de las unidades de medida.
3. Puntuación del producto para cada criterio El producto recibe una puntuación sobre cada uno de estos grupos de estrategias para determinar el grado en qué está introduciendo mejoras ambientales.
4. Línea que une los diferentes puntos.

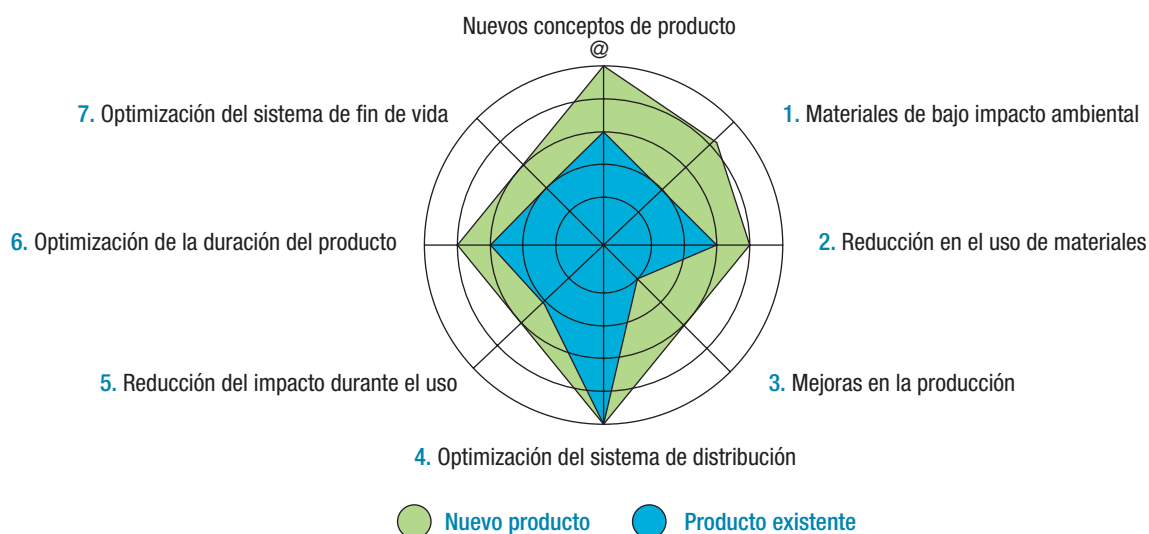
#### Ventajas

- Es simple y relativamente rápida de aplicar.
- Útil para hacer comparaciones y en presentaciones (comunicación).
- Educa sobre conceptos de Ecodiseño.

#### Inconvenientes

- Es muy subjetiva.
- No trabaja sobre los impactos: si el producto no se conoce bien, existe la posibilidad de olvidar aspectos clave.

Figura 7. Diagrama de tela de araña o VEA



Fuente: Rieradevall et al., 2005.

# 7

## Herramientas cuantitativas

En este capítulo se realiza una descripción de las principales herramientas cuantitativas aplicadas en el marco de los productos/envases que pueden ser utilizadas en el proceso de toma de decisión. La información de cada herramienta se estructura de la misma forma que en el caso de las herramientas anteriores: descripción, información incluida en la herramienta, estructura y cálculo de la herramienta, ventajas e inconvenientes.

### 7.1

#### El análisis MIPS

##### Descripción

El análisis MIPS consiste en la cuantificación de los recursos materiales utilizados por un producto para desarrollar su función a lo largo del ciclo de vida. Este indicador fue creado a principios de los 90 por el Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy (Alemania), para poner en relieve que los productos cargan con una “mochila ecológica” invisible correspondiente a sus efectos sobre el medio ambiente. Existen cálculos de la “mochila ecológica” de diferentes materiales<sup>2</sup>.

##### Información incluida

El valor MIPS indica la cantidad de recursos (materiales) que son extraídos de la naturaleza, modificando los flujos y ciclos materiales de ésta y, por tanto, las condiciones del medio ambiente. En el cálculo de MIPS se tienen en cuenta cinco categorías de recursos: materias primas abióticas (renovables), materias primas no abióticas (no renovables), movimientos de tierras en agricultura y silvicultura (incluyendo la erosión), agua y aire. Las cantidades de recursos extraídos son calculadas durante la fabricación, uso y reciclaje o vertido del producto.

##### Estructura y cálculo

Según el Wuppertal Institute, el proceso para calcular MIPS se estructura en las siguientes etapas [Rittthoff et al., 2002]:

- 1. Definición del objetivo, objeto y la unidad de servicio.** En esta etapa se debe especificar la función desarrollada o facilitada por el producto o servicio analizado.
- 2. Representación de la cadena de procesos.** A continuación se realiza un diagrama del ciclo de vida del producto o servicio analizado, incluyendo todos los procesos necesarios para su fabricación, uso y gestión de sus residuos que se incluyen en el análisis.
- 3. Recogida de datos.** Los datos necesarios para el análisis deben ser recogidos, calculados o estimados. Esto permitirá tener una idea general de las entradas y salidas de materias y energía que se generan durante la fabricación del producto o servicio analizado.
- 4. Input material “de la cuna al producto”.** En esta etapa se calcula la cantidad de recursos extraídos del medio para la fabricación del producto en las categorías de: materiales (bióticos, abióticos y movimientos de tierra), aire y agua. Para ello pueden utilizarse los factores MI ó MIT (Material Intensity) facilitados por el Wuppertal Institute<sup>3</sup>. Estos factores expresan la cantidad de recursos extraídos (en toneladas, kg, etc.) en la obtención de diferentes tipos de materiales, fuentes energéticas y sistemas de transporte. Las unidades en que se expresan los factores MIT son kg/kg en el caso de materiales, kg/MJ o kg/kWh para fuentes energéticas y kg/km para sistemas de transporte.

**MI = Cantidad de material en el producto x Intensidad de Material (MIT)**

2. MIPS online <http://wupperinst.org/en/projects/topics-online/mips/>

3. El Wuppertal Institute publica, actualiza y amplía periódicamente los índices MIT. Pueden consultarse en: [www.wupperinst.org](http://www.wupperinst.org)

**5. Input material “de la cuna a la tumba”.** El cálculo de la cantidad de recursos utilizados en el ciclo de vida del producto se amplía, en esta etapa, para incluir el uso y la gestión de sus residuos. Nuevamente se pueden utilizar los índices MIT publicados por el Wuppertal Institute para realizar estos cálculos.

**6. Cálculo de MIPS.** El indicador MIPS se calcula dividiendo la cantidad de Input Material asociada al ciclo de vida del producto por el número de unidades de servicio (p.ej. 100 utilizations para una camiseta; 500 ciclos de lavado para una lavadora; 30 m<sup>2</sup> de pared pintada para una pintura...). El valor de MIPS se debe calcular para cinco categorías de recursos: materiales abióticos, materiales bióticos, movimientos de tierras, agua y aire.

$$\text{MIPS} = \text{MI} / \text{S}$$

**MI: material input o input material.** Suma de las cantidades de recursos utilizados (kg o toneladas)

**S: servicio.** Unidad de servicio analizada.

**7. Interpretación de los resultados.** Finalmente, los resultados de MIPS deben ser interpretados y evaluados. Puede calcularse el indicador “Requerimiento Total de Materiales” (TMR Total Material Requirement) sumando todas las cantidades de MIPS de las diferentes categorías.

En algunos casos es suficiente calcular los valores de Input Material (MI) para, por ejemplo, comparar distintas alternativas de materiales.

## Ventajas

- Es simple. Esta herramienta fue desarrollada por el Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy, que periódicamente publica los Inputs Materiales de diferentes tipos de materiales, fuentes de energía y sistemas de transporte. El uso de estos datos simplifica la aplicación de MIPS, reduciendo significativamente el tiempo y datos necesarios.
- También podrá realizar una comparación simple de diferentes alternativas de diseño.

## Inconvenientes

- No considera otros aspectos ambientales asociados a las emisiones generadas durante el ciclo de vida del producto.
- No hay datos para todos los materiales y procesos.

## 7.2

### Demanda Acumulada de Energía (DAE)

#### Descripción

El Análisis de la Demanda Acumulada de Energía (DAE) consiste en la cuantificación de toda la energía consumida directa o indirectamente a lo largo del ciclo de vida del producto. Permite una comparación simplificada de diferentes alternativas de diseño (comparando otros estudios de ACV), mediante la consideración de la energía como único aspecto ambiental. Pero el impacto ambiental de un producto o servicio no puede ser estimado sólo en función de la demanda energética. Este método solo tiene sentido en combinación con otros métodos [Niembro et al., 2007].

#### Información incluida

Se incluye tanto la energía contenida en el material como la consumida en los distintos procesos que integran su ciclo de vida. Para cada etapa del ciclo de vida pueden calcularse diferentes consumos de energía dependiendo del alcance que se quiera dar al análisis.

- Consumo directo de energía durante la extracción y transporte de las materias primas, la fabricación, la distribución, la utilización y el tratamiento de los residuos del producto.
- Consumo de energía asociada a los materiales.
- Consumo indirecto de energía relacionado con las infraestructuras necesarias para utilizar el producto, como por ejemplo, la producción de electricidad, combustibles, maquinaria, camiones, etc.

#### Estructura y cálculo

Únicamente requiere la cuantificación de la energía consumida en el ciclo de vida sin distinguir la fuente energética utilizada. En general no se diferencia entre fuentes de

energía renovables y no renovables, pero sería interesante hacerlo.

A continuación se muestra un ejemplo para materiales plásticos (Tabla 6.)

### Ventajas

- Permite realizar una comparación simplificada de diferentes alternativas de diseño o productos, mediante la consideración de una medida común.

### Inconvenientes

- Dificultad de imputar los consumos indirectos asociados al producto.

- No considera otros aspectos ambientales no relacionados con la energía (producción de residuos, consumo de materiales...).

