

CAPITULO 3. EL ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA.

DESCRIPCIÓN GENERAL.

En este capítulo se aclara la definición de ACV, se realiza un esbozo de la evolución histórica del mismo, se enumeran las normativas existentes al respecto, se analiza la metodología en éstas descrita para la elaboración de dicho análisis y se comenta la existencia de algunas de las herramientas informáticas existentes para realizar análisis de este tipo.

3.1. Qué es el ACV

El ACV solía recibir anteriormente otros nombres, tales como ecobalances, análisis del perfil ambiental y de recursos, análisis ambiental integral, perfiles ambientales, entre otros, y se comparaba con otras herramientas tales como evaluación del riesgo ambiental y la evaluación de impacto ambiental

Lo que hoy se conoce con el nombre de ACV fue la denominación que por fin acogió la comunidad internacional de expertos en el tema en el año 1991, acabando con la ambigüedad de términos relacionados debida a que la aplicación de la metodología no sólo incorpora elementos objetivos sino también elementos subjetivos.

Desde los principios de esta actividad se han formulado gran cantidad de definiciones para el ACV. Entre otras, se pueden citar:

“Herramienta de gestión ambiental que estudia los aspectos ambientales y los impactos potenciales a lo largo de la vida de un producto, proceso o actividad, desde la adquisición de las materias primas hasta la producción, uso y eliminación. Las fases de elaboración del ACV a grandes rasgos son: recopilación de las entradas y salidas relevantes de un sistema (energía, materias utilizadas y residuos vertidos al medio), evaluación de los potenciales impactos ambientales asociados con estas entradas y salidas (uso de recursos, efectos sobre la salud humana, consecuencias ecológicas, etc.), y finalmente, interpretación de los resultados, y evaluación e implementación de prácticas de mejora ambiental”.

Mario Seoáñez Calvo e Irene Angulo Aguado. [2].

"El análisis del ciclo de vida es un proceso objetivo para evaluar las cargas medioambientales asociadas a un producto, proceso o actividad mediante la identificación del consumo de materias y energía y de los residuos vertidos al medio ambiente , y para identificar y evaluar las alternativas que pueden suponer mejoras ambientales. Dicho análisis abarca la totalidad del ciclo de vida del producto, proceso o actividad a partir de la extracción y procesamiento de la materia prima , la fabricación, el transporte y la distribución, la utilización, la reutilización, el mantenimiento y el reciclado , hasta llegar a la disposición final del mismo".

SETAC (Society of environmental toxicology and chemistry), en 1994. [3].

El interés que tiene esta herramienta de gestión medioambiental es que está orientada al producto, en contraposición a otros instrumentos, dirigidos exclusivamente al proceso de fabricación. Esto supone un enfoque más amplio de los problemas medioambientales, que le imprime un carácter preventivo al permitir corregir características de impacto negativo antes de que el producto se encuentre en fase de fabricación.

Otro de los puntos fuertes del ACV es la capacidad de aislar los focos de impacto, evitando así la imputación de cargas medioambientales de forma repetitiva [2]:

- Entre instalaciones (por ejemplo entre la industria que fabrica el producto y la empresa encargada de su tratamiento o eliminación como residuo).
- Entre áreas geográficas (entre el lugar donde se extrae la materia prima y el lugar donde se almacena como residuo).
- Entre vectores medioambientales (la contaminación del suelo por un residuo sólido abandonado se transforma en contaminación atmosférica si se recoge y se quema).
- En el tiempo (desfase temporal producido por la transferencia entre áreas geográficas o entre vectores susceptibles de recibir la contaminación).

Las principales ventajas del ACV son [2]:

- Instrumento de anticipación.
- Aporta información al consumidor y a las partes implicadas.
- Es un instrumento de gestión medioambiental complementario a otras herramientas como auditorías medioambientales, evaluación de impacto medioambiental, ecoetiquetado, etc.
- Define prioridades a la hora de invertir, al dar un peso estratificado en la incidencia medioambiental.
- Permite a los diseñadores y productores así como a las empresas la planificación y toma de decisiones fundamentadas.
- Permite comparar productos y materiales equivalentes.
- Favorece la ampliación de los criterios calidad, impacto medioambiental, precio.
- Favorece el posicionamiento del producto en el mercado en base a su calidad medioambiental, diferenciándole de la competencia, a pesar del hecho de que en las normas se especifica que este tipo de estudios no podrán ser utilizados como comparaciones comerciales.
- Detecta los fallos y deficiencias del producto y los puntos fuertes del mismo bajo criterios medioambientales.
- Identifica oportunidades de mejora a lo largo de toda su existencia.
- Permite elaborar las medidas correctoras pertinentes en fase de diseño, adelantándose de esta manera a los futuros daños.
- Es una herramienta científica clara, objetiva y transparente.
- Es un análisis cuantitativo y cualitativo.

Uno de los grandes inconvenientes del ACV es que su metodología requiere la elaboración de bases de datos propias de cada país.

Otras limitaciones significativas del ACV son [2]:

- La naturaleza de las elecciones e hipótesis que se hacen en el ACV pueden ser subjetivas.
- Los modelos utilizados para el análisis de inventario o para evaluar impactos ambientales están limitados por sus hipótesis y pueden no estar disponibles para todos los impactos potenciales o aplicaciones.
- Los resultados de un ACV orientados a ámbitos globales o regionales pueden no ser apropiados para aplicaciones locales.
- La precisión de los estudios de ACV puede estar limitada por la accesibilidad o disponibilidad de datos importantes o por la calidad de los mismos.
- La ausencia de consideraciones espaciales y temporales en los datos del inventario utilizado para la valoración del impacto introduce incertidumbre en los resultados de dicho impacto. Esta incertidumbre varía con las características espaciales y temporales de cada categoría de impacto.

3.2. Reseña histórica

Se comenta en este apartado el panorama histórico y las tendencias del análisis de ciclo de vida desde sus inicios, en la década de los sesenta, hasta nuestros días. Se presentan las principales líneas de desarrollo que desencadenaron en el mundo el interés por el ACV. El análisis se ha hecho dividido por países o regiones, como se muestra a continuación.

3.2.1. Estados Unidos

Uno de los primeros estudios en los que se empezaron a tener en cuenta los impactos ambientales de los productos fue el que Harold Smith presentó en la Conferencia Mundial de Energía de 1963 [4], en el que informaba sobre las cantidades de energía para la fabricación de productos químicos.

Otro trabajo que puede catalogarse como pionero y en el que se aplicó el concepto de ciclo de vida se hizo entre 1960 y 1970, para determinar requerimientos de energía de algunos procesos y sistemas además del análisis de los efectos ambientales por el empleo de la energía. Se elaboró con el auspicio del Departamento de Energía de Estados Unidos.

En 1969, Harry E. Teasley Jr., director de la División de Envases de "The Coca-Cola Company", encargó un estudio al Midwest research institute, (MRI) con el objeto de determinar las cantidades de energía, materiales e impactos ambientales asociados a lo largo del ciclo de vida de envases, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. A este trabajo se le denominó "Análisis del perfil ambiental y de recursos" [5].

Con este estudio "The Coca-Cola Company", pretendía conocer los efectos ambientales de la fabricación y uso de los envases para:

- Escoger entre productos embotellados en plástico y productos embotellados en vidrio. Algo muy importante era saber si era conveniente para la compañía emplear botellas de plástico, frente al sistema de



Fig. 1 Envase de plástico.

envases retornables de vidrio (envase de plástico Fig.1).

- Seleccionar si era conveniente que la misma empresa fabricara el envase o lo hiciera externamente.
- Conocer qué gestión ambiental debería darse al envase escogido (reciclaje o disposición final).

Gracias a esto se descubrió que los envases plásticos eran la mejor opción, contrario a lo que todos esperaban; así el estudio de Coca-Cola sirvió también para cambiar en el público y la industria la percepción negativa que se tenía de los plásticos.

A partir de este estudio en Estados Unidos se empezó a llamar REPA (Resources and environmental profile analysis) a la metodología para cuantificar los recursos y las descargas ambientales de los productos, al tiempo que se buscaba perfeccionar cada vez más dicha metodología en ese país.

