

# BOLETÍN TÉCNICO

## ISO 14044: CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)



### 1. INTRODUCCIÓN

El análisis del ciclo de vida (LCA o Life Cycle Analysis por sus siglas en inglés) es un método para la evaluación de los impactos ambientales de los productos y tecnologías con una perspectiva que considera los efectos sobre el ambiente de la "cuna a la tumba", es decir, desde la obtención de la materia prima necesaria para la fabricación del producto hasta su disposición final y que toma en cuenta todos los impactos que dicha producción genera sobre el ambiente de modo directo o indirecto. Es una herramienta esencial para cualquier persona que realiza análisis ambientales o que utiliza los resultados de dichos análisis para la toma de decisiones.

Las normas ISO 14040:2006<sup>1</sup> y 14044:2006<sup>2</sup> presentan los lineamientos para realizar un análisis de ciclo de vida de un producto. Este boletín resume este procedimiento y presenta un ejemplo de cálculo usando una bolsa plástica.

### 2. ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA).

LCA se basa en evaluar las cargas ambientales asociadas con un producto o proceso al identificar y cuantificar las masas y energías usadas así como los desechos liberados al ambiente, tomando en cuenta todos los

procesos de transformación que se generan, incluyendo la extracción de la materia prima, procesamiento, transporte, consumo, desechos, entre otros<sup>3</sup>. Un esquema de dicho concepto, aplicado a la producción de bolsas plásticas se muestra en la Figura 1.

El análisis de ciclo de vida de un empaque permite determinar cuáles etapas de la producción, distribución y uso de éste impactan más al ambiente, tanto positiva como negativamente. En el caso de las bolsas plásticas, el mayor consumo de energía (por kg de producto) se produce en su síntesis, en comparación, la transformación del polietileno en empaque, consume mucha menos energía. Este método permite incluir reducciones de impacto ambiental cuando, por ejemplo, un producto se recicla, al "ahorrarse" el impacto que produce el desechar el producto al ambiente.

Adicionalmente, un LCA mide el impacto de los contaminantes que se generan en el proceso y que terminan en el ambiente. Por ejemplo, entre los gases que causan el efecto invernadero están el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y el metano ( $\text{CH}_4$ ). La biodegradación de compuestos de carbono en ambientes aeróbicos genera principalmente  $\text{CO}_2$ , mientras que la biodegradación en ambientes anaeróbicos genera  $\text{CH}_4$ . Sin embargo, este último es 23 veces más potente en la

<sup>1</sup> ISO 14040:2006. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework

<sup>2</sup> ISO 14044:2006. Environmental management -- Life cycle assessment -- Requirements and guidelines.

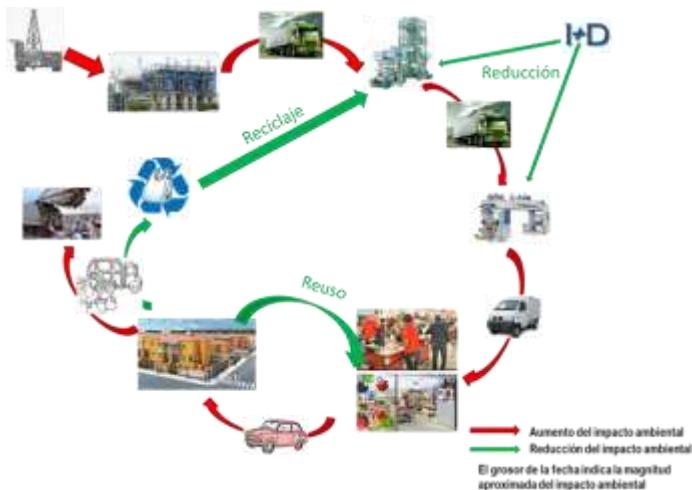
<sup>3</sup> Gómez, Patricia y otros. Impacto Ambiental de Empaques Plásticos Flexibles. Jornadas Tecnológicas 2012. Junio 2012, Maracaibo, Edo. Zulia, Venezuela.

# BOLETÍN TÉCNICO

## ISO 14044: CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)



generación de efecto invernadero que el primero. Es decir, de no haber otra alternativa, debe elegirse el uso de procesos que generen dióxido de carbono sobre los que generen metano.