## 7.3 El Análisis de Ciclo de Vida (ACV)

### Descripción

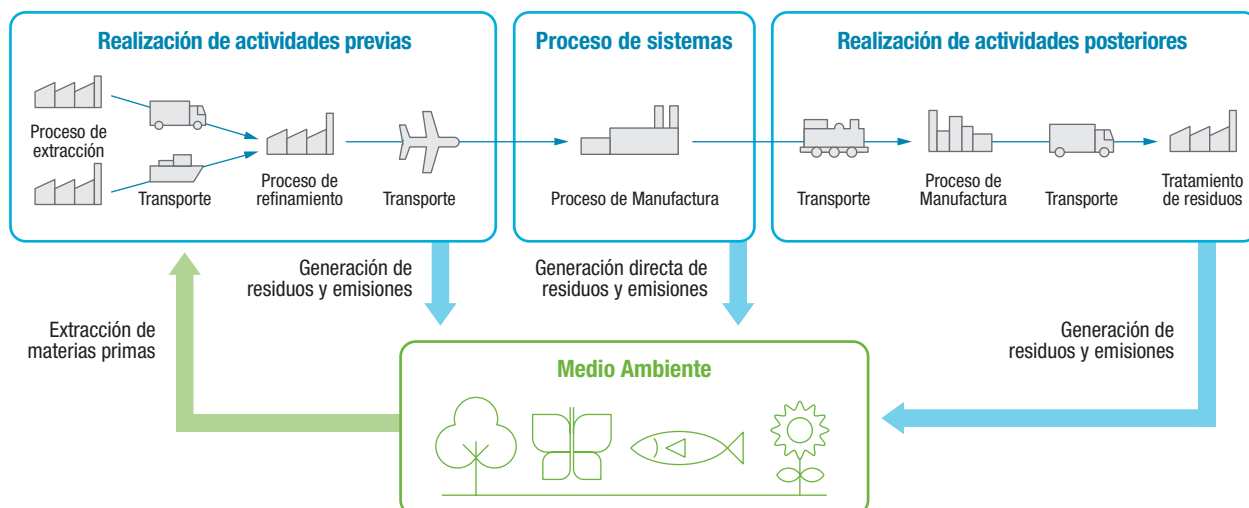
Según la Sociedad de Toxicología y Química Ambientales (SETAC<sup>4</sup>), el ACV representa una manera de analizar las cargas ambientales asociadas al ciclo de vida de un producto o servicio, desde la cuna hasta la tumba. La norma internacional ISO 14040:2006 define el ACV como “una técnica para determinar los aspectos ambientales y los impactos potenciales asociados a un producto: compilando un inventario

Tabla 6. Ejemplo de DAE para plásticos

Plásticos	Datos en MJ/kg		
	DAE suma	DAE no renovables	DAE renovables
<b>Poliétileno de alta densidad sin aditivos</b>	80,18	79,66	0,53
<b>Poliétileno de baja densidad sin aditivos</b>	72,63	72,37	0,27

Fuente: PE International, 2005.

Figura 8: Ejemplo de producto-sistema



Fuente: Palsson y Carlson, 1998.

de las entradas y salidas relevantes del sistema; evaluando los impactos potenciales asociados a estas entradas y salidas, e interpretando los resultados de las fases de inventario e impacto en relación a los objetivos del estudio”.

El ACV realiza el análisis teniendo en cuenta no sólo el producto, sino el “producto-sistema”; es decir, la suma del producto y de todo el conjunto de elementos que se relacionan con el mismo a lo largo de su ciclo de vida, permitiendo que llegue a desarrollar su función.

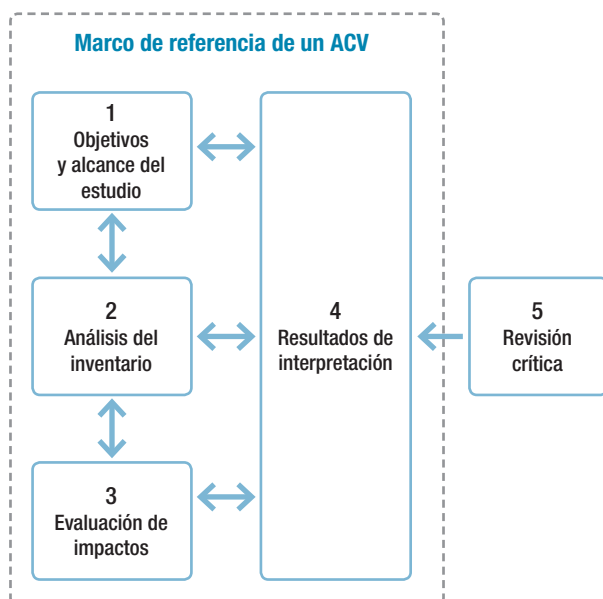
## Información incluida

Se incluye tanto el consumo de recursos (materiales y energía) como las emisiones al agua, al aire y al suelo en cada una de las etapas del ciclo de vida del producto-sistema analizado.

## Estructura y cálculo

Según esta norma ISO, la metodología del ACV se estructura en las siguientes fases:

Figura 9. Fases del ACV



Fuente: ISO 14040

**1. Definición de objetivos y alcance.** El propósito de esta primera fase del ACV es el de definir exactamente hasta qué nivel de detalle, cómo y porqué se va a desarrollar el estudio. Toda esta información debe detallarse de forma clara, concisa y totalmente transparente. Para esto último, se deben definir, entre otros:

- **La unidad funcional:** la unidad de referencia a la que se referirán todas las entradas y salidas del sistema.
- **Los límites del sistema:** qué componentes y procesos del producto-sistema se incluyen en el análisis y cuáles quedan fuera.
- **Las reglas de asignación de las cargas ambientales:** el sistema mediante el cual las cargas ambientales de cada uno de los procesos se reparten entre los distintos productos o funciones que este desarrolle.
- **Las categorías de impacto y la metodología de evaluación** que serán utilizadas.
- **La calidad de los datos:** cobertura temporal, geográfica o tecnológica de estos datos.
- **Las hipótesis consideradas:** estas pueden afectar sensiblemente a los resultados del análisis y por este motivo deben describirse claramente.

Los casos 9.1 y 9.2 de este documento profundizan en estos conceptos.

**2. Análisis de Inventario.** Esta fase consiste en realizar una recopilación de los datos referentes a los balances de materia y energía asociados al sistema estudiado. Deben recogerse los datos referentes a las entradas (consumos de materia y energía) y salidas (emisiones al aire, al agua y al suelo) de los diferentes procesos o subsistemas incluidos en el sistema analizado.

**3. Evaluación de Impactos.** Los resultados del inventario son analizados para identificar y caracterizar los efectos potenciales que el sistema analizado tiene sobre el medio ambiente. Esta evaluación se desarrolla en diferentes etapas en las cuales los resultados del inventario se van reduciendo en cantidad y complejidad, haciendo más fácil su interpretación. Sin embargo, cada una de estas etapas van disminuyendo la objetividad inicial de los resultados, pudiéndose llegar si se quiere a un único indicador que integra todos los impactos ambientales asociados al sistema.

### Etapas del proceso de evaluación de impactos:

■ **Clasificación:** los datos del inventario (entradas y salidas) se agrupan en diversas categorías en función del tipo de impacto ambiental al cual pueden contribuir. Hay categorías correspondientes al uso de recursos (uso del suelo, agotamiento de recursos abióticos, etc.) y otras correspondientes a emisiones, como las que aparecen en la Figura 10. Como se puede visualizar en esta figura, una sustancia puede contribuir a más de una categoría. Por ejemplo las emisiones de NO<sub>x</sub> contribuyen para acidificación, toxicidad y formación de oxidantes fotoquímicos.

■ **Caracterización:** dentro de cada categoría de impacto, los datos del inventario son agregados considerando el grado en que cada uno de ellos contribuye a aumentar el impacto ambiental correspondiente. Esto se realiza aplicando factores de caracterización que sean científicamente justificables y aceptados internacionalmente (Tabla 7).

Estos factores muestran la contribución relativa de un contaminante a una determinada categoría de impacto y en relación a un determinado compuesto al que se le da el valor de referencia "1" (por ejemplo, el CO<sub>2</sub> en el caso del cambio climático) como se puede ver en la Figura 11.

Figura 10. Esquema de la clasificación de impacto

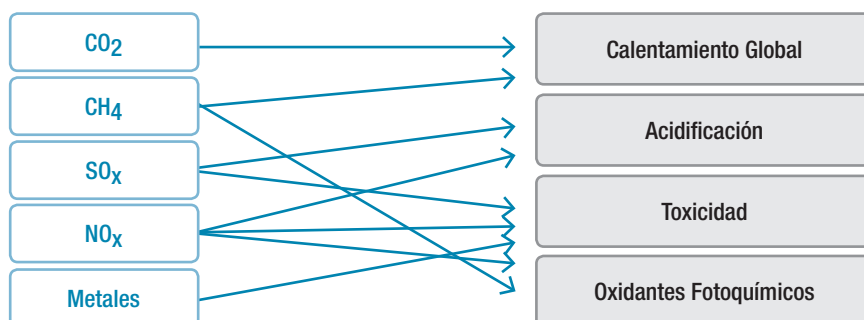
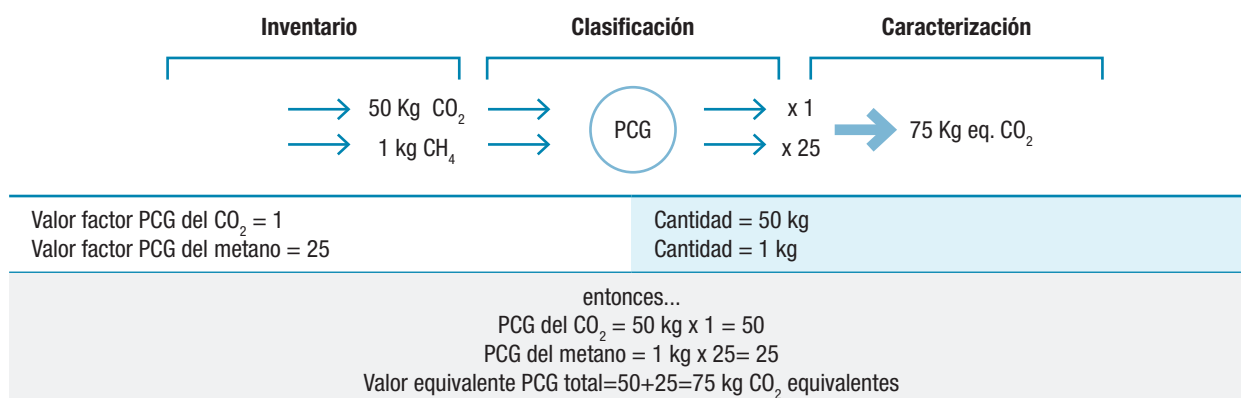


Tabla 7. Ejemplo de valores de caracterización para el Potencial de Calentamiento Global (horizonte temporal de 100 años)

	PCG (CO <sub>2</sub> -equivalente)
CO <sub>2</sub>	1
CH <sub>4</sub>	25
N <sub>2</sub> O	298

Fuente: IPCC, 2007 (selección de factores).