Hacia 1971, la academia de Estados Unidos, de manera independiente, empezó a estudiar el ACV. Estos trabajos principalmente eran proyectos de los estudiantes de ingeniería y de otros interesados por temas de la ecología. La atención se centró en estudiar aspectos de consumo de energía de botellas para bebidas.

Las contribuciones más importantes hechas durante los años setenta en ACV se publicaron en el Journal energy policy entre 1974-1975 y posteriormente se compilaron en un libro de J.A.G. Thomas en 1977, titulado Análisis de energía [6].

En 1975, William Franklin, uno de los expertos en REPA del MRI, fundó junto con Marge Franklin una de las empresas líderes en ACV de Estados Unidos, la firma Franklin Associates, la cual llevó a cabo algo más de 60 estudios, principalmente para compañías del sector privado.

Otro estudio de la misma época en el que se intentaba aplicar el concepto de ciclo de vida, en particular la determinación de los residuos generados por los procesos de producción, cuyo objetivo era determinar el consumo neto de energía, fue el que patrocinó el Programa de la Fundación Nacional para la Ciencia sobre Investigación de las Necesidades Nacionales, que como caso trató la comparación de botellas de vidrio, polietileno (PE) y policloruro de vinilo (PVC). Este estudio tuvo un énfasis en el desarrollo de un modelo (denominado modelo producto-materiales-procesos) que

permitió tener un método para realizar lo que hoy se conoce como la fase del inventario del ACV.

En 1971 se llevó a cabo otro REPA [7] por MRI para Mobil chemical Company, en el que se analizaron bandejas de espuma de poliestireno y bandejas de pulpa de papel que se utilizaban para embalar la carne que se vendía en los supermercados. Este estudio surgió porque los fabricantes de bandejas de cartón les decían a sus clientes que las bandejas plásticas eran un problema ambiental serio. Para salir de dudas, el personal directivo de Mobil encargó a MRI el estudio mencionado anteriormente. Para sorpresa de todos, las bandejas plásticas resultaron ambientalmente mejores; la razón principal es que la bandeja plástica pesaba muy poco y empleaba menos material, comparada con la bandeja de cartón, que era más pesada. Ésta fue otra experiencia para la industria que la llevó a cambiar de opinión y dejar de ver al plástico como la peor opción.

Por la misma época, el Consejo Presidencial de Calidad Ambiental, una agencia gubernamental de Estados Unidos, encargó al MRI varios estudios REPA sobre reciclaje de diferentes materiales, con el fin de ayudar en el establecimiento de políticas relativas a la gestión de los residuos sólidos.

En 1973 se creó el primer software sobre ACV financiado por una empresa cliente de MRI.

En 1972, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos encargó a MRI la realización de estudios para evaluar las implicaciones ambientales de envases para bebidas gaseosas y decidir si era conveniente promover desde el gobierno el uso de botellas y latas retornables en vez de las no retornables. En 1976, estos trabajos concluyeron con la publicación del informe titulado "Análisis del perfil ambiental y de recursos de nueve alternativas de envases para bebidas", el cual se puso a disposición del público a través del Servicio Nacional de Información Técnica. [8]

En 1976 la Agencia Federal de Energía de Estados Unidos, que después se convertiría en el Departamento de Energía, puso a disposición del público bases de datos y la metodología REPA derivada de estudios que llevaron a cabo Franklin Associates y research triangle institute sobre envases de bebidas.

Entre 1975 y 1988, empezó a disminuir el interés por el ACV debido a que tras la crisis del petróleo, ya se apreció una corriente de pensamiento que consideraba

suficiente los avances en soluciones a los problemas ambientales, principalmente sobre residuos sólidos y consumo de energía. Un reflejo de esto fue que la Agencia de Protección Ambiental de Estados decidió que el empleo del ACV no era práctico.

Pese a la falta de interés, se siguieron haciendo algunos trabajos por parte de las empresas sin que se conocieran sus resultados por el carácter confidencial de estos estudios, con excepción de un informe publicado de manera parcial en 1978 por Good year tire & rubber company sobre envases para bebidas gaseosas en PET de dos litros, que dio pie a que comercialmente empezara a tener acogida este tipo de envase y otro de 1980 elaborado por el Instituto de Investigación en Energía Solar.

En 1988 volvió a renacer el interés por el ACV en Estados Unidos, con ocasión de lo que algunos denominaron "la crisis de los residuos sólidos", que comenzó a raíz de que un montón de basura yacía flotando en el mar y ningún puerto quería encargarse de su disposición final. Este hecho junto con la presión, que para esa misma época estaban sintiendo las empresas multinacionales en sus sedes de Europa (por el Movimiento Verde, que hacía furor en ese entonces), hicieron resurgir la preocupación por la gestión de los residuos sólidos.

En 1990, un trabajo de Franklin Associates generó gran controversia entre el público norteamericano porque indagaba si ambientalmente eran mejores los pañales de tela reutilizables o los pañales desechables. Éste fue el que primero usó el concepto de ciclo de vida para determinar los impactos ambientales adversos y benéficos de los productos.

Es interesante mostrar los resultados que arrojó este estudio:

"Los pañales desechables tenían 90 veces más residuos sólidos, pero únicamente representaban el 2% de la totalidad de los residuos sólidos urbanos, mientras que los pañales reutilizables ocasionaban diez veces más contaminación por su consecuente consumo de agua y detergente, además consumían tres veces más energía."

[9].



En 1990 se desarrolló el primer taller de la Sociedad de Toxicología Ambiental y Química para discutir la metodología y utilidad de los REPA. Un resultado

que cabe destacar de este encuentro fue la adopción del término "Life cycle assessment" (evaluación de ciclo de vida o análisis de ciclo de vida), acogido posteriormente por la comunidad internacional estudiosa de este tema.

En 1991, la Agencia de Protección Ambiental de Estados empezó a promover el ACV con el propósito principal de poner a disposición del público guías metodológicas y bases de datos.

En cooperación con la SETAC-Norteamérica (Society of environmental toxicology and chemistry), se llevaron a cabo cinco talleres:

- El primero de ellos, tuvo como tema central el inventario, en Vermont (Estados Unidos), en 1990.
- El segundo, sobre evaluación de impacto (parte I), en Leiden (Holanda), en 1991.
- El tercero, sobre evaluación de impacto (parte II), en Sandestin (Florida, Estados Unidos), en 1992.
- El cuarto, para hablar sobre calidad de los datos, en Wintergreen (Virginia, Estados Unidos), en 1992.
- El quinto, encuentro para discutir sobre códigos de prácticas, en Sesimbra (Portugal), en 1993.

En 1992, por encargo del Consejo de Gobiernos Estatales y de la Agencia de Protección Ambiental, Tellus institute elaboró el informe "*Tellus packaging study: Inventory of material and energy use and air and mater emissions from the production of packaging materials*" [10].

En este mismo año, Franklin Associates publicó un artículo que incluía una explicación exhaustiva por primera vez de la metodología del ACV.

En 1993, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos publicó una guía para la etapa del inventario. Al mismo tiempo creó el Programa de Compras Verdes, para promover y ayudar al gobierno federal en la compra de bienes y servicios ambientalmente responsables.

Posteriormente, a través de su Oficina de Investigación y Desarrollo y del Instituto para la Investigación Ambiental y la Educación, organizó en el año 2000 la Conferencia Internacional sobre Evaluación de Ciclo de Vida, que tuvo lugar en la ciudad de Washington D.C. Después, se continuaron realizando más eventos no sólo sobre este tema sino sobre gestión del ciclo de vida, en especial con el auspicio y financiación del IERE (The institute for environmental research & education).

En el 2001 nació el Centro Americano para la Evaluación de Ciclo de Vida, para fortalecer la capacidad en la diseminación del conocimiento sobre el ACV. Esta organización promueve el empleo del ACV mediante conferencias, talleres, proyectos específicos, donde participan miembros del gobierno, la industria, academias, ONG´s, entre otros.