**Figura 1. Esquema del análisis de ciclo de vida de un empaque.**

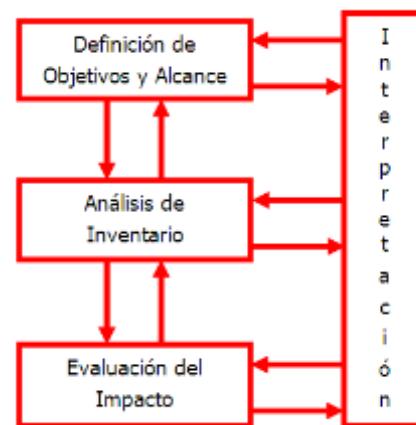
### 3. PASOS PARA REALIZAR UN LCA

Para evaluar los impactos ambientales de un producto, proceso o servicio mediante la metodología LCA, se deben seguir cuatro pasos principales (Figura 2), que están interrelacionados entre sí:

1. Determinar los objetivos y alcance del LCA;
2. Compilar un inventario de entradas y salidas de energía, materiales y salidas ambientales a través de todas las etapas del ciclo de vida pertinentes;
3. Evaluar los impactos ambientales relevantes asociados con las entradas y emisiones del ciclo de vida; e

4. Interpretar los resultados para dar lugar a una decisión más informada.

Un análisis adecuado de ciclo de vida define primero un sistema de análisis, es decir, cuál proceso o secuencia de procesos van a ser analizados. Esto implica establecer unos límites del sistema; por ejemplo, no es lo mismo evaluar el impacto ambiental de la transformación de plástico en una botella plástica que evaluar el impacto ambiental de la producción del polímero y su transformación en la misma botella.



**Figura 2. Marco de evaluación del ciclo de vida.**

Por otro lado, el análisis debe estar referido a una cantidad estándar de producto que permita una comparación adecuada. Por ejemplo, un estudio de ciclo de vida que analice el impacto ambiental de una bolsa plástica de 15 micras no es tan útil como uno que estudie el impacto ambiental de transportar 4 Kg de bienes en una bolsa plástica. Este último permite comparar los impactos ambientales de dicha bolsa con una

# BOLETÍN TÉCNICO

## ISO 14044: CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)



alternativa que permita cargar igualmente 4 Kg de bienes.

### 3.1. *Etapas del ciclo de vida*

Para definir las "etapas del ciclo de vida", se usará como ejemplo en este boletín una bolsa de plástico, describiéndose a continuación las distintas etapas presentes en este producto:

1. **Adquisición de materias primas**, que incluye los procesos relacionados con la extracción de materias primas y refinación. Para la bolsa de plástico, fabricada con polietileno de alta densidad (PEAD), la adquisición de materias primas incluiría la extracción de gas natural, su conversión en etileno y su transporte a una planta, como Polinter, que produce el PEAD.
2. **Manufactura**, que incluye los procesos que convierten las materias primas en los productos terminados. En este caso, las bolsas de plástico se fabrican mediante la transformación de pellets de plástico, convirtiéndolos en una película para la formación de las bolsas. Nótese que hay dos procesos de manufactura: obtención de los pellets y su conversión en forma de película.
3. **Distribución**, que incluye el transporte y el almacenamiento de productos para el consumo. Por ejemplo, la bolsa de plástico será enviada desde el fabricante hasta una tienda de comestibles. También debe incluir el transporte de los pellets y el transporte de otros insumos para la fabricación de la bolsa (tinta, cajas, sacos, consumibles de equipos de transformación).

4. **Uso / reutilización**, que es la etapa donde los productos realizan un servicio útil para el consumidor. En este caso, la bolsa de plástico se llevará de la tienda de comestibles a la casa. Algunos consumidores también podrían volver a utilizar la bolsa para ir de compras adicionales o como bolsa de basura.

5. **Disposición**, es el final del ciclo de vida, en el que los productos entran en el sistema de gestión de residuos. Dependiendo de las prácticas locales de gestión de residuos, la bolsa de plástico puede ser reciclada, colocada en vertederos o incinerada para generar energía.

Para cada una de estas etapas deben cuantificarse los impactos (positivos y negativos) en el medio ambiente de las actividades que se hagan sobre el producto. Para mantener el análisis dentro de límites realizable, deben considerarse sólo aquellos impactos que sean relevantes o significativos. En este ejemplo, un impacto relevante pudiera ser la combustión de combustible diesel en los camiones de transporte que trasladan las bolsas de plástico, que libera dióxido de carbono al ambiente. Por otro lado, el impacto que tendría la contaminación que genera el transporte de las tintas de las bolsas pudiera ser tan bajo comparado con el anterior que no valga la pena el esfuerzo de cálculo. Estas suposiciones deben ser explícitamente declaradas en el estudio, de modo que puedan compararse análisis realizados por distintos autores sobre una misma base.