Figura 11. Inventario, clasificación y caracterización - Potencial de Calentamiento Global



Se puede observar que, a pesar de que la cantidad de metano es inferior a la de  $\text{CO}_2$ , su impacto sobre el PCG es mayor debido a que el metano tiene un factor de caracterización superior para esta categoría.

■ **Normalización:** para cada categoría de impacto los datos de la caracterización se dividen por valores reales o esperados en una determinada área geográfica y en un período temporal concreto (Tabla 8);

■ **Ponderación o valoración:** las diferentes categorías de impacto son ponderadas según su importancia relativa. Esta ponderación depende en buena parte de criterios sociales y económicos y, por tanto, puede variar de una región geopolítica a otra, en función de la importancia que se dé en cada lugar a los diferentes impactos ambientales. Por ejemplo, en Alemania la acidificación (lluvia ácida) es más importante que en España, donde la mayoría de suelos son calizos y neutralizan mejor el incremento de acidez. Por el contrario, en España es mucho más

importante la escasez de agua que en otros países donde no hay problemas de disponibilidad de este recurso (Figura 12). Se trata de una etapa opcional.

**4. Interpretación.** En la última etapa del ACV, se interpretan los resultados obtenidos tanto en el inventario como en la evaluación de impactos y se extraen las recomendaciones dirigidas a la reducción de los impactos ambientales ocasionados por el sistema analizado.

Se presenta a continuación un ejemplo de resultados de un ACV.

**5. Revisión crítica.** La revisión crítica es un elemento opcional y su objetivo es verificar la metodología, las hipótesis y los datos utilizados en el ACV. Esta verificación puede ser llevada a cabo por un experto que haya colaborado en el estudio (revisión interna) o bien por un experto no implicado en la elaboración del estudio. En el caso de que el objetivo del estudio sea el de hacer aseveraciones comparativas destinadas a ser divulgadas al público, la revisión crítica es un elemento obligatorio

Tabla 8. Ejemplo de normalización – Potencial de Calentamiento Global

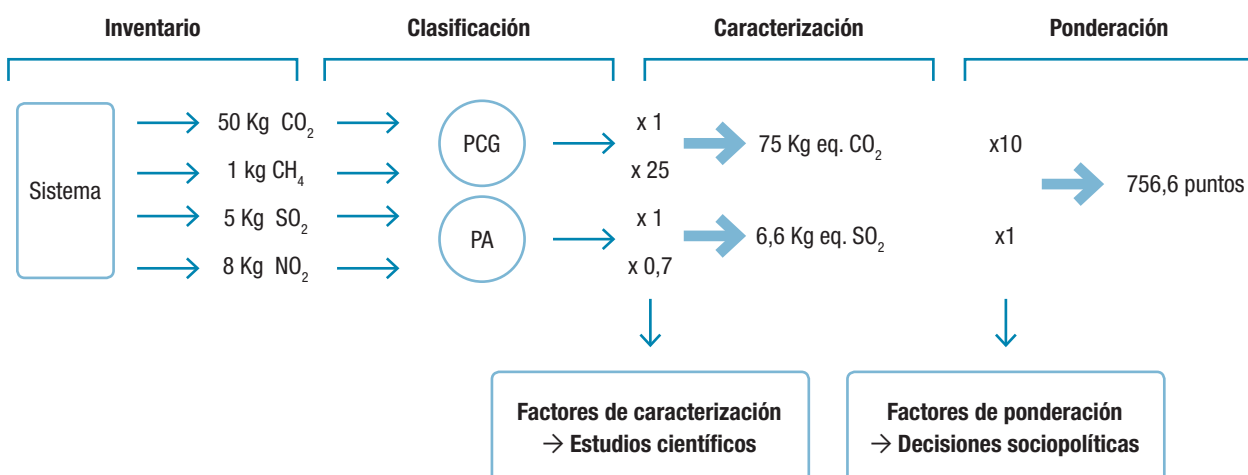
Factor de normalización de PCG = 4,72 E12 emisiones de  $\text{CO}_2$ -equivalentes de un ciudadano europeo medio en 2001.  
(según el Método de ponderación CML 2001)

Valor equivalente de PCG = 75 kg  $\text{CO}_2$ -equivalentes  
(calculados en la fase de caracterización)

entonces...

Valor de normalización de PCG =  $75/4,72 \text{ E12} = 1,588 \text{ E-11}$

Figura 12. Ejemplo de ponderación – Potencial de Calentamiento Global (GWP)



según la ISO 14.044. Los procesos de revisión crítica deben garantizar que:

- Los métodos utilizados para llevar a cabo el ACV son consistentes con las normas ISO 14.040 y 14.044.
- Los métodos utilizados para llevar a cabo el ACV son científica y técnicamente válidos.
- Los datos utilizados son apropiados y razonables en relación con el objetivo del estudio.
- Las interpretaciones reflejan las limitaciones identificadas y el objetivo del estudio.
- El informe del estudio es transparente y coherente.

## Ventajas

- Permite estimar los impactos ambientales producidos a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida de un producto o servicio, incluyendo a menudo aquellos impactos que no son considerados en los análisis más tradicionales (por ejemplo, la extracción de materias primas, el transporte de los materiales, el vertido del producto residual, etc.).
- Analiza diferentes impactos ambientales a la vez (ej. agotamiento de recursos, calentamiento global, eutrofización, etc.), ofreciendo una visión general más amplia del impacto ambiental del producto.
- Permite evitar el trasvase de impactos de unas fases del ciclo de vida a otras (ej. fabricación/gestión de residuos) o de unos compartimentos ambientales a otros (aire, agua o suelo),

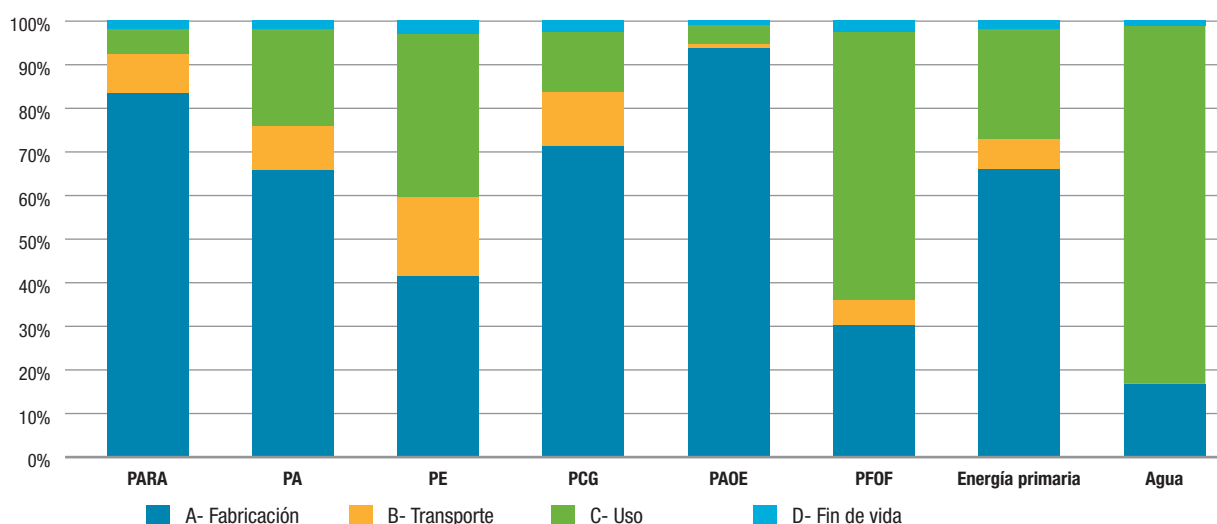
- Permite detectar los puntos de mejora del sistema (puntos negros).
- Está normalizado por la ISO 14040 y 14044.
- Está avalado por la UE: Política Integrada de Producto, Estrategia para la Producción y el Consumo Sostenible, Política Industrial Sostenible y European Platform on LCA (JRC-European Commission).

## Inconvenientes

- Dificultad de aplicar si no se tienen conocimientos avanzados.
- Más difícil de interpretar, especialmente en el caso de la comparación de productos cuando para algunas categorías de impacto una opción es mejor que la otra y para otras categorías al contrario.

En el caso concreto de la figura 13 puede observarse que la etapa de fabricación es la que más contribuye relativamente a todas las categorías de impacto ambiental excepto el PE, el PFOF (smog fotoquímico) y el consumo de agua. La etapa de fin de vida es la que menos contribución tiene en todos los casos. La etapa de uso contribuye de forma similar a la de fabricación para el PE y es la que más impacto tiene sobre el PFOF y sobre el consumo de agua.