3.2.2. Europa

Se expone a continuación la evolución que tuvo esta herramienta de gestión medioambiental en países pioneros que la investigaron y aplicaron en Europa, como Reino Unido, Alemania, Bélgica, Suecia, e Italia. Dedicando un apartado propio a los países nórdicos y a Suiza por su especial importancia.

En 1985, la Directiva de la Comunidad Económica Europea sobre Envases de Alimentos líquidos (EC Directive 85/339) incorporó la aplicación del pensamiento de ciclo de vida al exigir a los fabricantes identificar y monitorizar el consumo de energía y materiales, así como la generación de residuos en los productos.

En 1992 se fundó SPOLD (Society for the promotion of LCA development), que fue una asociación de 20 grandes empresas de Europa (entre ellas Ciba, Danfoss, Dow Corning, Electricote de Francia, Procter & Gamble y Unilever) con la finalidad de ayudar en la construcción de metodologías sobre ACV y promover su aplicación en la industria. Desafortunadamente, Spold terminó sus actividades a finales del año 2001.

En el 2001, y como respaldo al desarrollo de la Política Integrada al Producto de la Unión Europea, se publicaron dos grandes estudios sobre el estado del arte en la Unión Europea acerca del diseño de productos sostenibles:

El primer estudio, de 400 páginas, se denominó "Ecodiseño: estado europeo del arte" ("*Ecodesign: European state of the art*"), que recopiló la experiencia de quince

países sobre los métodos empleados y su aplicación en el diseño de productos, incluyendo el concepto de ACV. [11].

El segundo estudio, de 300 páginas, se llamó “Estrategias de ecodiseño para su difusión en PYMES”. Este trabajo presentó los planteamientos teóricos acerca de los obstáculos y factores que impulsaron la aplicación en las PYMES de medidas ambientales, como el ecodiseño. [12].

De 1999 al 2003 se disparó la venta de licencias de software “herramienta de análisis de ciclo de vida”, estimándose un aumento de más del 100% con respecto a los niveles de 1999.

Finalmente, otro factor importante que impulsó el ACV, fue la incorporación de principios ambientales en las políticas y programas de la Unión Europea, éstas son algunas de las primeras incorporaciones más relevantes [13]:

- Primer programa europeo de ecosellos creado en 1992, que exige la aplicación de metodologías de ACV.
- La directiva sobre requisitos de ecodiseño para productos que usan energía.
- Estrategias temáticas sobre el uso sostenible de los recursos naturales.
- Plan de acción para el consumo y producción sostenible.
- Política integrada al producto (IPP), se aprobó en el Consejo Europeo en Weimar en 1999. IPP es un enfoque integrado de política ambiental para ayudar en la mejora continua del desempeño ambiental de bienes (productos y servicios) en todas las fases de sus ciclos de vida.
- La Responsabilidad extendida al productor es un principio de política nacido en 1999 en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico, para promover mejoras en el ciclo de vida de los productos, extendiendo la responsabilidad del fabricante del producto hacia varias partes del ciclo de vida de los bienes, especialmente en la recuperación y disposición final.

- El 7 de febrero de 2001 la Comisión Europea presentó el libro verde sobre la política integrada al producto. Este informe contempla un conjunto de acciones propuestas y herramientas de aplicación. [14].



- Programa Marco Europeo para la Investigación, que es quizás el instrumento financiero más importante para la Unión Europea, dirigido a conseguir recursos destinados a proyectos de investigación y desarrollo. En el contexto de éste, el Séptimo Programa Marco apoyó proyectos relativos al ACV.

3.2.3. Países nórdicos

Los países de la región nórdica (Finlandia, Noruega, Suecia, Dinamarca e Islandia) se han destacado por ser pioneros en el diseño de metodologías y aplicación del ACV, con un marcado énfasis en la elaboración de guías o manuales específicos de implementación del mismo más que en la expedición de normas ambientales sobre este tema.

El Consejo Nórdico de Ministros comenzó con el Programa de ACV en 1991, y en 1992 elaboró un informe sobre el estado de las actividades de este tipo de análisis.

Durante los años 1993 a 1995 se enfatizó en el desarrollo de metodologías para el ACV que arrojó tres informes: dos relativos a metodologías y otro sobre guías para aplicar el ACV.

De 1993 a 1999 se realizaron varias actividades, algunas de ellas a nivel nacional y otras a nivel regional, entre las que destacan:

- *Proyecto de ecología del producto*, con la participación de doce grandes compañías suecas y una empresa noruega para diseñar metodologías y probar su aplicación.
- *Proyecto nórdico para el desarrollo de productos ambientalmente mejores*, donde participaron 22 compañías nórdicas de importancia, para la aplicación del ACV en el desarrollo de productos.

- *Desarrollo ambiental de productos industriales*, donde estuvieron involucradas cinco empresas de Dinamarca, la Agencia de Protección Ambiental de Dinamarca y la Confederación de Industrias de Dinamarca, para el desarrollo de bases de datos de inventario y la aplicación del ACV en el diseño de productos.
- *Proyectos nórdicos sobre ACV en la industria cementera*, para el desarrollo de productos.
- *Proyecto nórdico para productos de Iluminación*, orientado al diseño de software y su aplicación en el ecodiseño.
- *Proyecto indicadores de desempeño ambiental*, con doce empresas noruegas y suecas, donde se aplicaron indicadores ambientales con base en el ACV.
- *Clasificación de productos*, con base en el consumo de energía y recursos.

3.2.4. Suiza

Afortunadamente existen algunas referencias (Fink, 1997) [15] que documentan el nacimiento del ACV en este país.

El informe del Club de Roma, la crisis del petróleo de los años setenta, un estudio de los fabricantes de aluminio sobre envases y energía, los planteamientos éticos de Daniel Spreng (quien trabajó en el sector de la industria del aluminio y posteriormente dirigió el Centro para Políticas de Energía de Suiza, promovió la necesidad de hacer desarrollos en la industria y en la tecnología para una mayor eficiencia energética en Suiza) y la experiencia de Empa, adquirida en los sesenta en proyectos ambientales (en el campo de la contaminación hídrica por detergentes, en emisiones gaseosas del tráfico y en problemas ambientales de algunos envases), cumplieron un papel definitivo en la realización de las dos investigaciones que se describen a continuación, las cuales verdaderamente marcaron los comienzos del ACV en Suiza; las desarrolló en 1977 el Laboratorio Federal Suizo para Ensayos e Investigación de Materiales (Swiss federal laboratories for material testing, Empa), no sin antes mencionar que en 1974 ya se había llevado a cabo el primer ecobalance en la

empresa Rocco Conserves por parte del Instituto Federal Suizo de Tecnología (Swiss Federal Institute of technology Zurich, ETHZ) y la Escuela de Gestión, Tecnología y Leyes (conocida como HSG) (Siegenthaler, 2008).

La primera se conoció con el nombre "Estudio BUS" [16]. ("Bundesamt für Umweltschutz") para el establecimiento de una base de datos sobre materiales para envases (aluminio, vidrio, plástico, papel, cartón y hojalata). La base se completó en 1984.

La segunda fue un trabajo sobre el yogur que comenzó la industria de alimentos (fabricantes de lácteos, distribuidores y proveedores de envases para productos lácteos) y que buscaba comparar las diferentes clases de empaquetado de yogur en relación con el desarrollo de la tecnología para fabricarlos, sus costos, su aceptación en los mercados del país y los impactos ambientales generados. El estudio culminó con la publicación de un informe en 1979.

Suiza, también en la década de los noventa (principalmente de 1992 a 1996), lideró en el mundo el desarrollo de diferentes bases de datos para el ACV, con el apoyo de organismos científicos y técnicos como:

- ETHZ, uno de los institutos que han estado a la vanguardia en la investigación el campo del ACV en Suiza.
- Swiss federal institute of technology (EPFL).
- Paul Scherrer institute (PSI).
- Empa.
- Swiss federal research station for agroecology and agriculture (Agroscope FAL Reckenholz).

En el año 2000 se fundó el Centro Suizo para Inventarios de Ciclo de Vida (The Swiss centre for life Cycle inventories), formado por instituciones y departamentos de los institutos federales suizos.