# BOLETÍN TÉCNICO

## ISO 14044: CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)



### 3.2. Procesos unitarios

La norma ISO 14040 para el LCA define un proceso unitario como la "más pequeña porción de un sistema de productos para los que se recogieron los datos cuando se realiza una evaluación del ciclo de vida".

En la Figura 3, se observa un proceso unitario genérico. A la izquierda se tienen insumos de materiales y energía necesarios para generar una salida de producto útil. A la derecha se tienen las salidas de las emisiones ambientales y sub-productos que están asociados con el proceso, junto con la salida de producto en sí. Estas entradas y salidas asociadas a un proceso unitario se conocen como el "inventario de procesos unitarios".

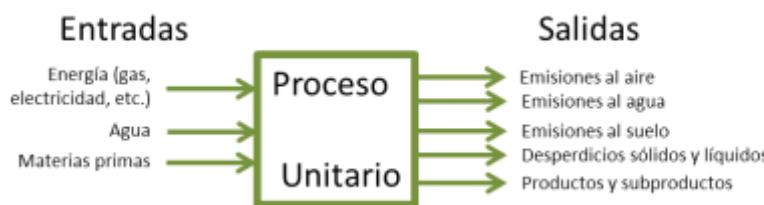


Figura 3. Proceso unitario genérico.

A modo de ejemplo, en el caso de una bolsa plástica, el primer proceso es generar el etileno a partir del gas, el segundo es convertir dicho etileno en gránulos de PEAD, y el tercer proceso consiste en fundir los gránulos de polietileno de alta densidad, la extrusión de una película, y formar las bolsas en el proceso de producción de bolsas; cada paso se representa con un proceso unitario en la Figura 4. A éste pueden añadirse pasos adicionales, como el de transporte de la bolsa desde el transformador y luego desde el distribuidor.



Figura 4. Fabricación de una bolsa de PEAD.

Las entradas de la naturaleza se refieren a los flujos, como el petróleo crudo extraído de la tierra o el maíz cosechado de un campo. Las salidas a la naturaleza se refieren a los contaminantes y residuos que se liberan en el medio ambiente. Los flujos a la tecnosfera se refieren a cualquier flujo de energía o masa que se origina a partir de un proceso efectuado por el ser humano (ejemplo: la entrada de pellets a la fábrica de bolsas y la salida de éstas al cliente).

Bajo esta convención se han diseñado extensas bases de datos que están ordenadas con base en estos cuatro tipos de entradas y salidas, desglosadas por los componentes específicos. Esto hace que el análisis de flujos de energías y masas de una planta de producción de polietilenos, que puede lucir muy compleja, sea fácil de entender y usar.

Los inventarios de procesos unitarios se refieren a las entradas y salidas como "flujos" o

# BOLETÍN TÉCNICO

## ISO 14044: CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)



"intercambios". Además, estos flujos se miden hacia o desde la naturaleza y desde o hacia la tecnosfera (ver Tabla 1). Para una bolsa de plástico, la extracción de gas natural se describe como un flujo desde la naturaleza. En el siguiente proceso de unidad, donde el gas natural se convierte en etileno, debido a que el gas ya tuvo un proceso humano previo, se considera como una entrada desde la tecnosfera. Debido a que el etileno es un

producto intermedio que es utilizado por otros procesos unitarios, se considera una salida para la tecnosfera y así sucesivamente.

¿Por qué se necesita distinguir entre flujos desde y hacia la naturaleza y de los flujos hacia y desde la tecnosfera? Además de visualizar mejor los orígenes y destinos de los flujos en el inventario, permite cuantificar los impactos ambientales generados por los procesos específicos.

**Tabla 1. Inventario de procesos unitarios: De Etileno a PEAD\***

Entradas de la naturaleza	Nombre de flujo	Categoría	Subcategoría	Valor	Unidad	Notas
	Gas natural	Recurso/elemental	Suelo			
	Carbón bituminoso	Recurso/elemental	Suelo			
	Energía hidroeléctrica	Recurso/elemental	Aqua			
	Nuclear	Recurso/elemental	Suelo			
	Petróleo	Recurso/elemental	Suelo			
	Madera	Recurso/elemental	Biosfera			
	Aqua	Recurso/elemental	Aqua	1.5	litros	
Entradas de la tecnosfera	Nombre de flujo	Categoría	Subcategoría	Valor	Unidad	Notas
	Olefinas (etileno)	Producto		1.02	kg	
	Aqua	Producto				
	Electricidad	Producto		0.178	kWh	
	Gas natural	Producto		0.035	m <sup>3</sup>	
	LPG	Producto		0.000038	litros	
	Aceite de residuo	Producto		0.006	litros	
	Gasolina	Producto				
	Diesel	Producto				
Salidas a la naturaleza	Nombre de flujo	Categoría	Subcategoría	Valor	Unidad	Notas
	Dióxido de Carbono - fósil	Recurso/elemental		0.1	kg	
	Metano	Recurso/elemental		0.000014	kg	
	Óxido nitroso	Recurso/elemental				
	Dióxido de Carbono - no fósil	Recurso/elemental				
	Partículas (no especificadas)	Recurso/elemental		0.000018	kg	
	Óxido de nitrógeno			0.000029	kg	
	Dióxido de Sulfuro					
	Otros			0.000000048	kg	
Salidas a la tecnosfera	Nombre de flujo	Categoría	Subcategoría	Valor	Unidad	Notas
	Polietileno de alta densidad	Producto		1	kg	