Figura 13. ACV – Ejemplo de perfil ambiental



Legenda: **PARA**: Potencial de Agotamiento de Recursos Abióticos, **PA**: Potencial de Acidificación, **PE**: Potencial de Eutrofización, **PCG**: Potencial de Calentamiento Global, **PAOE**: Potencial de Agotamiento de Ozono Estratosférico, **PFOF**: Potencial de Formación de Ozono Fotoquímico.

## 7.4

### La Huella del Carbono

#### Descripción

La huella de carbono es un concepto relativamente nuevo existiendo múltiples definiciones y enfoques. La más general, según Carbon Trust<sup>5</sup>, la define como “la medida de la cantidad de emisiones totales de gases de efecto invernadero (GEI) producidas directa o indirectamente por personas, organizaciones, productos o eventos”.

#### Información incluida

El valor de Huella de Carbono indica la cantidad de CO<sub>2</sub> equivalente. En su cálculo se incluye no sólo el CO<sub>2</sub>, sino otros gases de efecto invernadero. Se consideran las emisiones que son emitidas tanto directamente o indirectamente por una actividad industrial, como aquellas que se acumulan a lo largo del ciclo de vida de un producto. Se mide en kg de CO<sub>2</sub> equivalentes (CO<sub>2</sub> eq.).

#### Estructura y cálculo

La gran mayoría de los métodos existentes para calcular la huella de carbono se basan en el concepto de ciclo de vida, siendo por tanto un buen punto de partida el uso de la

metodología de Análisis de Ciclo de Vida. Una de las categorías de impacto más importantes que se consideran en un ACV es el cambio climático (Potencial de Calentamiento Global), en el que, por lo general, se utilizan los factores de caracterización del IPCC<sup>6</sup> para transformar los diferentes flujos en CO<sub>2</sub> equivalente<sup>7</sup>. Por lo tanto, la huella de carbono se puede considerar como un ACV simplificado que incluye únicamente las emisiones asociadas al cambio climático obviando el resto de categorías de impacto y de indicadores. Tanto las normas de ACV ISO 14040 y 14044 como las diferentes bases de datos existentes de ACV, permiten desarrollar el cálculo de la huella de carbono de forma fiable y transparente [European Platform on LCA, 2007].

Existen dos tipos de contabilidad de Huella de Carbono:

- Huella de carbono a nivel corporativo (Corporate Carbon Footprint).
- Cálculo de Huella de Carbono a nivel de producto/proceso (Product Carbon Footprint).

A efectos de este manual, y para el ámbito del envase y embalaje, se desarrollará el caso de la huella de carbono de producto, teniendo en cuenta desde la fase de extracción de las materias primas utilizadas en el envase, hasta la fase de fin de vida del mismo en el cual se convierte en residuo.

**Tabla 9. Normas de referencia para el cálculo de huella de carbono de producto**

Referencia*	Organizaciones que la han desarrollado
PAS 2050: 2011	Carbon Trust British Standard Institute (BSI) Department for Environment Food & Rural Affairs (DEFRA)
ISO 14067:2013	Organización Internacional de Estandarización (ISO)
GHG Protocol Product Life Cycle Accounting and Reporting (WRI-WBCSD-Scope 4)	World Resources Institute (WRI) World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) (en colaboración con empresas y ONGs)

\*Todas las referencias están basados en la norma ISO 14044 de ACV

5. <http://www.carbontrust.co.uk>. Última consulta el 12/01/2016.

6. Intergovernmental Panel on Climate Change. <http://www.ipcc.ch/>

7. Dióxido de Carbono Equivalente - unidad usada para medir el efecto de calentamiento global de los gases de efecto invernadero.

### Metodología de cálculo o implantación (según PAS: 2050):

- **Paso 1:** Creación de un mapa de procesos.
- **Paso 2:** Comprobación de los límites y prioridades.
- **Paso 3:** Recolección de datos.
- **Paso 4:** Cálculo de la huella.
- **Paso 5:** Comprobación de la incertidumbre (opcional).

En general, el procedimiento de cálculo es muy similar al del ACV. Hay que inventariar todos los datos de utilización de recursos materiales y energéticos, transporte y generación de residuos y utilizar factores de emisión para convertirlos en una unidad común. Por ejemplo para un proceso de fabricación de un envase film, kg de CO<sub>2</sub> emitidos por kg de Polietileno de Baja Densidad (PEBD) utilizado en la extrusión, kg de CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> emitidos por KWh de electricidad consumido en la extrusión y kg de CO<sub>2</sub> emitidos por el camión al transportar un kg de granza de PEBD durante un km.

### Ventajas

- Ayuda a identificar la etapa del ciclo de vida del producto y/o envase que más impacto tiene sobre el calentamiento global.

- Existe normativa y guías metodológicas para su correcta aplicación.

### Inconvenientes

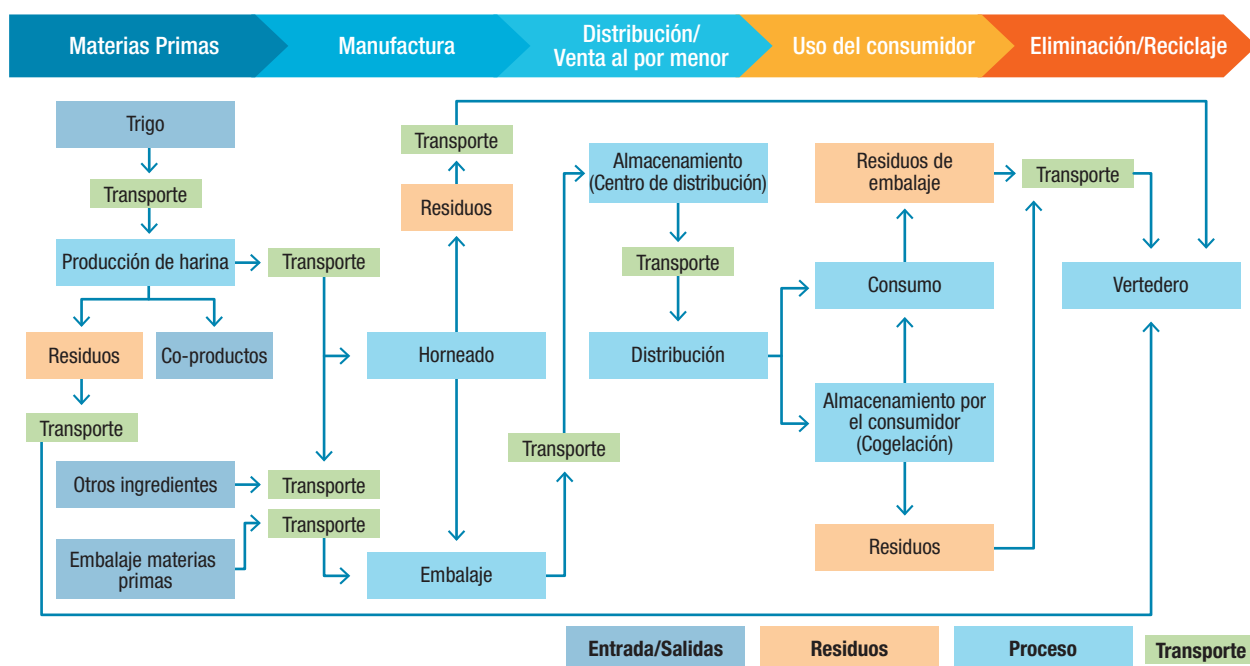
- No considera otros aspectos ambientales no relacionados con el calentamiento global.

## 7.5 La Huella Hídrica

### Descripción

La huella hídrica es un concepto todavía más reciente que la huella de carbono y pocas organizaciones lo han implementado. Fue introducido en 2002 por Arjen Hoekstra y Hung de UNESCO-IHE como un indicador alternativo del consumo de agua. Aunque en la norma ISO 14046 se incluyen más de 50 definiciones del término, lo que muestra la complejidad del proceso y la necesidad de llegar a un consenso [Ferrer y Viegas, 2014], según esta norma, se define como “la recopilación y evaluación de las entradas, salidas y potenciales impactos ambientales relacionados con el agua utilizada o afectados por un producto, proceso u organización”.

Figura 14. Pasos para el cálculo de Huella de Carbono de producto: Pan



## Información incluida

La huella hídrica es un indicador que incluye el consumo directo e indirecto de agua por parte de un consumidor o productor. Identifica tanto los volúmenes de consumo de agua como los volúmenes contaminados (degradación del agua). Incluye las dimensiones geográfica (donde se localiza el área de estudio) y temporal.

La huella hídrica incluye los siguientes tres tipos de agua (ver Figura 15).

- **Huella hídrica azul:** es el volumen de agua dulce consumida de los recursos hídricos del planeta (aguas superficiales y subterráneas).
- **Huella hídrica verde:** es el volumen de agua evaporada de los recursos hídricos del planeta (agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad).
- **Huella hídrica gris:** es el volumen de agua contaminada que se asocia con la producción de los bienes y servicios. Este último puede ser estimado como el volumen de agua que se requiere para diluir los contaminantes hasta el punto de que la calidad del agua se mantiene en o por encima de las normas acordadas de calidad del agua.