Este centro desarrolló la base de datos europea Ecoinvent, hoy ampliamente conocida y usada por la comunidad internacional para estudios de ciclo de vida, en particular para la etapa del inventario (Ecoinvent, 2009).

3.2.5. Holanda

En el entorno de la discusión sobre la estandarización de la metodología del ACV, discusión empezada en Estados Unidos, se fundó en Holanda el "Center of environmental science (CES)", en la universidad de Leiden, 1977y "Centrums voor milienkunde Leiden (CML)", que enseguida alcanzo una posición de hegemonía sobre la configuración de la agenda para futuras investigaciones sobre el ACV. De hecho la metodología publicada en ingles en el verano de 1993 por CML (Hinjunts etal 1992; gurg and burms) marcó un punto de inflexión en la formulación científica de la metodología unificada para el ACV.

CML desarrollo la base de datos y metodología necesaria para publicar el "Ecoindicador`95".

La metodología Ecoindicador'95 ha sido utilizada muy a menudo por los diseñadores, pero también ha sido criticada por expertos medioambientales ya que algunos aspectos ambientales importantes no se habían tenido en cuenta a la hora de desarrollar este método

3.2.6. España

En España el desarrollo de proyectos en el campo del ACV se ha incrementado en los últimos años. Las iniciativas clave han sido la Red Española y la Red Catalana de ACV. Las redes de ACV, tiene como finalidad, elaborar propuestas de participación conjunta en proyectos relacionados con el ACV, difundir dicho tipo de estudio, y poner en común distintos temas relacionados con ellos.

El Instituto de Prospectiva Tecnológica (IPTS) es uno de los siete institutos de investigación del Centro Común de Investigación de la Comisión Europea. El IPTS tiene su sede Joint research centre (JRC) en Sevilla, España.

Desde el año 1994 el IPTS promueve una mejor comprensión de la relación entre tecnología, economía y sociedad. La misión del IPTS consiste en proporcionar apoyo científico y técnico para la formulación de políticas comunitarias que entrañen una dimensión tanto socioeconómica como científico-tecnológica.

Los estudios llevados a cabo por el IPTS son solicitados principalmente por otras Direcciones Generales de la Comisión Europea. En los últimos años se han desarrollado también diversos trabajos para el Parlamento Europeo.

El IPTS colabora con otros institutos del Centro Común de Investigación y diferentes organismos europeos.

El trabajo científico del IPTS se estructura en cuatro grandes áreas:

- Desarrollo sostenible, dentro de la cual redactó el documento "Eco-design: European state of the art" [11].
- El conocimiento al servicio del crecimiento.
- Sociedad de la información.
- Aspectos económicos de la agricultura y desarrollo rural.

Dentro de la iniciativa global de la UNEP-SETAC (united nations environment programme (UNEP), Society of environmental toxicology and chemistry (SETAC)), para el ACV, se han desarrollado en nuestro país:

- Conferencia de gestión de ciclo de vida (GCV) en Barcelona, en el año 2005.
- Taller de UNEP-SETAC sobre GCV y comunicaciones de información de ciclo de vida a partes interesadas, en Barcelona, en el año 2005.

3.3. Normativa sobre el ACV

En la directiva Europea Directiva 2005/32/CE se puede leer en relación al ecodiseño y en particular al ACV:

“Integración de los aspectos medioambientales en el diseño del producto con el fin de mejorar su comportamiento medioambiental a lo largo de todo su ciclo de vida”.

Se especifica: Reducir el impacto ambiental considerando el ciclo de vida del producto a través de un diseño que integre criterios medioambientales.

Esta directiva insta a la reordenación de las normativas y regularizaciones ya existentes sobre la materia y trata que se unifique.

Las normativas que regularizan el ACV son una serie de normas ISO 14040 (Gestión ambiental – Análisis de Ciclo de Vida) [17], [18], [19]:

- **ISO 14040:** Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Principios y estructura (1997, actualizada en 2006). Ofrece una visión general de la práctica, aplicaciones y limitaciones del ACV en relación a un amplio rango de usuarios potenciales, incluyendo aquellos con un conocimiento limitado sobre el ACV.
- **ISO 14041:** Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Definición de Objetivos y Alcance y Análisis de Inventario (1998). Recoge los requerimientos y directrices a considerar en la preparación, aplicación o revisión crítica del análisis del inventario de ciclo de vida (la fase del ACV referente a la recogida y cuantificación de los consumos y emisiones relevantes que se producen en el ciclo de vida de un producto).
- **ISO 14042:** Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Evaluación del Impacto de Ciclo de Vida (2000). Ofrece una guía sobre la fase del ACV consistente en la evaluación de impactos (que tiene por objeto la evaluación de los impactos ambientales potenciales y significativos a partir de los resultados del análisis de inventario).
- **ISO 14043:** Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Interpretación del ciclo de vida (2000). Ofrece una guía sobre la interpretación de los resultados del ACV en relación con la definición de objetivos del estudio, incluyendo una revisión del alcance del ACV, así como del tipo y calidad de los datos utilizados.

- **ISO/TR 14047:** Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Ejemplos de aplicación de la ISO 14042(2003).
- **ISO/TS 14048:** Norma sobre Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Normalización de datos e información para una evaluación de ciclo de vida (2002).
- **ISO/TR 14049:** Norma de Gestión Ambiental – Análisis de Ciclo de Vida – Ejemplos de aplicación de la ISO 14041 (2000).

3.4. Fases del ACV

En la norma UNE-ISO 14040/40/50 se enuncia lo siguiente:

“Los estudios de ACV deben incluir la definición del objetivo y el alcance, el análisis del inventario, la evaluación del impacto y la interpretación de los resultados.” [17].

En la Fig.2 se puede observar el diagrama de flujos entre las fase propuestas por la normativa para el ACV.

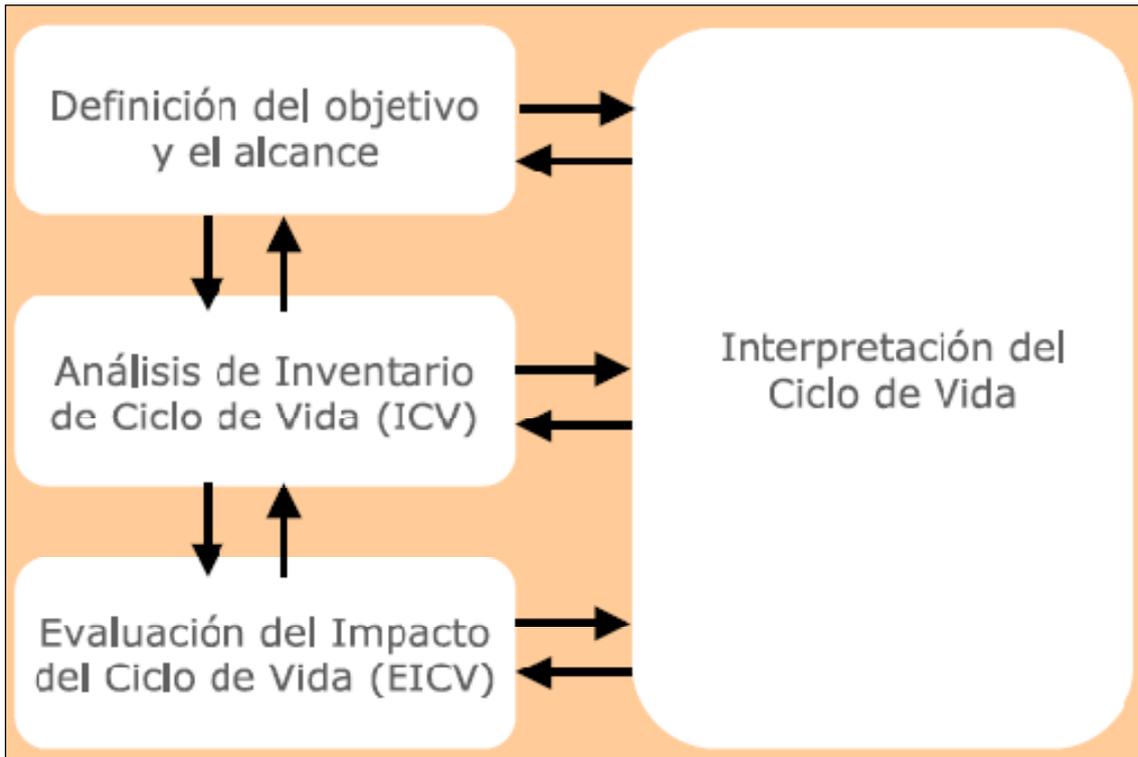


Fig. 2 Diagrama de flujos entre fases del ACV.

