

ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (ACV) HERRAMIENTA DE GESTIÓN AMBIENTAL

M^a TERESA ROMERO DÍAZ DE ÁVILA

1. CONCEPTO DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA.....	3
2. EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	5
3. APLICACIONES DEL ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA	7
EL ACV EN EL CONTEXTO DE LAS LEGISLACIONES COMUNITARIA Y ESPAÑOLA	7
<i>ACV en el contexto de la legislación comunitaria</i>	<i>7</i>
<i>El ACV en el contexto de la legislación española</i>	<i>8</i>
EL ACV COMO HERRAMIENTA PARA LA INDUSTRIA Y PARA LA ADMINISTRACIÓN.....	8
<i>Aplicaciones del ACV para la administración.</i>	<i>9</i>
4. ETAPAS DE DESARROLLO DE UN ACV.....	10
DEFINICIÓN DEL OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO.....	11
ANÁLISIS DE INVENTARIO DE CICLO DE VIDA	12
EVALUACIÓN DE IMPACTO DE CICLO DE VIDA	13
<i>Clasificación</i>	<i>13</i>
<i>Caracterización y Análisis de Significancia (Normalización)</i>	<i>14</i>
<i>Valoración.....</i>	<i>15</i>
INTERPRETACIÓN DEL ACV	15
REVISIÓN CRÍTICA.....	15

1. Concepto de análisis de ciclo de vida

El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una herramienta de gestión medioambiental cuya finalidad es analizar de forma objetiva, metódica, sistemática y científica, el impacto ambiental originado por un proceso/producto durante su ciclo de vida completo (esto es, de la cuna a la tumba). En el análisis se tienen en cuenta las etapas de extracción y procesamiento de las materias primas, producción, transporte, distribución, uso, reutilización, mantenimiento, reciclado y disposición final.

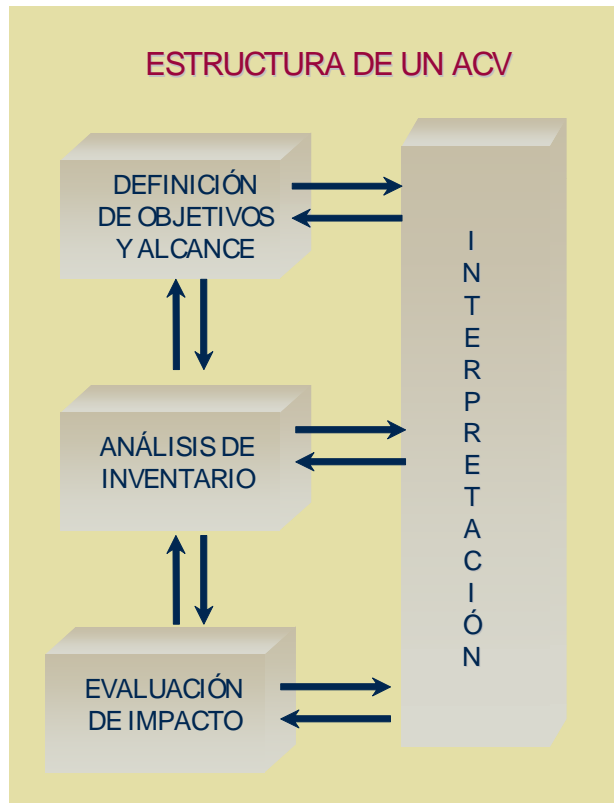
La norma UNE-EN ISO 14040 (Gestión Ambiental. Análisis del Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia) define el Análisis de Ciclo de Vida como una técnica que trata los aspectos medioambientales y los impactos ambientales potenciales a lo largo del ciclo de vida de un producto, mediante:

- la recopilación de un inventario de las entradas y salidas relevantes del sistema del producto (producto/proceso en estudio);
- la evaluación de los potenciales impactos medioambientales asociados con las entradas y salidas identificadas en el inventario;
- la interpretación de los resultados de las fases de análisis de inventario y evaluación de impacto de acuerdo con los objetivos del estudio.