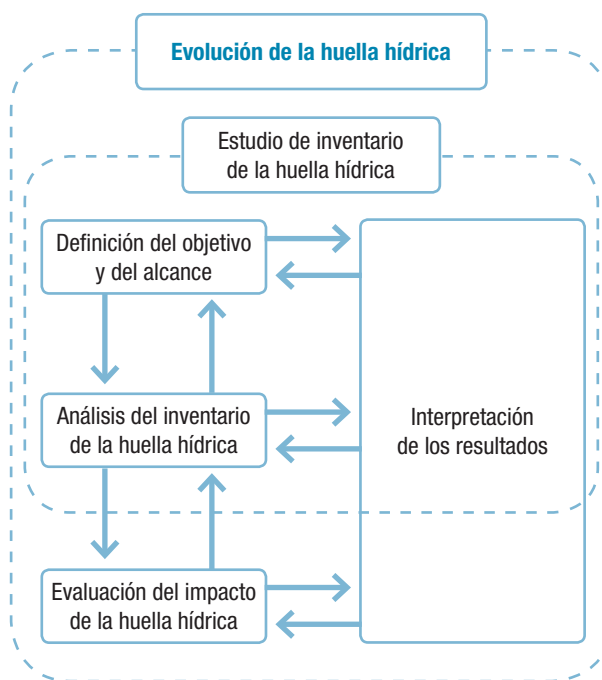
## Estructura y cálculo

El referente de cálculo más reciente para el cálculo de la Huella Hídrica es la ISO 14046: 2014. Según esta norma,

las fases para el cálculo de la huella hídrica (ver Figura 16) son las siguientes:

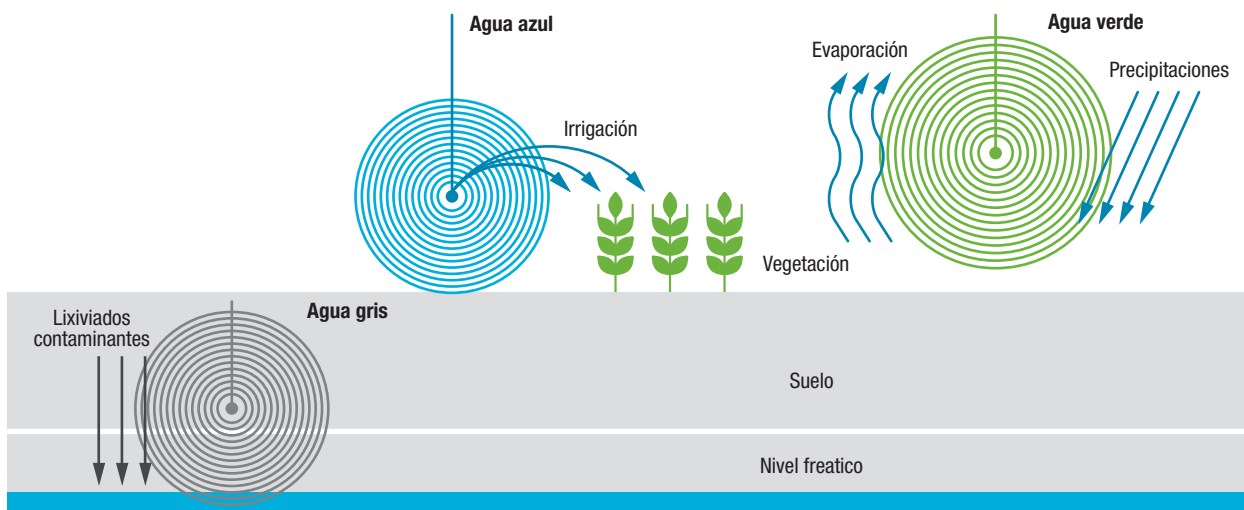
1. Definición de objetivos y alcance.
2. Análisis del inventario de la huella hídrica.
3. Evaluación del impacto de la huella hídrica.
4. Interpretación de los resultados.

Figura 16. Fases del análisis de la huella hídrica (tomada de ISO 2014)



Fuente: ISO 14046: 2014.

Figura 15. Tipos de agua incluidos en el cálculo de la huella hídrica



Fuente: Hoekstra, A., 2009.

Esta metodología se basa en la ISO de ACV 14040 y es muy similar en su concepto y cálculo a la realización de un ACV, pero centrado en el análisis del flujo de agua.

En la Figura 17 se muestra un ejemplo de huella de carbono desarrollado para la empresa Coca-Cola.

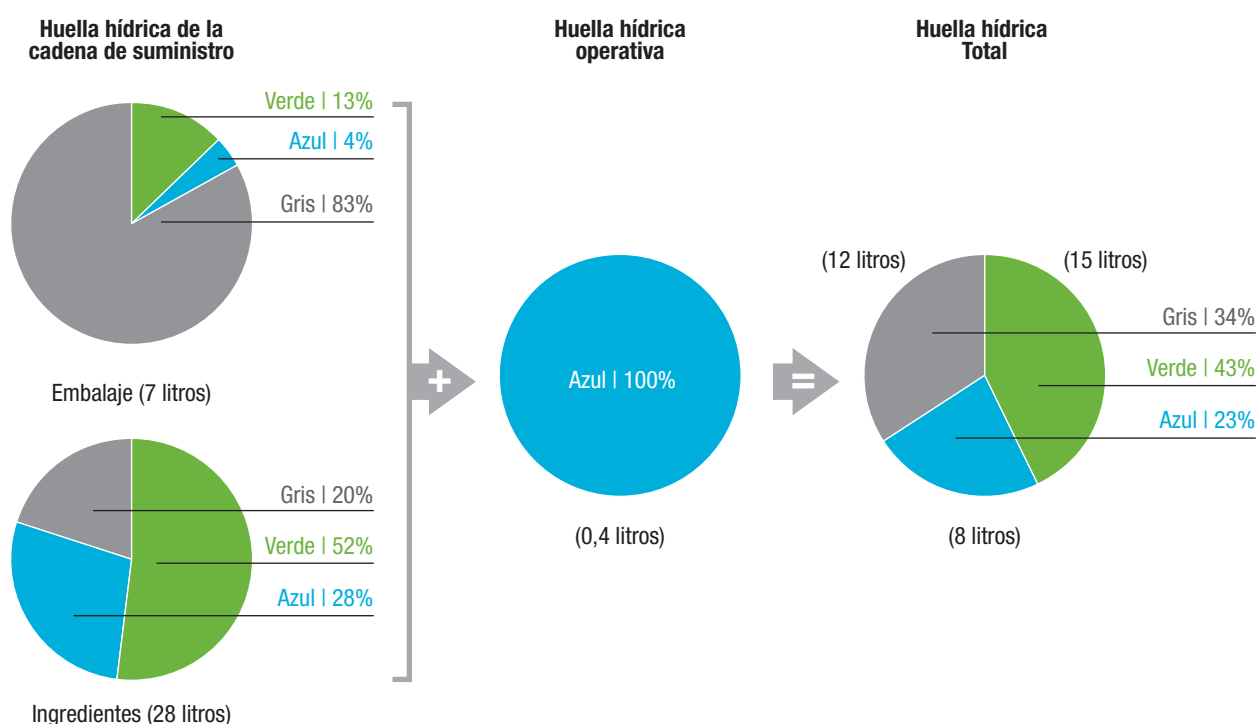
### Ventajas

- La huella hídrica ayuda a identificar la etapa del ciclo de vida de un producto en la cual se consume agua y el tipo de agua que se está consumiendo.
- Puede ayudar a una mayor eficiencia en la gestión del agua a nivel de productos, procesos y organizaciones.
- La ISO 14046 proporciona una guía para el cálculo y la comunicación de huella hídrica.

### Inconvenientes

- No considera otros aspectos ambientales no relacionados con el consumo y polución de agua.
- No proporciona información sobre cómo el agua consumida afecta positiva o negativamente a los recursos locales de agua y a los ecosistemas.
- Para la implementación de la norma ISO 14046 se requieren conocimientos hidrológicos.

Figura 17. Huella hídrica de 1,5 litros de Coca-Cola en Dogen, Países Bajos



Fuente: Coca-Cola, 2010.

# 8

## Software de diagnosis ambiental

Existen diferentes programas informáticos para la aplicación del ACV y el Ecodiseño en un producto o sistema. Es importante diferenciar entre los utilizados para el desarrollo estricto de un ACV (en el que la interpretación de los resultados de la evaluación de impacto facilitará al usuario la toma de decisiones) y los de Ecodiseño, en los cuales el resultado final no es una evaluación de impacto sino una batería de recomendaciones o posibles estrategias a

aplicar con el fin de ecodiseñar un determinado envase o embalaje.

### 8.1 Softwares de ACV

Los software más utilizados en el campo del ACV son GABI y GaBi lite, SIMAPRO, UMBERTO y TEAM.

#### GaBi



**Autor:** PE International (actualmente Thinkstep) y University of Stuttgart,

**Año:** desde 1992

**Descripción:** Herramienta para modelizar productos y sistemas desde una perspectiva de ciclo de vida. El usuario puede crear modelos de cualquier producto, balances de emisiones y cuantificar entradas y salidas de material y energía y agregar resultados.

Más información en la web:

<http://www.gabi-software.com/>

#### SIMAPRO



**Autor:** Pré Consultants

**Año:** desde 1990

**Descripción:** Software que ofrece una herramienta profesional para recopilar, analizar y monitorear el comportamiento ambiental de productos y servicios. Permite modelar y analizar todo el ciclo de vida de una manera sistemática y transparente de acuerdo con las recomendaciones de la ISO 14040.

Más información en la web:

[http://www.pre.nl/simapro/simapro\\_lca\\_software.htm](http://www.pre.nl/simapro/simapro_lca_software.htm)

#### UMBERTO



**Autor:** ifu Hamburg GmbH en cooperación con ifeu Instituto para la energía y el medio ambiente en Heidelberg GmbH.

**Año:** desde 1994

**Descripción:** es una herramienta flexible de ACV y ecobalance basado en redes de flujos de materiales para la gestión del ciclo de vida. Umberto ha sido utilizado como apoyo en muchos estudios de gestión del ciclo de vida. Los usuarios van desde industrias de producción (p.ej. automovilísticas, químicas, farmacéuticas, de semiconductores, alimenticias, de papel, etc.) hasta consultorías o instituciones de investigación.

Más información en la web:

<http://www.umberto.de/en/index.htm>

#### TEAM



**Autor:** Ecobilan - PricewaterhouseCoopers

**Año:** -

**Descripción:** Software de ACV creado por el grupo Ecobilan. Permite al usuario construir y utilizar una base de datos extensa para modelizar cualquier sistema representado las operaciones asociadas con productos, procesos y actividades.