\* Nota: Los flujos y valores aquí indicados son referenciales para propósitos didácticos y no representan mediciones en Polinter o en cualquier otra planta de polietileno.

# BOLETÍN TÉCNICO

## ISO 14044: CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)



Una vez identificados y clasificados los flujos, los mismos se ordenan en una hoja de cálculo, donde los datos de flujo deben aparecer en las filas de la tabla de inventario. La Tabla 1 muestra un ejemplo didáctico y simplificado de un inventario para una planta de producción de PEAD. Es de hacer notar que esta tabla está presentada para propósitos de este boletín e incluye sólo una fracción de los flujos que se dan en una planta de este tipo. Nótese que para facilidad de cálculo, los flujos se estiman con base en 1 Kg de PEAD.

Dependiendo de la profundidad del análisis, se puede incluir información adicional. En este caso, la segunda columna permite agrupar las sustancias y energías en categorías pre-establecidas para poder medir el impacto ambiental por dichos rubros; la tercera columna contiene información adicional sobre los orígenes y destinos de los flujos desde y hacia la naturaleza; y la cuarta columna está reservada para subcategorías de la tercera columna, igualmente pre-establecidas.

La quinta columna en la tabla de inventario debe contener el valor del flujo y la sexta columna la unidad en que se expresa ese valor, por unidad de producto. Basados en el ejemplo de la Tabla 1, se requieren 0,178 kWh para producir 1 Kg de PEAD. Esta electricidad es la que consume toda la planta (reactores, bombas, almacenes, oficinas, etc.) lo que facilita el análisis. En la parte de notas se suele añadir información sobre el origen de los datos. La calidad de la data empleada es crucial para obtener un análisis confiable. Existen numerosas bases de datos elaboradas por institutos especializados, y las hay disponibles

gratuitamente y por pago. Una de las más reconocidas y usadas es la que provee libre de costo el National Renewable Energy Laboratory<sup>4</sup>. En el área de plásticos, una fuente de consulta gratuita es la de la Asociación de Productores Plásticos de Europa<sup>5</sup>. Debe seleccionarse aquella base de datos que mejor represente al proceso bajo estudio, desde el punto de vista del proceso mismo, como de sus entradas y salidas, de su ubicación geográfica y hasta en aspectos culturales (en el caso de la bolsa plástica, que tome en cuenta los patrones de consumo de las personas en la región bajo estudio).

Nótese finalmente que este inventario agrega todos los componentes de la producción de PE, desde que entra el etileno hasta que se empacan los gránulos. Para el interesado, se puede segmentar este proceso, separándolo en fases más específicas, como por ejemplo, la polimerización, el secado, el granulado y el empaque. Mientras más se segregue, más difícil será conseguir la información, pero se tendrá mayor detalle de los procesos específicos que impactan en mayor medida al ambiente.

### 3.3. Convenciones para los flujos de energía

Los flujos de energía son comunes a casi todos los tipos de procesos unitarios, y para muchos

<sup>4</sup> Ver <http://www.nrel.gov/lci/> (consultado en octubre 2015).

<sup>5</sup> Ver <http://www.plasticseurope.org/plastics-sustainability-14017/eco-profiles/browse-by-list.aspx> (consultado en octubre 2015)

# BOLETÍN TÉCNICO

## ISO 14044: CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)



productos las emisiones relacionadas con la energía representan una fracción significativa de los impactos totales del ciclo de vida. Existen dos tipos diferentes de flujos de energía: la energía como combustible y la energía en los materiales. La energía como combustible se refiere a la energía que lleva a cabo un trabajo útil en un proceso, como el diesel, la gasolina, la electricidad y el gas natural. La energía en los materiales se refiere al valor de la energía inherente de los materiales utilizados para crear productos. En este ejemplo, la propia bolsa podría ser utilizada como un combustible después de que se desecha, y que a menudo se encuentra en los residuos a los incineradores de energía. Esto se denota como "energía de materia prima."