3.4.1. Objetivo, marco de estudio e hipótesis

En esta fase se debe definir de forma clara y sin ambigüedades los objetivos y el alcance del ACV siempre en función del propósito general del estudio.

La definición del objetivo consiste en señalar:

- La aplicación del ACV.
- Las razones que han motivado su realización.
- El destinatario al que se van a comunicar los resultados del mismo.

La definición del alcance consiste en identificar, de forma predictiva, ya que suele ir variando conforme a las necesidades del propio estudio, los siguientes elementos:

- Funciones que debe cumplir el producto objeto de análisis.
- Unidad funcional, que suministra una referencia para todas las entradas y salidas del sistema y permite comparar los resultados del ACV.
- El sistema del producto a analizar, refiriéndose con esto al principio de funcionamiento, metodologías y tecnologías aplicadas.
- Los límites del sistema del producto.
- Reglas de asignación.
- Tipos de impacto y metodología de evaluación de impacto, así como la consiguiente interpretación a realizar.
- Requisitos de los datos.
- Hipótesis realizadas para la simplificación o funcionalidad.
- Limitaciones a las que se ve sujeto el estudio.

3.4.2. Inventario

En esta etapa se obtienen los datos y procedimientos de cálculo necesarios para la cuantificación de las entradas del sistema o sistemas. Así mismo se recogen de datos cuantitativos y cualitativos sobre los cuales se basará la siguiente fase de evaluación del impacto, especificando las dificultades prácticas encontradas, se detallan y contabilizan todas las emisiones que tienen un efecto relevante en el proceso, además se especifican los valores de extracción de recursos y de ocupación de la tierra asociados al producto en evaluación. Para que el inventario sea coherente con el objeto del estudio deben haberse definido con claridad los límites del sistema, los criterios de valoración de datos y el entorno en el que se lleva a cabo el estudio; éste último determinará los aspectos regionales a considerar (datos del país donde se realice el análisis).

3.4.3. Evaluación del impacto del ciclo de vida

Consiste en cotejar los datos obtenidos en la fase anterior con impactos ambientales específicos para evaluar su importancia, valorar dichos impactos. Para la realización de esta fase la norma ISO 14040 recomienda la inclusión de los siguientes aspectos:

- Clasificación: asignación de los datos obtenidos en el inventario a categorías de impacto.
- Caracterización: modelización de los datos del inventario dentro de las categorías de impacto.
- Valoración: posible adición a los resultados en casos concretos, y sólo cuando proceda.

Para el análisis de los datos y para poder efectuar valoraciones se utiliza una metodología basada en los ecoindicadores, que son unos números que miden los impactos ambientales generados en un proceso, como, por ejemplo, la obtención de 1 Kg de hierro, o el fresado de un dm³ de materia. Las unidades en que se miden los ecoindicadores son puntos/unidad funcional. Los puntos (Pt) son un sistema de medida de los impactos ambientales, siendo un punto la centésima parte de la carga ambiental

anual de un ciudadano medio europeo. A estos ecoindicadores se les dedica un apartado más adelante.

3.4.4. Interpretación de los resultados

En esta fase se interrelacionan las conclusiones y datos obtenidos en el análisis de inventario, especificando cuales y como se pueden haber visto afectados por las hipótesis y simplificaciones y se realiza una evaluación del impacto del ciclo de vida, en los términos adecuados al ecoindicador utilizado.

Se centra esta fase del estudio en definir las características del producto objeto de estudio en los siguientes términos: potencial de recuperación, reutilización, aprovechamiento y reciclado de materias primas y energía de las etapas de mayor impacto ambiental.

3.4.5. Revisión crítica y análisis de resultados

Además de la fase de interpretación de resultados se recomienda realizar una revisión crítica por parte de terceros a fin de garantizar la coherencia y transparencia.

En esta fase se pretenden identificar las tecnologías limpias aplicables a los productos o procesos analizados y estudio de su influencia en la atenuación del impacto ambiental en las etapas de mayor impacto.

3.5. Ecoindicadores estándar

Los ecoindicadores son números que cuantifican el impacto ambiental generado, atribuyendo una carga medioambiental a cada materia, proceso, desecho o cualquier particularidad que acontezca durante el ciclo de vida de los productos. Estas cargas se evalúan en puntos, siendo un punto la centésima parte de la carga ambiental anual de un ciudadano medio europeo. Dicha cuantificación se realiza en base a las denominadas categorías de impacto que son daños ambientales a los cuales se asignan las entradas y salidas del sistema producto objeto del estudio en cuestión, tales como el potencial de calentamiento global o el potencial de acidificación.

Dichos modelos de caracterización pueden estar basados en efectos intermedios (midpoints) o efectos finales (endpoints). Es decir pueden definirse cerca de su origen (emisión de una determinada sustancia, por ejemplo), o cerca del daño ambiental que éstas pueden llegar a provocar (daños en la salud humana, pérdida de biodiversidad, etc.). Cuanto más se aleja la definición del origen, mayor grado de incertidumbre se introduce en el estudio, ya que se encadenan suposiciones sobre los efectos ambientales de las sustancias en el medio.

A fin de limitar la incertidumbre y la subjetividad de los resultados, desde este estudio se recomienda emplear principalmente indicadores de impacto ambiental de punto medio.

Los efectos de las diferentes categorías de impacto se cuantifican refiriéndose a modelos de impacto, que unifican la forma de medirlos bajo una misma unidad medible.

Por ejemplo las emisiones causantes de efecto invernadero se miden en Kg equivalentes de CO₂, de esta forma, referidas a este modelo común se pueden comparar emisiones de efecto invernadero de productos diferentes y se computan finalmente en las diferentes categorías de daños, modificando de nuevo la unidad de medida a una común, esta conversión depende de cada metodología, por lo general es una abstracción cuantitativa de la importancia del daño.

Las categorías de daños (endpoints) más utilizadas son:

- **Salud humana.**
- **Calidad del ecosistema.**
- **Cambio climático.**
- **Recursos.**

Algunos de los midpoints más utilizados por las distintas metodologías son:

- **Aumento retención infrarrojos:** el vapor de agua y el CO₂ favorecen la retención de infrarrojos dentro de la atmósfera contribuyendo al cambio climático.
- **Agotamiento ozono estratosférico:** destrucción de la capa de ozono, causada por la emisión de gases que favorecen la desaparición del ozono que se encuentra en la estratosfera.
- **Acidificación:** podría definirse como "la pérdida de la capacidad neutralizante del suelo y del agua, como consecuencia del retorno a la superficie de la tierra, en forma de ácidos, de los óxidos de azufre y nitrógeno descargados a la atmósfera".
- **Smog fotoquímico:** producción de ozono en la troposfera, causando problemas respiratorios.
- **Eutrofización de sistemas acuáticos:** Un río, un lago o un embalse sufren eutrofización cuando sus aguas se enriquecen en nutrientes. Podría parecer, a primera vista, que es bueno que las aguas estén bien repletas de nutrientes, porque así podrían vivir más fácil los seres vivos. Pero la situación no es tan sencilla. El problema está en que si hay exceso de nutrientes crecen en abundancia las plantas y otros organismos. Más tarde, cuando mueren, se pudren y llenan el agua de malos olores y le dan un aspecto nauseabundo, disminuyendo drásticamente su calidad. El proceso de putrefacción consume una gran cantidad del oxígeno disuelto y las aguas dejan de ser aptas para la

mayor parte de los seres vivos. El resultado final es un ecosistema casi destruido.