Más información en la web:




<http://ecobilan.pwc.fr/en/boite-a-outils/team.jhtml>

## 8.2

## Softwares de Ecodiseño

Los principales softwares de Ecodiseño de productos aplicables a embalado y envasado son GaBi DfX, ECODESIGN STRATEGY WHEEL, IDEMAT, ECODESIGN PILOT, ECO-IT, GREEN-E, PIQET y PRODUCT ECOLOGY.

<b>GaBi DfX</b>	<p><b>Autor:</b> PE – International</p> <p><b>Año:</b> -</p> <p><b>Descripción:</b> Software profesional creado para el desarrollo de productos sostenibles con vistas a la fase final de la vida. Incluye consideraciones como las regulaciones Ecodiseño de productos, tales como las Directivas de la UE para al final de la vida útil, para los residuos de equipos eléctricos y electrónicos, los productos que utilizan energía o para la restricción de sustancias peligrosas.</p> <p>Más información en la web:  <a href="http://www.gabi-software.com/">http://www.gabi-software.com/</a></p>
 <b>GaBi Software</b> <small>PRODUCT SUSTAINABILITY</small>	
<b>ECODESIGN STRATEGY WHEEL</b>	<p><b>Autor:</b> The Centre for Sustainable Design</p> <p><b>Año:</b> -</p> <p><b>Descripción:</b> Este programa contiene una lista de comprobación (checklist) sobre Ecodiseño que ayuda a identificar las posibles mejoras ambientales a aplicar en el producto. Desarrollada por el centro de diseño sostenible (Reino Unido) y la Universidad de Tecnología de Delft (Países Bajos).</p> <p>Puede obtener más información y descargarse una demo en:  <a href="http://www.cfsd.org.uk/seeba/general/tools.htm">http://www.cfsd.org.uk/seeba/general/tools.htm</a></p>
<b>ETMUEL</b>	<p><b>Autor:</b> The Centre for Sustainable Design</p> <p><b>Año:</b> -</p> <p><b>Descripción:</b> Programa desarrollado para la implementación de consideraciones ambientales en el desarrollo de productos (Ecodiseño del sector electrónico).</p> <p>Puede obtener más información y descargarse una demo en:  <a href="http://www.cfsd.org.uk/seeba/general/tools.htm">http://www.cfsd.org.uk/seeba/general/tools.htm</a></p>
<b>IDEMAT</b>	<p><b>Autor:</b> TUDelft</p> <p><b>Año:</b> -</p> <p><b>Descripción:</b> Este programa consiste básicamente en una base de datos para diseñadores desarrollado por la Universidad de Tecnología de Delft (Holanda). La información contenida hace referencia a las características técnicas, sistema de producción, procesos de transformación, aplicaciones e impactos ambientales de materiales y procesos.</p> <p>Más información en la web:  <a href="http://www.idemat.nl/index.htm">http://www.idemat.nl/index.htm</a></p>
<b>ECODESIGN PILOT</b>	<p><b>Autor:</b> Vienna TU, Institute for Engineering Design</p> <p><b>Año:</b> -</p> <p><b>Descripción:</b> el “ECODESIGN Software Tools se creó para el diseño sostenible de producto. El software permite añadir las entradas y salidas de cada una de las etapas del ciclo de vida de un producto determinado, con el fin de detectar los posibles puntos débiles donde se podrían aplicar estrategias de Ecodiseño para reducir el impacto ambiental del producto.</p> <p>Más información en la web:  <a href="http://www.ecodesign.at/methodik/index.en.html">http://www.ecodesign.at/methodik/index.en.html</a></p>
	
<b>ECO-IT</b>	<p><b>Autor:</b> PRé Consultants</p> <p><b>Año:</b> -</p> <p><b>Descripción:</b> Esta herramienta permite analizar el impacto ambiental asociado al ciclo de vida del producto estudiado. Para ello utiliza “eco-indicadores” que puntúan con un único valor el impacto ambiental del producto.</p> <p>Más información en la web:  <a href="http://eco-it.software.informer.com/1.4/">http://eco-it.software.informer.com/1.4/</a></p>
	

<b>GREEN-E 2.0</b>  	<p><b>Autor:</b> Ecointsys – Life Cycle Systems</p> <p><b>Año:</b> 2005</p> <p><b>Descripción:</b> es una herramienta de evaluación que combina el ciclo de vida orientado a la diagnosis ambiental y de costes para un análisis de ecoeficiencia integrado y cuantificado. La herramienta permite a las empresas cuantificar su comportamiento ambiental e identificar cuáles son las oportunidades de mejora reduciendo costes económicos, con el fin de tomar decisiones transparentes reduciendo su inversión.</p> <p>Más información en la web:  <a href="http://www.hevs.ch/en/rad-instituts/institut-informatique-de-gestion/projects/green-e-20-cti-96891-2456">http://www.hevs.ch/en/rad-instituts/institut-informatique-de-gestion/projects/green-e-20-cti-96891-2456</a></p>
<b>PIQET</b>  	<p><b>Autor:</b> The Sustainable Packaging Alliance (SPA)</p> <p><b>Año:</b> 2008</p> <p><b>Descripción:</b> PIQET (Packaging Impact Quick Evaluation Tool) es una herramienta de aplicación de un ACV simplificado para el análisis de impactos del sistema de embalado y empaquetado. Está diseñado para proveer el acceso para no expertos en ACV a datos del impacto ambiental de sus sistema de envasado y embalado proporcionando un análisis de la variedad de escenarios alternativos posible.</p> <p>Más información en la web:  <a href="http://www.sustainablepack.org/default.aspx">http://www.sustainablepack.org/default.aspx</a></p>
<b>Product ecology</b>  	<p><b>Autor:</b> WSP Environment &amp; Energy</p> <p><b>Año:</b> 2001</p> <p><b>Descripción:</b> Es una aplicación online basada en el concepto de enfoque de ciclo de vida que facilita la elección y la comparación, según su impacto ambiental, entre diferentes materiales. Permite al diseñador analizar, modificar y priorizar la elección del diseño del producto, teniendo en cuenta todo su ciclo de vida. Además, también proporciona comparaciones entre las emisiones de CO<sub>2</sub>, salidas de residuos o consumos de agua asociadas a diferentes materiales, procesos de fabricación, modelos de transporte o alternativas al fin de vida de un producto.</p> <p>Más información en la web:  <a href="http://www.productecologyonline.com/www/">http://www.productecologyonline.com/www/</a></p>

## 8.3 Otros programas

Se pueden encontrar otros programas informáticos sobre ACV y Ecodiseño, así como bases de datos disponibles en la web de la Plataforma Europea de Análisis de Ciclo de Vida<sup>8</sup>.

# 9

## Casos prácticos

### 9.1

#### ACV: Ejercicios básicos sobre unidad funcional

Establecer una buena unidad funcional es primordial en cualquier ACV, dado que nos permite, entre otras cosas, hacer comparaciones entre sistemas equivalentes. A esta unidad, además, irán referidas todas las entradas y salidas del inventario. La unidad funcional puede ser física (una unidad de producto) o bien funcional (referida a la función que realiza el producto o el sistema que se está analizando).

A continuación se plantean una serie de ejercicios para entender mejor y profundizar en el concepto de unidad funcional.

**Ejercicio 1.1. Una empresa que produce cerillas quiere evaluar el impacto ambiental de su producto. ¿Cuál podría ser la Unidad Funcional tomada en el estudio?**

##### Solución:

Puede ser cualquier unidad física, como una cerilla, una caja de cerillas, un palet de cajas de cerillas o la producción de un año.

**Ejercicio 1.2. Esta misma empresa quiere comparar el impacto ambiental de las cerillas que produce con el impacto ambiental de un encendedor. ¿Cuál podría ser en este caso la Unidad Funcional? ¿Cuál sería el flujo de referencia para cada producto?**

##### Solución:

En este caso, primero debe definirse la función. Ésta puede ser encender un cigarrillo o encender un fogón en la cocina. La unidad funcional podría ser encender 1000 cajas de cigarrillos (es decir, 20.000 cigarrillos).

En cuanto al flujo de referencia, en principio, se necesitan 20.000 cerillas. Si se sigue el anuncio del encendedor Bic, se obtienen 3.000 encendidos y, por tanto, se requieren  $20/3 = 6,667$  encendedores.

A continuación, deben encontrarse los parámetros que condicionan cuántas cerillas y encendedores se necesitan (los valores presentados no corresponden a ningún estudio de mercado sino a un ejercicio académico). Por ejemplo, un 85% de las veces se encienden cigarrillos en el exterior (hace unos años muchos menos). Si una de cada 10 cerillas se apaga con el viento, deberemos añadir  $20.000 \times 0,85 \times 0,1$  cerillas. Si una de cada 20 cerillas se rompe, añadimos  $20.000 \times 1/20$ . Si una de cada 30 es defectuosa:  $20.000 \times 1/30$ . Si una de cada 15 cerillas la compartimos, restaremos:  $20.000 \times 1/15$ .

Quedan así:

$$\blacksquare \text{ N}^\circ \text{ cerillas} = 20.000 \times (1 + 0,85 \times 0,1 + 1/20 + 1/30 - 1/15) = 22.033 \text{ cerillas.}$$

Por otro lado, uno de cada 22 encendedores sale defectuoso y se estropea en promedio a un 30% de utilización y uno de cada 30 encendidos lo apaga el viento.

$$\blacksquare \text{ N}^\circ \text{ encendedores} = 20.000/3.000 \times (1 + 1/22 \times 0,7 + 1/30) = 7,101 \text{ encendedores.}$$

**Ejercicio 1.3. Dos tipos diferentes de pintura deben ser comparados: la pintura A en base agua quiere compararse con la pintura D en base disolventes orgánicos. ¿Qué Función, Unidad Funcional y flujo de referencia propone?**

##### Solución:

La unidad funcional debe tener en cuenta parámetros como la pintura necesaria para cubrir el objeto, su mantenimiento y duración, el modo de retirar la pintura en su fin de vida, etc.