Los análisis de ciclo de vida deben tener en cuenta todas las pérdidas de energía que se producen al convertir fuentes de energía primaria en portadores de energía, teniendo presente que una fracción significativa de la energía térmica en el combustible de entrada se pierde como calor residual al medio ambiente al ser convertida en electricidad. Igualmente, parte de la electricidad generada se utiliza en la planta de energía en sí, resultando en pérdidas de energía adicionales. Por último, también hay pérdidas de energía en los sistemas que transmiten y distribuyen electricidad a partir de la planta de energía para el consumidor. Como resultado de todas estas pérdidas, sólo una fracción de la energía térmica (usualmente alrededor de un tercio de la misma) que estaba contenida en el combustible de entrada permanece en la electricidad que se emplea en el producto.

¿Por qué es importante tener en cuenta este tipo de pérdidas de conversión? El impacto ambiental del producto final debe tomar en cuenta todas estas pérdidas porque son generadas para convertir una materia prima en un producto terminado. Mientras menores sean estas pérdidas (por ejemplo, usando un sistema de transmisión eléctrica más eficiente) menor será el impacto ambiental del producto. Esto también evidencia que es importante conocer el origen de los datos de flujos de materiales y energía: el porcentaje de pérdidas serán diferentes de país a país, por ejemplo. Otro aspecto que no debe descuidarse es la tecnología empleada. Una moderna y eficiente, que haya sido diseñada con criterios ambientales, es preferible a una tecnología anticuada e ineficiente. Lo anterior aplica no sólo a la conversión energética, sino a todos los procesos unitarios bajo consideración.

### 4. EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES: BALANCES DE MASA

Una vez identificados todas las fuentes de flujo de masas y energías y su impacto en el ambiente, se debe efectuar el balance de masas que entran y salen al sistema que se debe analizar.

El balance de masas es el último de los fundamentos estructurales de un LCA. El principio de la ley de conservación de la masa se debe aplicar en el LCA; es decir, toda la masa que entra, sale o se acumula en un sistema de ciclo de vida debe ser contabilizada ya sea como un flujo de productos dentro del sistema o un flujo elemental del sistema. Cada flujo o proceso tiene un determinado impacto ambiental. Usualmente, éste se mide como kg

# BOLETÍN TÉCNICO

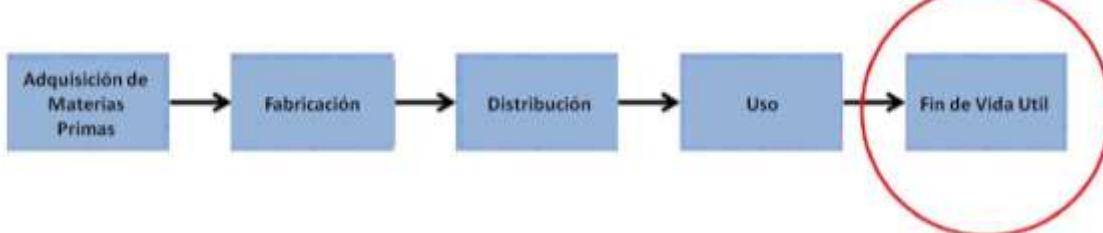
## ISO 14044: CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)



$\text{CO}_2$  de efecto invernadero equivalente al impacto ambiental bajo estudio. Esto permite "sumar" todos los impactos ambientales (al suelo, al aire, a las aguas, a los humanos, etc.) y tener una medición global del costo ambiental que tiene la producción, uso y desecho del producto.

Este concepto se ilustrará con un ejemplo muy simplificado. Se considerará de nuevo el análisis del ciclo de vida de una bolsa de plástico, específicamente en la etapa del final de su vida útil (Figura 5). Este análisis se hará mediante la cuantificación de las emisiones de gases invernadero producto del desecho de la

bolsa, medidos en Kg de  $\text{CO}_2$  equivalentes de la disposición de la bolsa en dos escenarios: a) que la totalidad de las bolsas terminen en un vertedero y b) que una fracción de las mismas sea reciclada. En el segundo caso, el impacto ambiental se reduce, ya que al reciclar la bolsa, no es necesario emplear energía y materia prima para extraer gas natural del subsuelo, convertirlo en etileno y luego en polietileno; ni este polietileno debe ser trasladado a las plantas. Aunque hay un proceso adicional (el de reciclaje), el impacto ambiental de este proceso es mucho menor que el de obtener una bolsa con material virgen.