El ACV de un producto o proceso consta de cuatro etapas interrelacionadas, que se definen brevemente a continuación de acuerdo a la norma ISO 14040 y se expondrán con más detalle en otro punto de este documento:

- Etapa 1. Definición del Objetivo y Alcance del ACV. En los objetivos se exponen los motivos por los que se desarrolla el estudio, la aplicación prevista y a quién va dirigido. El alcance consiste en la definición de la amplitud, profundidad y detalle del estudio.
- Etapa 2. Análisis de Inventario de Ciclo de Vida. Esta fase incluye la identificación y cuantificación de las entradas (consumo de recursos) y salidas (emisiones al aire, suelo y aguas y generación de residuos) del sistema del producto. Por sistema del producto se entiende el conjunto de procesos unitarios conectados material y energéticamente que realizan una o más funciones idénticas.
- Etapa 3. Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida. Durante esta etapa, utilizando los resultados del análisis de inventario, se evalúa la importancia de los potenciales impactos ambientales generados por las entradas y salidas del sistema del producto.
- Etapa 4. Interpretación, la cual incluye la combinación de los resultados de las dos etapas anteriores, con la finalidad de extraer, de acuerdo a los objetivos y alcance del estudio, conclusiones y recomendaciones que permitan la toma de decisiones.

En la figura se representan las fases que debe cubrir un ACV y las relaciones existentes entre las mismas.



2. Evolución histórica del análisis de ciclo de vida

La evolución histórica del Análisis de Ciclo de Vida puede dividirse en dos períodos. El primero va desde los años sesenta hasta finales de los ochenta y el segundo, comenzó en 1990 y continúa en nuestros días.

Los primeros estudios, en los años 60, se centraban en el cálculo del consumo energético necesario para la producción de sustancias químicas intermedias y finales. Posteriormente, como consecuencia de las predicciones de aumento de la población (lo que hizo prever un incremento de la demanda de recursos materiales y energéticos) y, sobre todo, a partir de la crisis del petróleo de los años setenta, se llevaron a cabo gran número de estudios más detallados encaminados, sobre todo, a la gestión óptima de los recursos energéticos. Dado que para estos estudios había que tener en cuenta los balances de materia del proceso, fue necesario incluir en ellos el consumo de materias primas y la generación de residuos.

Entre el año 75 y comienzos de los ochenta, disminuyó el interés por el tema, aumentando otra vez a inicios de los ochenta. Hay que destacar dos hechos importantes:

- La fundación de la SETAC (Society for Environmental Toxicology and Chemistry) en 1979, cuyo objetivo es el desarrollo de la metodología y los criterios del ACV y que actualmente lidera este tema.
- Debido a que en la población se incrementó la preocupación por el medio ambiente, tanto los industriales como la administración pusieron énfasis en el ACV. Los industriales lo hicieron con la intención de incrementar sus ventas definiendo su producto como más respetuoso con el medio ambiente y la administración con el interés de desarrollar normativas o criterios que permitieran clasificar los productos en función de su carga medioambiental.

La segunda etapa de desarrollo del ACV comienza en 1990, en que se proyectó el tema a nivel internacional, con la organización de tres seminarios sobre ACV: el primero en Washington, organizado por World Wildlife Found y patrocinado por la EPA, el segundo en Vermont, organizado por SETAC, y el tercero en Lovaina, organizado por Procter & Gamble.

Al mismo tiempo, diversas instituciones comenzaron a desarrollar estudios de sectores industriales o productos concretos. Es el caso de BUWAL (Swiss Federal Office of Environment, Forests and Landscape), APME (Association of Plastics Manufactures in Europe) y PWMI (European Centre for Plastics in the Environment).

En 1992 se creó la SPOLD (Society for the Promotion of LCA Development), asociación formada por 20 grandes compañías europeas, con el objetivo de potenciar y normalizar el uso del ACV.