No puede ser una unidad física (1 bote de pintura o 1 kg de pintura), ya que la pintura D podría cundir más y, por tanto, pintar más metros cuadrados de pared. Así, podría parecer que la función podría ser pintar una superficie de pared interior y la unidad funcional: 100 m<sup>2</sup> de pared de interior correctamente pintada.

Sin embargo, tal vez la pintura A dura más y, por tanto, debe pintarse menos a menudo. Así, la función es “mantener una superficie de pared interior pintada durante 20 años” y la unidad funcional: “100 m<sup>2</sup> de pared de interior correctamente pintada durante 20 años”.

El flujo de referencia para cada pintura serán los kg de pintura que se necesitan para cumplir con la unidad funcional.

**Ejercicio 1.4. ¿Qué unidad funcional seleccionaría para comparar un lápiz con un porta-minas?**

**Solución:**

La función es escribir a mano en un papel A4. La unidad funcional podría ser escribir 100 páginas. Pero, cada persona escribe de manera diferente. Los flujos de referencia serían los necesarios para escribirlas con los dos sistemas por la misma persona, pero eso sesgaría los resultados y deberíamos hacer el experimento con varias personas. Podríamos también pensar en comparar con los siguientes flujos de referencia: un porta-minas con 20 minas de 5 cm (100 cm de mina) con 10 lápices de 10 cm de mina.

Creemos que una buena unidad funcional sería “escribir una línea recta de 10 km”. Para ello, se podría usar un rodillo sin fin. Iríamos sacando punta y cambiando minas (y porta-minas, cuando se rompiera) hasta conseguir la unidad funcional. El número de unidades de cada producto necesarias sería el flujo de referencia para cada sistema.

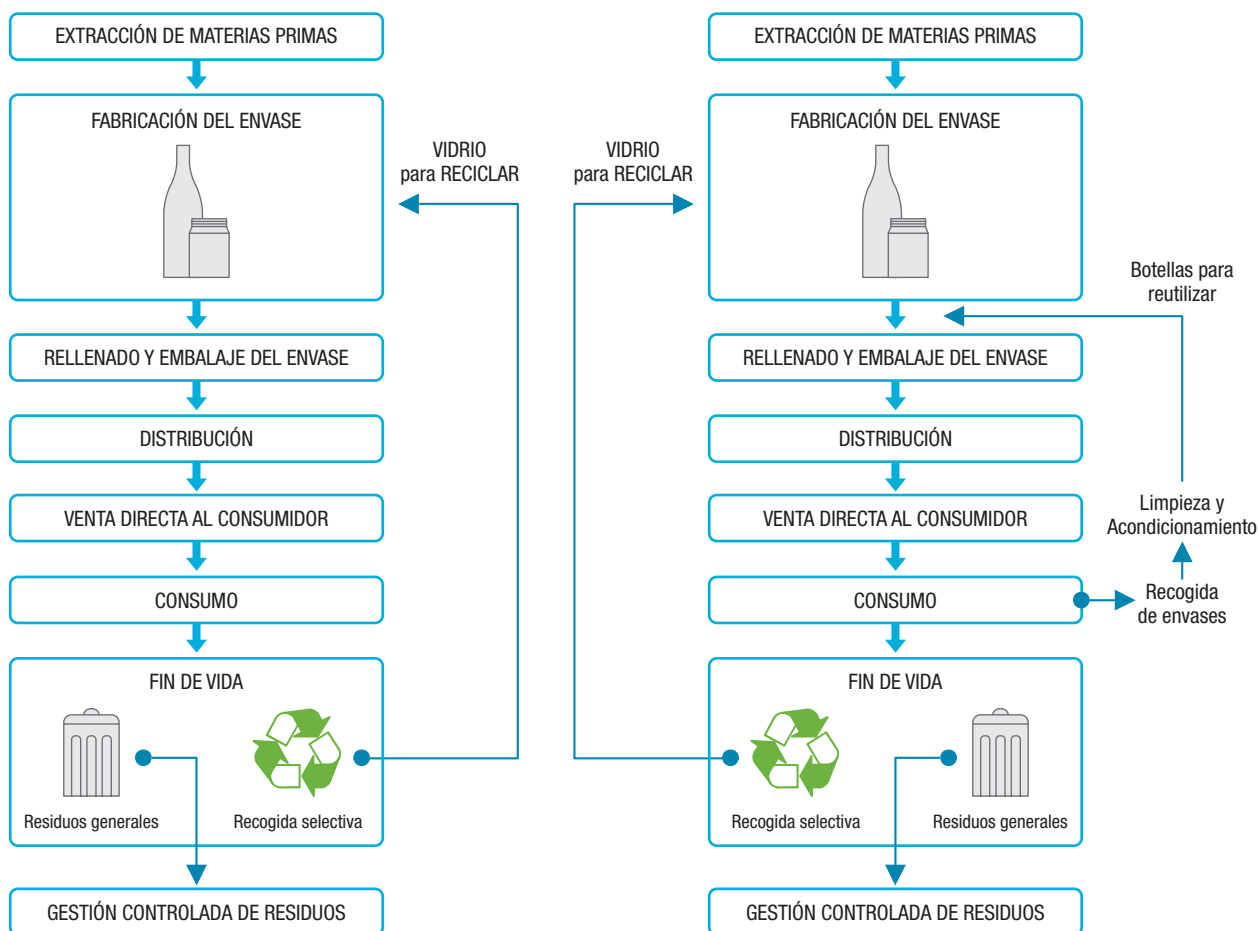
## 9.2

### ACV: Ejercicios con bases para la comparación de dos sistemas de envasado

Una empresa quiere comparar dos sistemas de envasado de cerveza en vidrio: uno con botellas de un solo uso que van a ser recicladas y otro con botellas más robustas que van a ser reutilizadas.

**Ejercicio 2.1. Dibuje los diagramas de flujo de los dos sistemas.**

**Solución:**



## Ejercicio 2.2. Definición del objetivo y alcance.

En la norma UNE-EN ISO 14044, se establecen unos requisitos generales en cuanto a su estructura metodológica:

- Definición del objetivo y alcance.
- Análisis de inventario de ciclo de vida.
- Evaluación de impacto de ciclo de vida.
- Interpretación de ciclo de vida.

De acuerdo con los requisitos de la norma, defina claramente el objetivo y el alcance del estudio:

- a. Objetivo del estudio.** “El objetivo y alcance de un estudio de ACV debe indicar sin ambigüedad la aplicación pretendida, las razones para realizar el estudio y el destinatario previsto, es decir, a quién van a comunicar los resultados del estudio<sup>9</sup>”.

### Solución:

El objetivo del proyecto es comparar los impactos ambientales de los procesos de reciclaje y reutilización de los envases de vidrio para el consumo de cerveza en bares (aplicación) para saber cuál de las dos opciones es más respetuosa con el medio ambiente (razón). Se trata de un estudio interno para comunicar al responsable político (destinatario) y, si así se decide, comunicarlo externamente como elemento de marketing (receptores).

- b. Alcance del estudio.** “El alcance debería estar suficientemente bien definido para asegurar que la amplitud, profundidad y detalle del estudio son compatibles y suficientes para alcanzar el objetivo del mismo. El ACV es una técnica iterativa. Por lo tanto, el alcance del estudio puede necesitar ser modificado durante la realización del estudio a medida que se disponga de información adicional<sup>8</sup>”.

Defina qué cuestiones deben concretarse para definir “suficientemente el alcance”:

### Solución:

Funciones del sistema estudiado, unidad funcional, sistema que se estudiará y sus límites, procedimientos utilizados en la asignación de cargas, tipos de impacto y metodología usada en la fase de evaluación de impacto, requerimientos de los datos y su calidad, hipótesis planteadas, limitaciones, si habrá revisión crítica y de qué tipo, tipo y formato del informe con que se presentará el estudio.

## c. Defina la función y la unidad funcional

### Solución:

Podría ser: un litro de cerveza envasado, una caja de cervezas, abastecer de cerveza un bar durante un año. En este último caso, deberían especificarse un conjunto de parámetros de mercado que nos llevarían a calcular cuántas cervezas hacen falta.

- d. Límites del sistema.** “Los límites del sistema determinarán qué procesos unitarios deberán incluirse dentro del ACV.

Varios factores determinan los límites del sistema, incluyendo la aplicación prevista del estudio, las hipótesis planteadas, los criterios de exclusión, los datos y limitaciones económicas y el destinatario previsto<sup>8</sup>”.

Defina los límites del presente estudio ayudándose con los diagramas de flujo.

### Solución:

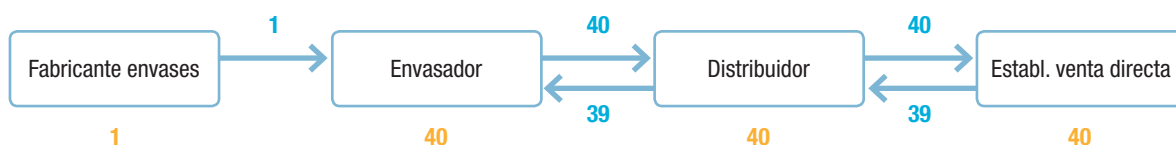
Posiblemente quedarán fuera de los límites del sistema los aditivos utilizados en la fabricación del vidrio y algunos transportes menores. No importa estudiar la etapa de uso, ya que parece ser idéntica para los dos sistemas.

- e. Comparaciones entre sistemas.** “En los estudios comparativos, la equivalencia de los sistemas bajo comparación se evaluará antes de interpretar los resultados. Los sistemas se compararán utilizando la misma unidad funcional y consideraciones metodológicas equivalentes como la función, los límites del sistema, etc. Cualquier diferencia entre sistemas relacionada con estos parámetros”.

metros deberán identificarse e indicarse. En el caso de asertos comparativos públicos, esta evaluación se realizará de acuerdo con el proceso de revisión crítica (...)¹⁰.”