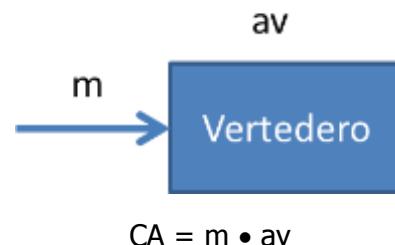


**Figura 5. Ciclo de vida de una bolsa de plástico.**

En un caso en el que no hay reciclaje, el modelo más simple de flujo es el que se muestra en la Figura 6. En esta figura,  $m$  representa la cantidad (en Kg) de bolsas desechadas y  $av$  representa el costo ambiental (medido en Kg  $\text{CO}_2$  equivalente por Kg de bolsas). Así, el impacto ambiental total es

$$CA = m \cdot av$$

Por ejemplo, si se desechan 100 Kg de bolsas y el impacto ambiental es de 0,0005 Kg  $\text{CO}_2$  / Kg bolsa, el costo ambiental de esos 100 Kg de bolsas será de 0,05 Kg  $\text{CO}_2$  total.



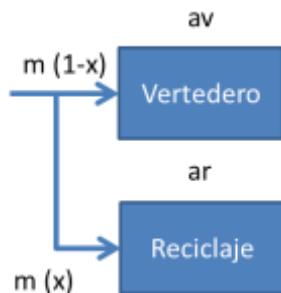
**Figura 6. Variables que definen el impacto ambiental del desecho de la bolsa plástica en vertederos.** CA significa costo ambiental total (en Kg  $\text{CO}_2$ );  $m$  Kg de bolsas desechadas y  $av$  el impacto ambiental de dicho desecho (en Kg  $\text{CO}_2$  / Kg de bolsas)

# BOLETÍN TÉCNICO

## ISO 14044: CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)



Supóngase ahora que se logra reciclar una fracción  $x$  de esos 100 Kg de bolsas que se desechan. El nuevo flujo de masa se describe en la Figura 7. En este caso,  $ar$  representa el impacto ambiental del proceso de reciclaje, que debe ser menor que el impacto ambiental del vertedero para que se justifique desde un punto de vista ambiental el reciclaje. Supóngase, para efectos de este ejemplo, que  $ar$  es 0,0002 Kg CO<sub>2</sub> / Kg bolsa.



$$CAv = m \cdot (1-x) \cdot av$$

$$CAr = m \cdot x \cdot ar$$

$$CA = CAv + CAr$$

**Figura 7. Balance de masa del desecho con reciclaje.** CAv significa costo ambiental del vertedero; CAr significa costo ambiental del reciclaje;  $x$  representa la fracción (entre 0 y 1) de producto que se destina a reciclaje

vertedero; CAr significa costo ambiental del reciclaje;  $x$  representa la fracción (entre 0 y 1) de producto que se destina a reciclaje

Dependiendo del valor de la fracción  $x$ , una mayor o menor cantidad de masa irá a los vertederos. Usando como referencia los mismos 100 Kg de bolsas, si  $x$  es 0,1 (10%),  $m \cdot x$  será 10 Kg. (100 x 0,1) de bolsas que son recicladas; la diferencia (90 kg) sigue siendo desechar en vertederos.

Para calcular el costo ambiental de este nuevo esquema de reciclaje, es necesario sumar los dos costos: el de 90 Kg de bolsas enviadas a los desechos (**CAv**) y el de 10 Kg de bolsas

enviadas a reciclaje (**CAr**). Ambos se calculan de igual forma: multiplicando la masa de bolsas que va a cada destino por su impacto. En el caso de las bolsas que van a parar a los vertederos, el costo se calcula como el producto:

$$CAv = m \cdot (1-x) \cdot av$$

Esto es, 100 Kg de bolsas x 90% que va a vertederos x 0,0005 Kg CO<sub>2</sub> / Kg bolsa. Esto da un valor de 0,045 Kg CO<sub>2</sub>. Para el caso de las bolsas que se reciclan el costo ambiental vendría medido como:

$$CAr = m \cdot x \cdot ar$$

Usando los valores del ejemplo, el costo ambiental de reciclar 10% de las bolsas sería de 100 Kg x 10% x 0,0002 Kg CO<sub>2</sub> / Kg bolsa = 0,002 Kg CO<sub>2</sub>. El costo ambiental total de usar 100 Kg de bolsas vendría dado por la suma de lo que se genera por enviar a vertederos (**CAv**) más lo que se genera por reciclar (**CAr**), es decir:

$$CA = CAv + CAr$$

Que en el caso de este ejemplo sería 0,047 Kg CO<sub>2</sub> (0,045+0,002), que resulta menor que la opción de desechar todas las bolsas en un vertedero. Usando el mismo razonamiento, el lector puede verificar que si la tasa de reciclaje aumenta de 10% a 35%, el costo ambiental se reduce de 0,047 a 0,039 Kg CO<sub>2</sub>.