En 1993 se creó en ISO el Comité Técnico 207 (ISO/TC 207), con el objetivo de desarrollar normativas internacionales para gestión medioambiental. El Subcomité SC 5 desarrolla la normalización referente al Análisis del Ciclo de Vida. Hasta el año 2006, el contexto normativo del ACV era el siguiente:

- UNE-EN ISO 14040. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y Estructura.
- UNE-EN ISO 14041. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Definición de Objetivos y Alcance y análisis de inventario.
- UNE-EN ISO 14042. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida.
- UNE-EN ISO 14043. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Interpretación de Ciclo de Vida.

En el año 2006, las normas enumeradas fueron anuladas y sustituidas por las siguientes:

- UNE-EN ISO 14040. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Principios y marco de referencia.
- UNE-EN ISO 14044. Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices.

3. Aplicaciones del análisis de ciclo de vida

El ACV, debido a sus características, puede ser utilizado con propósitos muy diferentes por distintos agentes sociales. Para reflejar sus usos, en este epígrafe se expondrá, de forma global, el papel que desempeña el ACV mediante la descripción de:

- El ACV en el contexto de las legislaciones comunitaria y española
- El ACV como herramienta para la industria y para la administración

El ACV en el contexto de las legislaciones comunitaria y española

El ACV, como se ha descrito, tuvo sus orígenes en los estudios energéticos llevados a cabo a raíz de las primeras crisis del petróleo. Desde entonces, su concepto ha evolucionado hasta hoy, en que se perfila como una herramienta de gestión ambiental de gran valor.

El ACV no está sometido a legislación alguna, si bien su filosofía, tal como se entiende en la actualidad, se refleja en los principales reglamentos y directivas relacionados con los sistemas de gestión ambiental y prevención desarrollados por la Comisión Europea, así como en las últimas regulaciones legislativas españolas.

ACV en el contexto de la legislación comunitaria

Dentro de la legislación comunitaria, se introducen conceptos e ideas compartidas con las del ACV en distintas regulaciones, exponiéndose a continuación las más representativas:

- Resolución 97/C 76/01, de 24 de febrero de 1997, sobre una estrategia comunitaria de gestión de residuos.
- Directiva 94/61/CE del Consejo, de 24 de septiembre de 1994, relativa a la prevención y al control integrados de la contaminación.
- Directiva 94/62/CEE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de diciembre de 1994, relativa a los envases y residuos de envases.
- Resolución del Consejo, de 1 de febrero de 1993, sobre un programa comunitario de política y actuación en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible.
- Reglamento (CE) nº 761/2001, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de marzo de 2001, por el que se permite que las organizaciones se adhieran con carácter voluntario a un sistema comunitario de gestión y auditoría medioambientales (EMAS).

- Reglamento (CE) nº 1980/2000 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de julio de 2000, relativo a un sistema comunitario revisado de concesión de etiqueta ecológica.

El ACV en el contexto de la legislación española

Siguiendo la línea de las disposiciones comunitarias en materia de medio ambiente, la legislación española más reciente también incluye la idea del ACV en algunos de sus puntos.

- Ley 10/98, de 21 de abril, de Residuos
- Ley 11/97, de 24 de abril, de envases y residuos de envases

El ACV como herramienta para la industria y para la administración

El ACV es una herramienta útil para proporcionar información a los sectores público y privado implicados en la toma de decisiones relativas a la mejora ambiental. Dicha información, combinada con datos económicos, sociales y laborales, puede ser utilizada por ambos sectores para la toma de decisiones estratégicas importantes, lo cual amplía sus aplicaciones más allá del terreno ambiental.

Aplicaciones del ACV para el sector industrial.

Dentro de este sector, el ACV tiene distintas aplicaciones, según se haga de él un uso interno o externo:

- Como usos internos del ACV, pueden destacarse:
 - ◆ Aplicaciones como herramienta para la planificación de estrategias medioambientales.
 - ◆ Selección de alternativas de gestión de residuos.
 - ◆ Herramienta de decisión durante la fase de diseño de nuevos productos.
 - ◆ Comparación funcional de productos equivalentes.
 - ◆ Comparación de distintas opciones dentro de un nuevo proceso con el objetivo de minimizar impactos ambientales.
 - ◆ Herramienta para la identificación de procesos, componentes y sistemas cuya contribución al impacto ambiental es significativa.
 - ◆ Evaluación de los efectos producidos por el consumo de recursos en las instalaciones.
- Como usos externos del ACV en la industria, destacan los siguientes:
 - ◆ Mejora de imagen y marketing ambiental.
 - ◆ Desarrollo de programas de investigación.