Como ejemplo, un esquema básico de inclusión de categorías de impacto (midpoints) en categorías de daños (endpoints) es el siguiente, basado en midpoints:

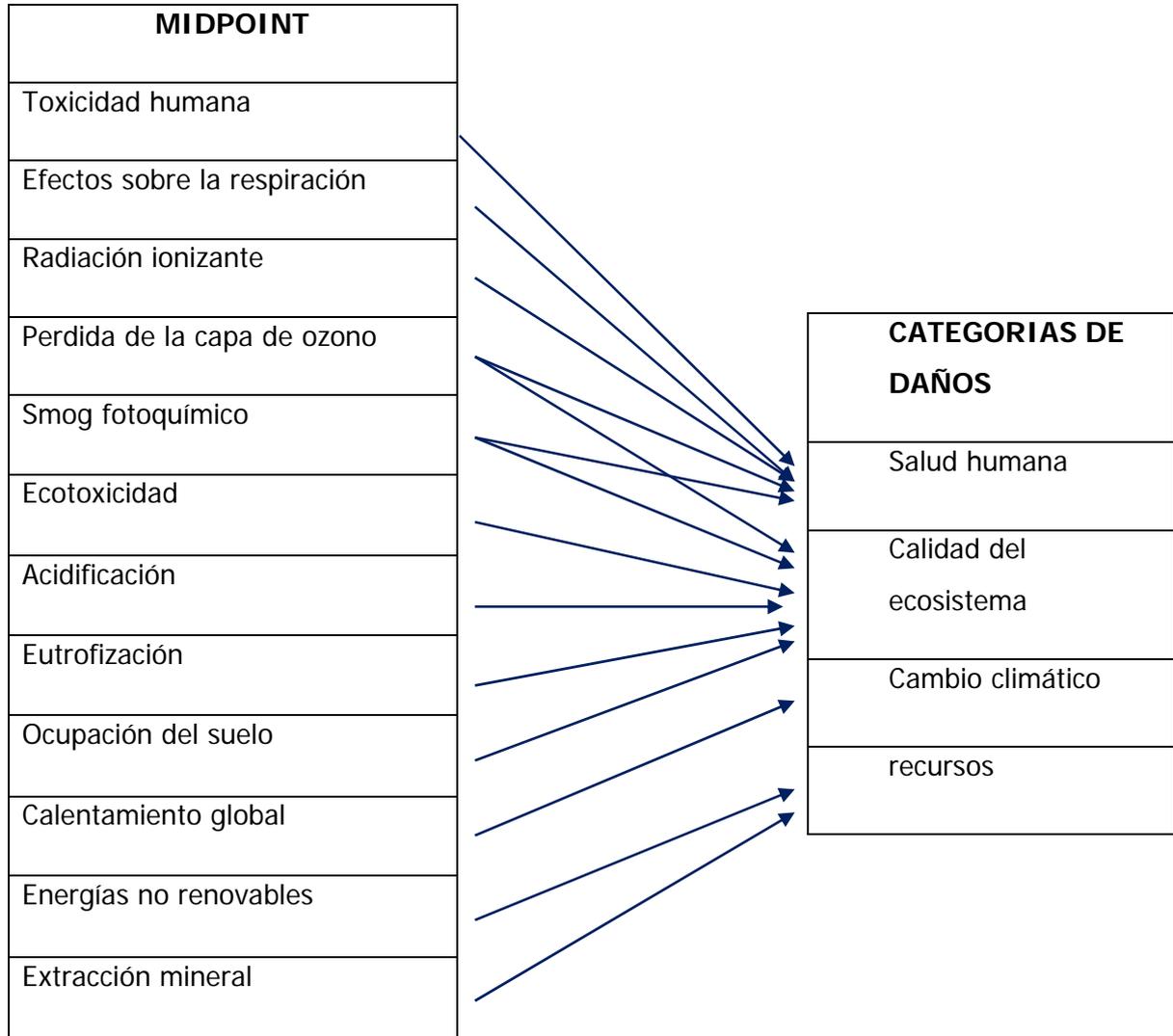


Tabla N°2: inclusión de categorías de impacto (midpoints) en categorías de daños (endpoints).

Los ecoindicadores proporcionan una mayor facilidad de interpretación del ACV, a la vez que facilitan el estudio y reducen considerablemente el tiempo necesario para realizarlo, al evitar tener que hacer estudios en profundidad de análisis de información, al estar ya realizados y tabulados.

El objetivo fundamental de estos ecoindicadores es la integración de los resultados del ACV en un único valor, normalizado y ponderado.

Los valores de ecoindicadores distintos no son comparables ya que cada uno toma unas referencias y metodologías distintas para la cuantificación del impacto, para el estudio en particular que se realizara en apartados posteriores se utiliza el ecoindicador 99.

A continuación se detalla una lista de algunos de los indicadores más conocidos, también llamados modelos de caracterización:

Ecoindicador	Desarrollado por	País de origen
CML2002	CML	Países Bajos
Ecoindicador 99	PRé	Países Bajos
EDIP97 – EDIP2003	DTU	Dinamarca
EPS 2000	IVL	Suecia
Impact 2002+	EPFL	Suiza
LIME	AIST	Japón
LUCAS	CIRAIG	Canadá
ReCiPe	RUN + PRé + CML + RIVM	Países Bajos
Swiss Ecoscarcity 07	E2+ ESU-services	Suiza
TRACI	US EPA	USA
MEEuP	VhK	Países Bajos

Tabla N°3: indicadores más conocidos.

A continuación se especifica, brevemente, la metodología de cada uno de ellos.

-La metodología del CML2002 está basada en "midpoints", con un horizonte temporal infinito y en un entorno global excepto para la acidificación aplicable solo para Europa y para el smog fotoquímico adaptado para la trayectoria europea. Los midpoints que incluye en la metodología son, entre otros: degradación de los recursos abióticos, uso del suelo, ecotoxicidad.

-La metodología del Ecoindicador'99 está basada en endpoints con midpoints no separados, con un horizonte temporal de 100 años, los midpoints que considera son: cambio climático, agotamiento de la capa de ozono, carcinogénicos, respiración inorgánica, radiación ionizante, ecotoxicidad, uso del suelo, agotamiento de recursos minerales y recursos fósiles. Los endpoints considerados son: salud humana, calidad del ecosistema y agotamiento de los recursos.

-La metodología de los indicadores EDIP97 y EDIP2003 está basada en midpoints pero a final de camino de impacto, con viabilidad en entorno global y horizonte temporal infinito. Los midpoints en que se basa son: calentamiento global, agotamiento de la capa de ozono, acidificación, enriquecimiento de nutrientes, smog fotoquímico, toxicidad humana, agotamiento de recursos, además el EDIP97 incluye siete categorías para el entorno de trabajo, que son: ruido, accidentes, cáncer, daños tóxicos para la reproducción, alérgenos, daños neurotóxicos y exposición a productos químicos, mientras que el EDIP2003 considera únicamente el ruido.

-La metodología del indicador EPS2000 tiene una estructura de midpoint-endpoint, la mayoría de los modelos de cuantificación son de aplicación global y estiman los efectos a lo largo de la existencia. Los endpoints que tiene en cuenta son: salud humana, biodiversidad, recursos abióticos.

-La metodología de indicador IMPACT 2002+ combina midpoints y endpoints, aplicable en ámbito europeo con horizonte temporal infinito. Los midpoints que tiene en cuenta son: toxicidad humana, efectos sobre la respiración, radiación ionizante, deterioro de la capa de ozono, smog fotoquímico, ecotoxicidad acuática y terrestre, eutrofización, acidificación, uso del suelo, calentamiento global, uso de energías no renovables y agotamiento de recursos minerales. Los endpoints son: salud humana, calidad del ecosistema, cambio climático y recursos.