El impacto ambiental del reciclaje es más bajo que el de desecho porque, pese a que se consume energía en el proceso de reciclaje y transporte del producto reciclado, no hubo necesidad de realizar el proceso de polimerización de nuevo. De un modo

# BOLETÍN TÉCNICO

## ISO 14044: CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)



simplificado, el impacto ambiental del reciclaje viene dado por el impacto de reciclar el empaque menos el impacto de los procesos que no son necesarios realizar (polimerización, transporte de pellets, etc.).

En el caso del reuso se emplea un razonamiento similar, pero en este caso los ahorros son muy superiores, ya que no se incurre en el reprocesamiento del material y los ahorros ahora incluyen a la transformación de la materia prima y su transporte.

Es importante destacar que este es un ejemplo sumamente sencillo que se presenta para ilustrar cómo funciona un análisis de ciclo de vida. Si se incluyen todos los flujos y procesos unitarios, el cálculo puede ser tan complejo que se requerirá el uso de software especializado.

### 5. INTERPRETACIÓN.

El último paso en un análisis de ciclo de vida es la interpretación de los datos. Éstos han debido ser generados con la información más confiable posible. También debe tenerse cuidado con la extrapolación de datos a condiciones que no sean las empleadas en esa base de datos. Si, por ejemplo, la base de datos se construyó usando como criterio de transporte la distancia entre Guarenas y Caracas, ésta debería ser usada con alguna advertencia si el análisis se basa en el transporte de productos de Cumaná a Barquisimeto.

Una vez verificado el punto anterior, el estudio de LCA puede servir para informar al público sobre los costos ambientales de producir, usar y desechar un determinado artículo para una función específica (en este caso, una bolsa

plástica para transportar 4 Kg de bienes); también se puede emplear para evaluar los beneficios de estrategias de reducción de impacto ambiental: por ejemplo, comparar si es más amigable con el ambiente reducir el espesor de la bolsa o aumentar en 15% la tasa de reciclaje.

El uso más conocido es el de comparar productos similares: por ejemplo, *¿qué producto es más amigable con el ambiente para transportar 4 Kg de bienes entre las opciones de una bolsa plástica, una de tela, o una caja de cartón?* Con respecto a este último punto, el análisis debe basarse en comparar la misma función y no el mismo producto. En este caso, nótese que se compara la acción de transporte de una masa específica de bienes, y no los empaques usados. Igualmente, debe compararse bajo los mismos supuestos. Así, un estudio que limite el sistema a la fabricación de la bolsa de tela una vez que se tiene el hilo (que es un producto humano) y se compare contra una bolsa plástica desde que se extrae el gas natural, carece de validez. Todo estudio de LCA debe indicar claramente estas premisas, así como la fuente de los datos empleados, para poder realizar este tipo de comparaciones.

Los estudios de LCA no son lineales; en cualquier etapa el investigador puede darse cuenta que son necesarios más datos, o que los límites del sistema a estudiar deben ser redefinidos para incluir procesos unitarios o flujos no considerados previamente. Igualmente, al momento de la interpretación pueden surgir nuevas consideraciones que

# BOLETÍN TÉCNICO

## ISO 14044: CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)



obliguen a un recálculo del análisis bajo nuevas premisas.

### 6. UTILIDAD.

Los estudios de ciclo de vida han permitido medir sobre una base justa y objetiva cómo impacta un producto fabricado por el ser humano en el ambiente. Hay tres grandes beneficios que justifican su uso:

1. Proporciona una base de comparación uniforme para analizar productos fabricados con diversos materiales y procesos de transformación. El análisis se hace con base en la función del producto y no con base en el producto.
2. Realizado correctamente, incluye **todas** las fuentes de impacto ambiental que genera la producción y uso de un artículo determinado. Los consumidores suelen enfocarse en el impacto generado al desechar el producto, pero rara vez analizan que para producirlo hubo que extraer materia prima, procesarla, transportarla, manejar los subproductos, consumir energía, etc. Un análisis de ciclo de vida pondera todos estos impactos de manera global y bajo una misma unidad de medida.
3. Un LCA permite identificar los llamados "puntos calientes", es decir, aquellos procesos o flujos que son los principales responsables del impacto ambiental global de un producto. En el caso de los empaques plásticos, es conocido que el proceso de conversión de gas en polímeros es el de mayor consumo de energía en comparación con el resto de

los procesos unitarios que definen el uso del producto. Es por ello que todos los análisis de impacto ambiental de bolsas plásticas tienen como conclusión que la estrategia más efectiva para reducir su impacto ambiental es fomentando su reuso y reciclaje, para aprovechar el polímero ya fabricado y ahorrar materia prima.