- ◆ Proporcionar información complementaria a la administración para la regulación y reducción de determinados productos.
- ◆ Ejercer presión sobre los proveedores.

Aplicaciones del ACV para la administración.

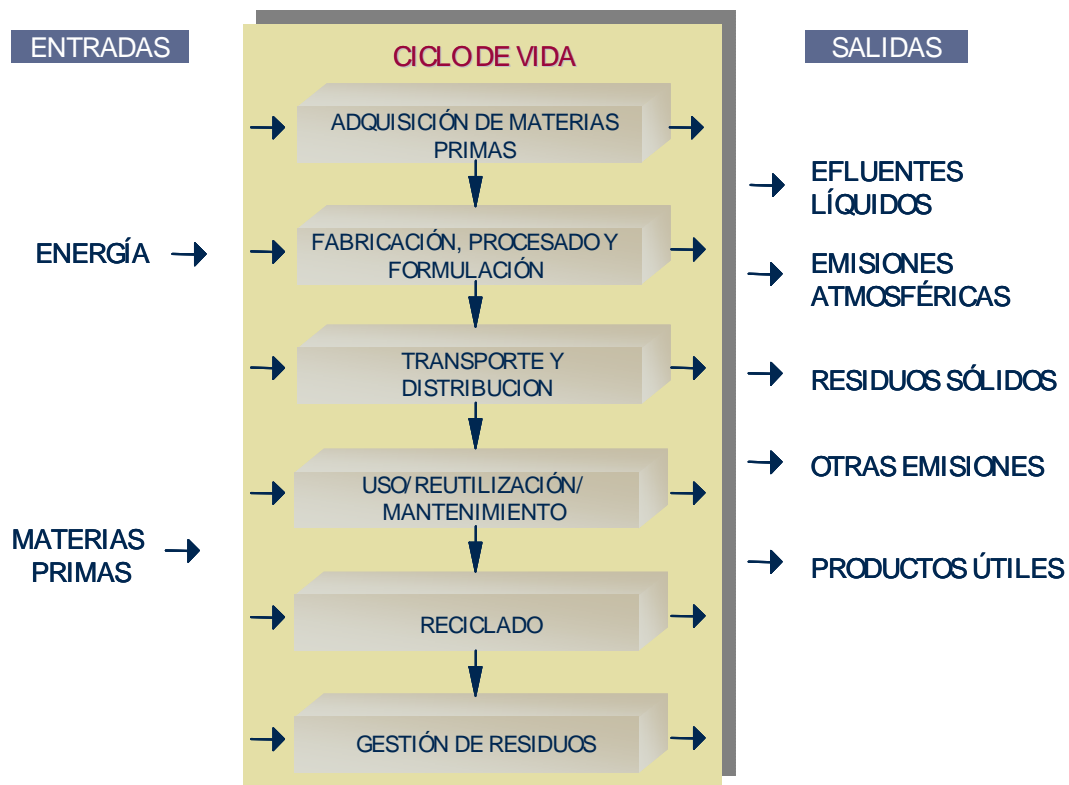
Entre los usos que este colectivo puede hacer del ACV destacan los siguientes:

- Herramienta para colaborar en el desarrollo de legislación y políticas ambientales que, a largo plazo, puedan favorecer la conservación de recursos y la reducción del riesgo ambiental asociado a productos y procesos.
- Evaluación de distintas alternativas de gestión de residuos.
- Proporcionar al público información sobre características ambientales de productos y materiales.
- Detección de necesidades de investigación y establecimiento de prioridades de actuación.
- Establecer criterios de valoración y diferenciación de productos en los programas de ecoetiquetado.