Tomando como hipótesis que un envase de vidrio robusto puede utilizarse 40 veces, ¿cómo haría los dos sistemas comparables, de acuerdo con la norma?

### Solución:



	Reutilización	Reciclaje
Fabricación	1/40	1
Limpieza	39/40	0
Transporte fin de vida	1/40	1
Transporte para reutilizar	39/40	0
Transporte distribución	No hay diferencia, no lo consideramos	No hay diferencia, no lo consideramos

# 10

## Bibliografía

Brezet, H. van Hemel, C., 1997. **EcoDesign. A promising approach to sustainable production and consumption.** UNEP IE (United Nations Environment Programme. Industry and Environment), París (Francia).

Coca-Cola Company and The Nature Conservancy; 2010. **Product water footprint assessment. Practical application in corporate water stewardship.**

Dobón A.; 2009. **Huella de carbono y gran distribución.** Madrid. Más información: [www.itwnw.com](http://www.itwnw.com).

Ferrer, M., Viegas, M., 2014. **Huella hídrica: La nueva normativa internacional ISO 14046:2014 y su implementación.** Contribución a CONAMA 2014.

Fullana P., 2003. **La política integrada de producto y las ecoetiquetas.** Ingeniería Química, 403, 74-78.

Fullana P., Bala A., Gazulla C., 2008. **Guia d'aplicació ECOJOGUINA.** Generalitat de Catalunya – Departament de Medi Ambient i Habitatge, Barcelona. ISBN: 9788439378914. Versión en Español. [www.arc.cat/es/publicacions/pdf/ccr/guia\\_ecojoguina.pdf](http://www.arc.cat/es/publicacions/pdf/ccr/guia_ecojoguina.pdf)

Gazulla, C., 2012. **Declaraciones ambientales de producto: instrumento para la mejora de productos.** Tesis doctoral 2012. Autora: Cristina Gazulla Santos; dirigida por Pere Fullana i Palmer; supervisada por Joan Rieradevall i Pons. Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Ciència i Tecnologia Ambientals.

Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M., and Mekonnen, M., 2009. **Water footprint manual: State of the art 2009, Water Footprint Network,** Enschede, the Netherlands.

Hoekstra, A.Y. y Hung, P.Q., 2002. **Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade.** UNESCO-IHE, Value of Water Research Report Series, 11.

IHOBE Sociedad Pública Gestión Ambiental, 2000. **Manual práctico de Ecodiseño. Operativa de implantación en 7 pasos.** Edita: Gobierno Vasco, Departamento de ordenación del territorio, vivienda y medio ambiente. Disponible en línea en: <http://www.ihobe.net>.

IHOBE Sociedad Pública Gestión Ambiental; 2009. **Manual práctico de Ecodiseño. Operativa de implantación en 7 pasos (nueva edición).** Edita: Gobierno Vasco, Departamento de ordenación del territorio, vivienda y medio ambiente. Disponible en línea en: <http://www.ihobe.net>.

IPCC, 2007. **Fourth Assessment Report (AR4).**

Niembro, J., González, M., 2007. **Categorías de evaluación de impacto de ciclo de vida vinculadas con energía: revisión y perspectiva.** 12th International Conference on Project Engineering, Zaragoza.

Palsson, A-C., Carlson, R., **Maintaining Data Quality within Industrial Environmental Information Systems**. Centre for Environmental Assessment of Product and Material Systems (CPM), Technical Environmental Planning, Chalmers University of Technology.

PE International; 2005. **Base de datos del Software GaBi 4.4**.

Rieradevall, J., Domènech, X., Milà i Canals, L., 2005. **Herramientas de diagnosis ambiental para el Ecodiseño de productos**. Instituto de Ciencia y Tecnologías Ambientales de la Universitat Autònoma de Barcelona y Centre for Environmental Strategy, University of Surrey.

Ritthoff, M., Rohn, H., Liedtke, C., 2002. **Calculating MIPS. Resource productivity of products and services**. Wuppertal Spezial 27 e. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy.

## Normativa y referenciales de cálculo

Directiva 1999/94/EC relativa a **Información sobre el consumo de combustible y las emisiones de CO2 de los turismos nuevos**.

Directiva 79/831/EEC (que modifica la Directiva 67/548/CEE) relativa a la **aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas en materia de clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas**.

Directiva 91/157/EEC relativa a las **pilas y a los acumuladores que contengan determinadas materias peligrosas**.

Directiva 91/414/EEC relativa a la **comercialización de productos fitosanitarios**.

Directiva 92/41/EEC (que modifica la Directiva 89/622/CEE) relativa a la **aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros en materia de etiquetado de los productos de tabaco**.

Directiva 92/75/EEC relativa a la **indicación del consumo de energía y de otros recursos de los aparatos domésticos**.

ISO 14001: 2015. **Environmental management systems -- Requirements with guidance for use**.

ISO 14021: 1999. **Environmental labels and declarations -- Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling)**.

ISO 14024:1999. **Environmental labels and declarations -- Type I environmental labelling -- Principles and procedures**.

ISO 14025: 2006. **Environmental labels and declarations -- Type III environmental declarations -- Principles and procedures**.

ISO 14040:2006. **Environmental management -- Life cycle assessment -- Principles and framework**.

ISO 14044:2006. **Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines.**

ISO 14046: 2014. **Environmental Management- Water footprint – Principles, requirements and guidelines.**

ISO 14067: 2013. **Greenhouse gases -- Carbon footprint of products -- Requirements and guidelines for quantification and communication.**

PAS 2050:2011, **Especificación para la evaluación de la del ciclo de vida de las emisiones de gases de efecto invernadero bienes y servicios.**

World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development. **Green House Gas Protocol. Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard.**

# 11

## Glosario

- **ACV:** Metodología que permite evaluar los impactos ambientales de un producto o servicio a lo largo de todas las etapas de su ciclo de vida: extracción de materias primas, producción, distribución, uso y fin de vida (reutilización, reciclaje, valorización energética o disposición en vertedero).
- **Análisis coste-beneficio:** Metodología de análisis financiero que mide la relación entre los costes y los beneficios, directos e indirectos, asociados a un proyecto. Tiene en cuenta aspectos sociales y medioambientales que no son considerados en los análisis financieros clásicos.
- **Aspecto ambiental:** elemento de las actividades, productos o servicios de una organización que puede interactuar con el medio ambiente (ej. consumo de energía, emisiones de CO<sub>2</sub>, uso/emisión de sustancias químicas tóxicas.)
- **Checklist o lista de comprobación:** Serie de preguntas sobre cada una de las etapas del ciclo de vida del producto o sistema.
- **DEA:** Metodología para cuantificar toda la energía consumida directa o indirectamente a lo largo del ciclo de vida del producto.
- **Diagrama de araña:** Diagrama de representación en distintos ejes que parten de un mismo punto central los principales aspectos ambientales relacionados con el ciclo de vida del producto.
- **Ecodiseño:** Incorporación sistemática de aspectos ambientales en el proceso de diseño de productos y servicios.
- **Ecoeficiencia:** Estrategia de gestión que permite crear más bienes y servicios utilizando menos recursos y generando menos residuos y contaminación. Se puede cuantificar como el valor de un producto o servicio dividido por su impacto ambiental.
- **Ecoetiqueta o etiquetado ambiental:** Según la ISO 14020 el etiquetado ambiental es un conjunto de herramientas voluntarias que intentan estimular la demanda de productos y servicios con menores cargas ambientales, ofreciendo para ello información relevante sobre su ciclo de vida a los compradores. Existen tres tipos de ecoetiquetas aplicables de acuerdo la norma, aunque en la actualidad en España únicamente la I y la II son aplicables a los envases.
- **Flujo de producto:** Productos que entran o salen de un sistema del producto hacia otro.
- **Flujo elemental:** Materia o energía que entra al sistema bajo estudio, que ha sido extraído del medio ambiente sin una transformación previa por el ser humano, o materia o energía que sale del sistema bajo estudio, que es liberado al medio ambiente sin una transformación posterior por el ser humano.
- **Herramientas de Diagnóstico Ambiental:** Conjunto de metodologías que nos permiten identificar los aspectos ambientales que son relevantes a lo largo del ciclo de vida de los productos, desde su concepción hasta su fabricación, puesta en el mercado y tratamiento como residuos.
- **Huella de carbono:** Cuantificación de las emisiones totales de gases de efecto invernadero producidas directa o indirectamente por personas, organizaciones, productos o eventos.
- **Huella hídrica:** Cuantificación y evaluación de las entradas, salidas y potenciales impactos ambientales relacionados con el agua utilizada o afectada por un producto, proceso u organización.
- **Impacto ambiental:** Alteración de la línea de base ambiental. Efecto causado por una actividad humana sobre el medio ambiente.

- **Matriz MET/METR:** Herramientas que permiten analizar de forma matricial algunos aspectos ambientales (M-materiales utilizados; E-energía consumida; T-emisiones tóxicas; R-Residuos generados) generados durante las diferentes etapas del ciclo de vida de un producto.
- **MIPS:** Metodología que permite cuantificar los recursos materiales utilizados por un producto para desarrollar su función a lo largo del ciclo de vida. El valor MIPS indica la cantidad de recursos que son extraídos o utilizados de la Naturaleza: materias primas abióticas (renovables), materias primas no abióticas (no renovables), movimientos de tierras en agricultura y silvicultura (incluyendo la erosión), agua y aire.
- **Proceso unitario:** Elemento más pequeño considerado en el análisis del inventario del ciclo de vida para el cual se cuantifican datos de entrada y salida.
- **Sistema del producto:** Conjunto de procesos unitarios con flujos elementales y flujos de producto, que desempeña una o más funciones definidas, y que sirve de modelo para el ciclo de vida de un producto.
- **Unidad funcional:** La unidad de referencia a la que se referirán todas las entradas y salidas del sistema. Cuantifica el desarrollo de la función del sistema-producto que se está analizando.



## Otros títulos de la colección





## Diagnosis ambiental y ecoetiquetas



Impreso en papel reciclado