### 7. PARA AMPLIAR EL CONOCIMIENTO.

Existe una gran cantidad de información disponible de manera gratuita en Internet sobre el tema de LCA que sería imposible resumirla en este artículo. Hay un curso gratuito sobre el tema en el portal Coursera<sup>6</sup> que incluye el desarrollo de la herramienta de cálculo LCA en Microsoft Excel®, el cual es dictado por especialistas de la Universidad NorthWestern de Estados Unidos. Un buen punto de partida para iniciar un análisis son las normas ISO 14040 e ISO 14044. Estas dos normas se complementan con los reportes técnicos ISO/TR 14047:2012<sup>7</sup> y 14049:2012<sup>8</sup> que muestran ejemplos de aplicación de estudios de ciclo de vida. La Carnegie Mellon

<sup>6</sup> Masanet, E., Chang Y. How Green is That Product? An Introduction to Life Cycle Environmental Assessment (¿Cuán verde es ese producto? Una introducción al Impacto Ambiental del Ciclo de Vida). <https://www.coursera.org/course/introtlca>.

<sup>7</sup> ISO/TR 14047:2012. Environmental management -- Life cycle assessment -- Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations.

<sup>8</sup> ISO/TR 14049:2012. Environmental management -- Life cycle assessment -- Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis.

# BOLETÍN TÉCNICO

## ISO 14044: CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)



University ha colocado a disposición del público en general un libro de texto sobre LCA y recursos adicionales asociados a dicho texto; este material es empleado en los cursos sobre el tema de dicha universidad<sup>9</sup>. Algunas páginas web con información técnica para el lector interesado son:

- Coalición por el Empaque Sustentable: (<http://www.sustainablepackaging.org/>)
- Laboratorio Nacional de Energía Renovable (<http://www.nrel.gov/>).

Igualmente hay una gran cantidad de software disponible en el mercado. Los más reconocidos son: SimaPro<sup>10</sup> y Ga-Bi<sup>11</sup>. Para el diseño de empaques, COMPASS<sup>12</sup> y PackageSmart<sup>13</sup> son programas especializados en comparar los impactos ambientales y humanos de empaques. OpenLCA<sup>14</sup> es una versión gratuita para análisis de impacto ambiental.

---

<sup>9</sup> Ver <https://cmu.app.box.com/s/5mnzyq1y3gcyjrveubf4> (consultado en octubre 2015).

<sup>10</sup> Ver <http://www.simapro.es/> (consultado en octubre 2015).

<sup>11</sup> Ver <https://www.thinkstep.com/software/gabi-lca> (consultado en octubre 2015).

<sup>12</sup> Ver <https://www.design-compass.org/> (consultado en octubre 2015).

<sup>13</sup> Ver <http://www.earthshift.com/software/packagesmart> (consultado en octubre 2015).

<sup>14</sup> Ver <http://www.openlca.org/> (consultado en octubre 2015).

# **BOLETÍN TÉCNICO**

## **ISO 14044: CÁLCULO DEL IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA (LCA)**



*Este Boletín fue elaborado por la Gerencia de Mercadeo de Poliolefinas Internacionales, C.A. (POLINTER), con el apoyo de Investigación y Desarrollo, C.A. (INDESCA), en Caracas- Venezuela, en noviembre 2015 y revisado en enero 2017.*

*Si desea hacer algún comentario o sugerencia, agradecemos escriba a la Gerencia de Mercadeo a la dirección electrónica: [info@polinter.com.ve](mailto:info@polinter.com.ve), la cual pueden acceder a través de nuestra página web [www.polinter.com.ve](http://www.polinter.com.ve) o de nuestro agente comercial: Corporación Americana de Resinas, CORAMER, C.A. (<http://www.coramer.com>).*

*La información descrita en este documento es, según nuestro mejor conocimiento, precisa y veraz. Sin embargo, debido a que los usos particulares y variables de los procesos de transformación están enteramente fuera de nuestro control, el ajuste de los parámetros que permiten alcanzar el máximo desempeño de nuestros productos para una aplicación específica, es potestad y responsabilidad del usuario y confiamos en que la información contenida en el mismo sea de su máximo provecho y utilidad.*

*Para obtener información más detallada de los aspectos de seguridad relativos al manejo y disposición de nuestros productos, le invitamos a consultar las hojas de seguridad (MSDS) de los Polietilenos Venelene®.*