4. Etapas de desarrollo de un ACV

El Análisis de Ciclo de Vida es una técnica que permite evaluar los potenciales impactos medioambientales asociados con un producto, proceso o actividad, identificando y cuantificando los consumos de energía y materias primas así como los vertidos de residuos y las emisiones que tienen lugar a lo largo de todo el Ciclo de Vida, que son:

- Adquisición de materias primas
- Fabricación, procesado y formulación de productos
- Distribución y Transporte
- Uso/reutilización y mantenimiento
- Gestión de residuos (reciclado, valorización, eliminación en vertedero, ...)



Si bien todos los ACV deben cubrir las mismas etapas, el nivel de detalle no es el mismo en todos ellos, ya que depende del objetivo a cubrir. Ello da lugar a la diferenciación de tres tipos de ACV:

- ACV conceptual. Es el ACV más sencillo. Se trata de un estudio básicamente cualitativo, cuya finalidad principal es la identificación de los potenciales impactos que son más significativos. Los datos que se utilizan son cualitativos y muy generales.
- ACV simplificado. Es el segundo en escala de complejidad. Consiste en aplicar la metodología del ACV para llevar a cabo un análisis selectivo (tomando sólo en consideración datos genéricos y abarcando el Ciclo de Vida de forma superficial), seguido de una simplificación (centrándose en las etapas más importantes) y un análisis de la fiabilidad de los resultados.
- ACV completo. Es el nivel más complejo. Consiste en realizar un análisis en detalle, tanto del inventario como de los impactos, de forma cuali y cuantitativa.

El desarrollo de un Análisis de Ciclo de Vida, de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 14040, debe cubrir las siguientes etapas metodológicas:

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

Definición del objetivo y alcance del estudio

La definición de objetivos comprende la exposición de los motivos por los que se desarrolla el estudio y la descripción del destinatario del mismo. El alcance es la definición de la amplitud, profundidad y detalle del estudio.

- Definición del objetivo. La definición del objetivo del análisis debe ser clara y coherente con la aplicación que se va a dar al estudio.
- La definición de objetivos debe incluir:
 - ◆ Identificación del receptor y del realizador del estudio
 - ◆ Razones para realizar el estudio y el tipo de información que se espera obtener de él
 - ◆ Aplicación prevista del estudio y uso que va a hacerse con los resultados
 - ◆ Destinatario previsto del estudio (es decir, si será un informe interno, si se hará público y a quién)
 - ◆ Si procede, el uso del ACV en aseveraciones comparativas
- Definición del alcance del ACV. Esta etapa debe reflejar claramente la extensión del estudio lo cual implica, de acuerdo a la norma ISO 14040, la consideración y descripción de los siguientes puntos:

- ◆ Sistema del producto a estudiar
- ◆ Funciones del sistema del producto
- ◆ Selección de la unidad funcional.
- ◆ Establecimiento de los límites del sistema.
- ◆ Establecimiento de las reglas de asignación de cargas ambientales
- ◆ Tipos de impacto a evaluar, la metodología de evaluación y la interpretación.
- ◆ Requisitos que deben cumplir los datos del inventario.
- ◆ Hipótesis y limitaciones.
- ◆ Requisitos de calidad de los datos.

El alcance también debe incluir el tipo de revisión crítica a efectuar, si esta es necesaria de acuerdo con los objetivos del estudio y el tipo y formato del informe final.

Análisis de inventario de ciclo de vida

Esta fase consiste en la cuantificación de las entradas y salidas del sistema en estudio, en la que se incluye el uso de recursos (materias primas y energía), las emisiones a la atmósfera, suelo y aguas y la generación de residuos. Los datos obtenidos en esta fase son el punto de partida para la Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida.

Las etapas a cuantificar son las seis que componen el Ciclo de Vida del producto/proceso:

- Adquisición de materias primas: esta etapa comprende desde las actividades necesarias para la adquisición de materias primas o de energía hasta la primera fase de manufactura o procesamiento del material.
- Manufactura, procesado y formulación: esta etapa comprende las etapas que tienen lugar desde la introducción de las materias primas en el proceso hasta que se obtiene el producto final.
- Distribución y Transporte: el transporte comprende el movimiento de materiales o de energía entre las diferentes operaciones en cualquier etapa del ciclo de vida, incluida la extracción de recursos. La distribución comprende el paso de los productos manufacturados desde su salida de fábrica hasta el usuario final.
- Uso/Reutilización/Mantenimiento: los límites de esta etapa comienzan con la distribución de los productos o materiales y termina cuando estos productos o materiales pasan a ser residuos.
- Reciclado: comprende todas las actividades necesarias para recoger el residuo y devolverlo a un proceso de fabricación.
- Gestión de Residuos: incluye todos los mecanismos de tratamiento de los residuos (estudio de las posibles alternativas de gestión).