-La metodología del indicador LIME, desarrollada en Japón y para Japón, combina midpoints y endpoints, tiene un horizonte temporal que depende de las categorías de impacto. Los midpoints que tiene en cuenta son: contaminación urbana, calentamiento global, deterioro de la capa de ozono, toxicidad humana, ecotoxicidad, acidificación, eutrofización, smog fotoquímico, uso del suelo, agotamiento de recursos minerales, consumo de energía, consumo de recursos bióticos, contaminación de aire en interiores, ruido y residuos. Los endpoints que tiene en cuenta son: estrés térmico, malaria, las enfermedades infecciosas, el hambre, los desastres naturales, cataratas, cáncer de piel y otros cánceres, efectos sobre la respiración, efectos sobre la biodiversidad tanto terrestre como acuática, plantas, cultivos, pesca, materiales, agotamiento de recursos minerales y recursos energéticos.

-La metodología del indicador LUCAS se basa en midpoints, que eventualmente se puede desarrollar a endpoints, con un ámbito de aplicabilidad mundial para cambio climático y deterioro de la capa de ozono y aplicable en Canadá para la totalidad de los impactos considerados. Los midpoints que tiene en cuenta son: cambio climático, deterioro de la capa de ozono, acidificación, smog fotoquímico, efectos sobre la respiración, eutrofización terrestre y acuática, ecotoxicidad, toxicidad humana y deterioro de recursos abióticos. La metodología está en desarrollo para tener en cuenta también endpoints.

-El indicador ReCiPe es una implementación de los indicadores Ecoindicador'99 y CML2002.

-El indicador TRACI es una metodología basada en midpoints, desarrollada en los Estados Unidos para la aplicación en la totalidad del territorio o discriminando por estados, con un horizonte temporal de 100 años. Los midpoints que tiene en cuenta son: deterioro de la capa de ozono, calentamiento global, smog fotoquímico, acidificación, eutrofización, cáncer, contaminación con efectos en la salud humana, efectos sobre la salud humana no cancerígenos, ecotoxicidad y agotamiento de las reservas de combustibles fósiles. Tiene también en cuenta, aunque no los cuantifica los endpoints: salud humana, ecosistema y medioambiente humano.

-La metodología del indicador MEEuP se basa en midpoints, la metodología es coherente con los acuerdos de la UE y los tratados internacionales, con un horizonte temporal indeterminado y un amplio rango de midpoints muy específicos.

Para una ampliación de esta información sobre ecoindicadores se puede acudir a: ILCD Handbook[20]

La publicación del Ecoindicador'95 sirvió como herramienta para muchos diseñadores de productos en la estimación de impactos ambientales; permitió la comparación de alternativas, y la disminución de los daños ocasionados por decisiones tomadas anteriormente. Sin embargo también desató fuertes críticas por no considerar un mayor número de impactos, no establecer de manera clara los parámetros que determinaban el modelo de situación de daños (los algoritmos tenían bases demasiado subjetivas y no se concretaba) y porque limitaba las referencias a zonas de Alemania, Suiza y Holanda, cuando el método estaba planteado para su uso en toda Europa.

Como respuesta a estas críticas surge en el año 1999 el Ecoindicador'99, el cual a su vez sufre una actualización en el año 2001. Con la publicación de este nuevo ecoindicador se despejaron muchas de las dudas antes presentadas y se comenzó a trabajar en la optimización de los procesos y la reducción de impactos.

En el Ecoindicador'99 se introduce un nuevo concepto para el modelo de daños utilizados en la determinación de los indicadores; se amplían las bases de datos utilizadas, buscando abarcar valores representativos de toda Europa; se hace un manejo más claro de las incertidumbres. El concepto nuevo es la Teoría Cultural, que busca una mayor objetividad o dicho de otra forma: "*darle un carácter científico a los juicios de valor*" [21].

Estas diferencias fundamentales entre las dos herramientas, dificultan la comparación de los indicadores obtenidos con cada una de ellas.

3.6. Ecoindicador '99

El Ecoindicador '99 se basa para determinar el número de milipuntos (ésta es la unidad que otorga el Ecoindicador '99 al impacto unitario) que se le asigna o atribuyen a cada elemento de estudio, en los daños que este infringe en tres factores distintos que se denominan como daños:

- Daño a la salud humana: expresado como el número de años de vida perdidos y el número de años que ha sufrido una enfermedad. Se combinan bajo el nombre de "años de vida sometidos a una discapacidad."
- Daño al ecosistema: Expresado como la pérdida de especies en un área determinada durante un tiempo determinado.
- Daño a los recursos: expresados como el exceso de energía que se necesitara para extraer minerales y combustibles fósiles en el futuro.

Marck Goedkoop, Suzanne Effting y Marcel Collignon desarrollaron, para poder utilizar las medidas de las tres categorías de daños, una serie de modelos de daños complejos [22].

El modelo de daños para emisiones:

Para calcular el daño de las emisiones es necesario hacerlo en cuatro pasos (Hofstetter 1998) [21].

I. Análisis de destino.

Cuando se libera una sustancia química, ésta se abre paso a través del aire, el agua y el suelo. Hacia dónde irá y el tiempo que perdure dependerán de las propiedades de la sustancia y del medio. Una sustancia muy soluble llegará al agua, mientras que otra que se una a las partículas orgánicas puede terminar en determinados tipos de suelo. Otro aspecto importante es la degradabilidad, pues la mayoría de las sustancias orgánicas tienen un tiempo de vida limitado. El llamado modelo de "análisis de destino" contempla la relación entre los medios de dispersión y la degradación de las sustancias. Como resultado, se puede calcular la concentración en aire, agua, suelo y alimentos.

II. Análisis de exposición.

Basándose en las concentraciones calculadas, se puede determinar cuánto tiempo afectará una sustancia al ser humano, a las plantas y a otras formas de vida.

III. Análisis de efectos.

Una vez conocido el tiempo de exposición, de una sustancia, es posible predecir los tipos y frecuencia de enfermedades así como otros posibles efectos.

IV. Análisis de daños.

Las enfermedades predichas pueden expresarse ahora en la unidad de daños. Por ejemplo, se sabe que un cierto nivel de exposición produce 10 casos extra de un determinado tipo de cáncer. Por otra parte, se pueden encontrar datos sobre la media de edad de las personas que contraen esa enfermedad y la media de posibilidades que tienen esas personas de fallecer. En base a estos datos, se puede calcular el número de años perdidos y cuantos años se ha estado impedido, ya que las personas enfermas tienen que recibir tratamiento hospitalario.

Para evaluar los efectos tóxicos en el ecosistema, se calcula qué porcentaje de plantas y especies sencillas se han expuesto a sustancias tóxicas, mientras que para calcular la acidificación y la eutrofización se considera el porcentaje de plantas en peligro de desaparición (fracción potencial de desaparición). Los daños ocasionados a especies superiores tales como pájaros y mamíferos no pueden calcularse, pero hay buenas razones para considerar que el daño a las plantas y los organismos sencillos es también representativo del daño ocasionado a los animales más complejos.

Se calculan así los daños que la mayoría de las sustancias ocasionan a escala europea. Sin embargo, en algunas de ellas, como gases de efecto invernadero, gases que disminuyen la capa de ozono y las sustancias radioactivas de larga duración, se calcula el daño a nivel mundial, ya que estas sustancias se dispersan por todo el mundo.

Modelo de daños referido al uso del suelo.

La humanidad ocupa grandes porciones de tierra con propósitos urbanísticos y agrícolas. Este es un factor importante que determina que muchas especies estén en peligro de extinción, por lo que es esencial incluir en el ecoindicador los efectos del uso del suelo de los sistemas humanos. Aquí la desaparición de especies cuenta también como unidad de daños.

Los diferentes tipos de uso del suelo tendrán diferentes efectos. Por ejemplo, un aparcamiento pavimentado tendrá menos plantas que un prado orgánico. Teniendo en cuenta la complicación que supone el hecho de que la diversidad de especies depende del tamaño del área. Esto significa que la construcción y uso de un aparcamiento no sólo tiene efectos en el área real del aparcamiento sino también en el área circundante, y debido a esto las áreas naturales serán un poco más pequeñas. Se llama a esto efecto regional. El Ecoindicador'99 tiene en cuenta tanto el efecto regional como el local.