Siempre que sea posible, es recomendable utilizar datos directamente obtenidos del proceso en estudio, a través de:

- Medidas “in situ”
- Balances de materia y energía
- Entrevistas, fuentes bibliográficas, ...

El inventario, a fin de dar una visión global del producto/proceso al que corresponde, además de los datos cuantificados debe constar de:

- Diagramas de flujo que dejen claro el sistema en estudio, así como las relaciones que tienen lugar dentro del mismo.
- Descripción detallada de cada unidad de proceso, listando la categoría de los datos asociados con cada una de ellas.
- Desarrollo de una lista donde se especifiquen las unidades de medida de cada parámetro.
- Descripción de los métodos empleados para recoger los datos y de las técnicas de cálculo empleadas para cada categoría de datos.
- Instrucciones informando claramente de fuentes documentales para casos especiales, irregularidades, o cualquier otra circunstancia asociada con la recogida de datos.

Evaluación de impacto de ciclo de vida

La fase de Evaluación de Impacto del Ciclo de Vida relaciona los resultados del Análisis de Inventario con los efectos ambientales a que dan lugar, con el fin de valorar la importancia de los potenciales impactos que generan. En el contexto del ACV, se define un impacto como la anticipación razonable de un efecto, ya que no se trata de determinar impactos reales, sino de ligar los datos obtenidos en el inventario con una categoría de impacto y cuantificar la contribución a esta de cada uno de ellos.

La Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida consta de tres etapas:

- Clasificación
- Caracterización y análisis técnico de significancia (o normalización)
- Valoración

Clasificación

La fase de clasificación consiste en el agrupamiento de las cargas ambientales debidas al consumo de recursos y a la generación de emisiones y residuos, en función de los potenciales efectos ambientales que produce cada una de ellas.

Entre los efectos que se consideran en un ACV están los siguientes:

- Consumo de Recursos

- Calentamiento Global
- Reducción de la Capa de Ozono
- Acidificación
- Eutrofización
- Formación de oxidantes fotoquímicos
- Generación de residuos

Caracterización y Análisis de Significancia (Normalización)

La caracterización es el cálculo de la contribución potencial de cada compuesto detectado en el análisis de inventario a un efecto ambiental.

Por ejemplo, cuando se considera el efecto de la acidificación, habría que considerar las cargas ambientales debidas a las emisiones que contribuyen al mismo, esto es, CO₂, NO, NO₂, NO_x, NH₃, HCl y HF. Debido a que para valorar el efecto global de la acidificación es necesario tener todas las emisiones en unidades idénticas, se toma una como referencia y se expresa el resto en función de ella. Para este efecto concreto, se toma como referencia el SO₂, se le asigna valor 1 y se expresa el resto como equivalentes de SO₂.

Así, para medir la contribución del efecto de acidificación, se recurre a un factor de caracterización denominado potencial de acidificación (AP), el cual se define como la capacidad de una unidad de masa contaminante de emitir H⁺ para absorber radiación infrarroja en relación con la capacidad del SO₂.

La contribución parcial de cada sustancia a este efecto se calcula como el producto de su potencial de acidificación por la masa de esa sustancia que es emitida al aire.

De acuerdo a esto, la contribución total a la acidificación puede definirse como la suma de las contribuciones parciales:

$$\text{Contribución total a acidificación} = \Sigma(\text{AP}_i \cdot m_i)$$

donde:

AP_i : Potencial de acidificación de la sustancia i

m_i : Masa de sustancia i emitida al aire

Las unidades vienen expresadas en Kg de SO₂ equivalentes

Con el fin de analizar la importancia relativa de cada efecto considerado durante la caracterización, se recurre a un “análisis técnico de significancia” (término propuesto por ISO), también llamado “normalización” (término propuesto por SETAC). Este paso consiste en el cálculo de la contribución relativa de cada efecto ambiental a las cargas totales del producto/proceso en estudio.

La normalización es necesaria debido al hecho de que los valores que se obtienen durante la caracterización, como se ha expuesto, están expresados en diferentes unidades. La normalización permite trasladar los resultados de la clasificación a unidades que permitan su comparación y su interpretación.

Tras la normalización de cada efecto, se lleva a cabo la agregación de los datos, con lo que se obtiene un perfil ambiental del Ciclo de Vida bajo estudio.

Valoración

EL siguiente paso a llevar a cabo dentro de la fase de Evaluación de Impacto de Ciclo de Vida es la Valoración. El objetivo de esta etapa es determinar qué efecto causa el menor impacto teniendo en cuenta el Ciclo de Vida completo, para lo que los efectos ambientales son sopesados unos con otros con la finalidad de comparar los perfiles normalizados obtenidos en la etapa anterior.

Interpretación del ACV

La Interpretación es la combinación de los resultados del análisis de inventario y de la evaluación de impacto, en la cual se proporcionan resultados coherentes con el objetivo y el alcance definidos. A veces, puede implicar un proceso iterativo de revisión y actualización del alcance, así como de la naturaleza y la calidad de los datos recopilados para que sean coherentes con el objetivo y el alcance.

El análisis puede incluir medidas cualitativas y cuantitativas de mejoras, como cambios en el producto, en el proceso, en el diseño, sustitución de materias primas, gestión de residuos, etc. De igual forma, puede ir asociada con las herramientas de prevención de la contaminación industrial, tales como minimización de residuos, o rediseño de productos.

Revisión crítica

El concepto de revisión crítica ha sido incorporado como requerimiento en la norma UNE-EN ISO 14040 enfocada, sobre todo, a ACV donde se llevan a cabo aseveraciones comparativas.

La misión del proceso de revisión crítica es asegurar que:

- Los métodos utilizados en el ACV son coherentes con ISO 14040
- Los métodos usados en el ACV son técnica y científicamente válidos
- Los datos utilizados son apropiados y razonables con el objetivo del estudio
- Las interpretaciones reflejan las limitaciones identificadas y el objetivo del estudio
- El informe del estudio es transparente y coherente

En los objetivos del estudio debe definirse si la revisión crítica va a ser llevada a cabo, así como el motivo de su realización, aspectos que cubrirá y con qué detalle y personas involucradas en el proceso.

Hay que distinguir tres tipos de revisión crítica:

- Revisión por expertos internos. La revisión crítica la lleva a cabo un experto interno independiente del estudio del ACV, familiarizado con los requisitos de la norma ISO 14040 y con experiencia científica y técnica. El informe de revisión puede ser preparado por la persona que realiza el ACV y revisada por el experto interno o puede ser preparado en su totalidad por el experto interno. El informe debe incluirse en el informe del estudio de ACV.

- Revisión por experto externo. Es llevada a cabo por un experto externo independiente del estudio de ACV. El experto debe estar familiarizado con la norma ISO 14040 y tener experiencia científica y técnica. El informe de revisión puede ser preparado por la persona que realiza el ACV y revisado por el experto externo o puede ser preparado en su totalidad por el experto externo. El informe de revisión, los comentarios y cualquier respuesta hecha a las recomendaciones hechas por el revisor deben incluirse en el informe del estudio de ACV.
- Revisión por partes interesadas. En este caso, el cliente que encarga el estudio selecciona un experto externo independiente para presidir el grupo revisor. De acuerdo al objetivo, alcance y presupuesto disponible para la revisión, el experto externo selecciona a otros revisores independientes cualificados. El informe de revisión, el informe del grupo revisor, los comentarios de los expertos y cualquier respuesta a las recomendaciones hechas por el revisor o por el grupo deben incluirse en el estudio de ACV.