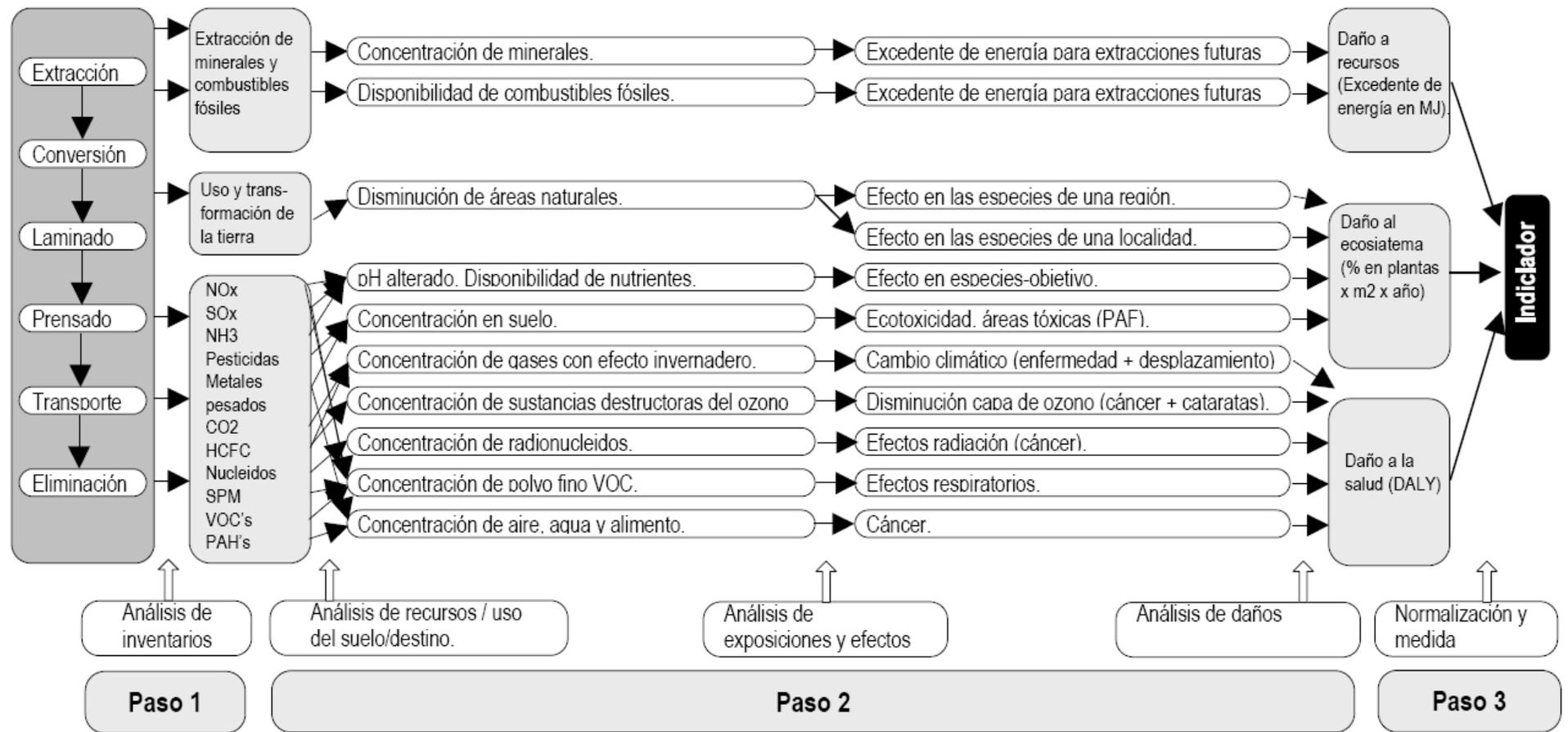
Modelo de daños referido a los recursos.

Al extraer minerales se reduce la calidad de los recursos restantes. Esto es debido a que la humanidad siempre extrae primero los mejores recursos, dejando los de baja calidad a las generaciones futuras. Por ejemplo, en la Edad de Bronce, nuestros antepasados encontraron menas con elevados porcentajes de cobre, mientras que ahora éste apenas alcanza el 0,7%.

Las generaciones futuras experimentarán el daño referente a los recursos ya que tendrán que emplear más esfuerzo para extraer los recursos que queden. Se expresa este esfuerzo extra como excedente de energía.

Se aplica el mismo razonamiento para los combustibles fósiles, aunque aquí no se puede hablar de concentración. Sin embargo, la riqueza de datos estadísticos indica que, de forma gradual, la disponibilidad de combustible fósil de fácil extracción, como el petróleo, va disminuyendo. Esto no significa que sea al final de los recursos fósiles, sino que deberán utilizarse otros combustibles de menor calidad, como el aceite de pizarra. Aquí también se puede interpretar la menor calidad como excedente de energía, ya que la exploración para encontrar pizarra, por ejemplo, requerirá un consumo de energía mayor que la extracción de petróleo.

A continuación se observa una representación detallada del modelo de daños de un caso práctico.



Representación detallada del modelo de daños [22]

3.7. Herramientas para realizar el ACV

Actualmente el ACV es una metodología básica para el ecodiseño. Existen ya bases de datos muy elaboradas y completas así como herramientas informáticas de apoyo para la evaluación de impacto del ciclo de vida fundamentalmente. (EICV)

Las herramientas informáticas comerciales para ACV son principalmente bases de datos que alimentan los algoritmos de un Software de análisis.

Para las bases de datos no existe una valoración universalmente aceptada del impacto ambiental que una determinada sustancia o un proceso concreto producen en una determinada región en unas condiciones determinadas. Como resulta evidente las variables son tan amplias que complican seriamente dicha empresa.

Diferentes bases de datos, aunque similares en lo más transcendental, difieren en el valor y algoritmo utilizado para la determinación de éste, para cada emisión, vertido o proceso.

La facilidad que una base de datos ofrezca para la inclusión de datos propios del diseñador e incluso la posibilidad de importar- exportar datos desde programas de uso cotidiano son características que diferencian una buena base de datos. A continuación se describen las principales bases de datos que se usan en la actualidad:

- IDEMAT (Universidad tecnológica de Delft, 1994 de uso a escala Europea inicialmente y en evolución continua) es una base de datos con una gran variedad de materias primas y recursos, con un aporte extra de información técnica y sobre procesos industriales.
- BUWAL SRU 250 (1997, desarrollada en Alemania para países Europeos) es una base de datos muy bien documentada con referencias relativas a los datos, que permite una evaluación sistemática de los mismos. Posee información de procesos de producción e incluso distribución, materiales de embalaje y tipos de eliminación y recuperación.

Los Software comerciales destacados son:

- SimaPro: desarrollado en Holanda y comercializado por Pre´consulting. Utiliza bases de datos BUWAL 250 e incluye ecoindicadores como el Ecoindicador`99, se puede realizar un mismo ACV con diferentes métodos para evaluación de impactos, permite calcular los impactos según series de normas ISO 14040.
- GaBi: desarrollado en Alemania y comercializado por IPTS. Este programa permite recrear procesos simples y procesos parametrizados que permiten simular entradas y salidas más complejas e incluso asociar costes a los flujos.
- Umberto: desarrollado en Alemania y comercializado por IFEU. Se caracteriza por su gran calidad de datos y transparencia de los resultados. Tiene una gran librería de procesos estándar.
- Team: comercializado por Ecobalance, con origen compartido Europeo- Estadounidense. Es uno de los programas más potentes y flexibles. No dispone de guía paso a paso y permite la introducción de información relativa a costes.
- Repaq.ltd. Desarrollado en E.E.U.U. y comercializado por Franklin Associated.
- NIRE-LCA 2: desarrollado en Japón y comercializado por: National Institute for Resources and Environmental. Software utilizado extensamente en la industria japonesa para la implantación del ACV.
- LACaIT: desarrollado en Suecia y comercializado por Chalmers Industrifeknik. Está basado en el modelo SPINE (Sustainable product information network for the environment), formato para el almacenamiento, administración y recuperación de los datos de inventario.