



## APLICACIÓN DE LAS HERRAMIENTAS DE ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA Y HUELLA DE CARBONO EN EL SECTOR ENERGÉTICO

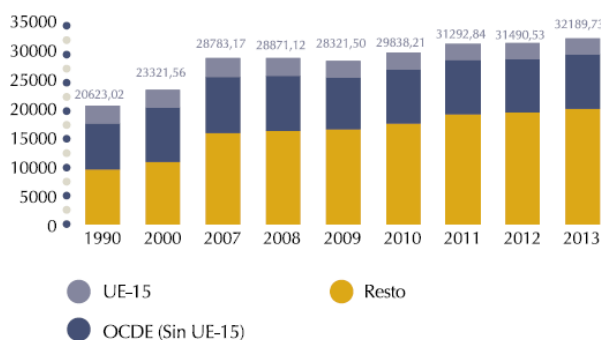
### 1. Emisiones GEI y otros impactos ambientales del sector energético

La estimación de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y de los impactos asociados a su actividad han cobrado especial relevancia para las empresas energéticas. Los compromisos internacionales de reducción de emisiones hacen necesario estimar de manera precisa los volúmenes de GEI de manera que puedan servir de base para el establecimiento de unos niveles de referencia, la definición de planes y medidas de reducción y eficiencia, el alta en el registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de CO<sub>2</sub> del MAGRAMA, etc. Por otro lado, además de las emisiones GEI, las empresas energéticas cada vez tienen más interés en estimar el impacto global vinculado a toda su cadena de valor, es decir, desde las labores de exploración y producción hasta el consumo de la energía por sus destinatarios finales.

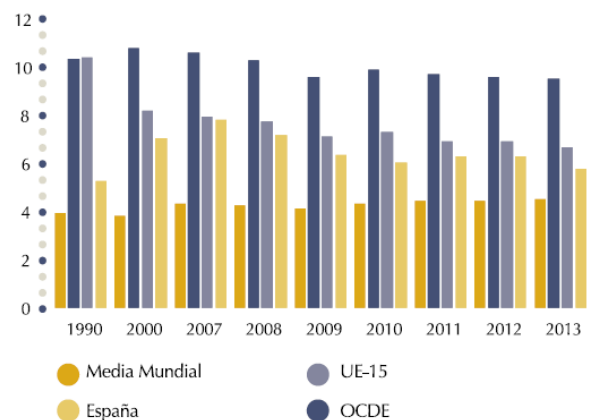
En este sentido, durante los últimos tiempos se ha ido extendiendo el uso de dos herramientas asociadas a estas necesidades: el análisis de ciclo de vida y la huella de carbono. En el presente artículo se apuntarán las principales características de cada una de las herramientas, y su nivel de utilización en las empresas del sector energético.

En lo que respecta a las emisiones de CO<sub>2</sub> (como principal representante de los GEI), a pesar de la crisis económica internacional iniciada en 2007, el cómputo global de emisiones sigue aumentando, tal y como se pone de manifiesto en los siguientes gráficos.

Emisiones de CO<sub>2</sub> Mt



Emisiones de CO<sub>2</sub> per Cápita t CO<sub>2</sub>/Hab



Gráficos 1 y 2. Emisiones globales de CO<sub>2</sub> (izda.) y ratio de emisiones CO<sub>2</sub> per cápita (dcha.).  
Fuente: CÁTEDRA BP DE ENERGÍA Y SOSTENIBILIDAD (2015).



En ambas se constata como a pesar del efecto de contención de los países de la UE y en menor medida de la OCDE (debidos tanto a la ralentización de las economías y del consumo, como a las políticas de reducción de emisiones) las emisiones globales siguen en aumento sin llegar de momento al necesario punto de inflexión. En ese escenario global, España alcanzó su techo de emisiones en 2007, manteniendo desde entonces una progresiva disminución que en los últimos años se ralentiza y comienza a repuntar.

Como herramienta para analizar, entre otras cuestiones, las emisiones GEI, los diagramas de Sankey se emplean comúnmente para representar gráficamente a través de flechas de grosor variable la dinámica de flujos de un sistema. Tienen una aplicación directa a los usos energéticos por tener la virtud de mostrar muy intuitivamente los flujos de las principales variables vinculadas al sector energético, como las materias primas, los movimientos económicos o las emisiones GEI. En España la Cátedra BP de Energía y Sostenibilidad, vinculada a la Universidad Pontificia de Comillas, los emplea recurrentemente en sus informes anuales. Como muestra de ello, en la siguiente imagen se presenta el diagrama Sankey referente al origen de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energético español para 2014.

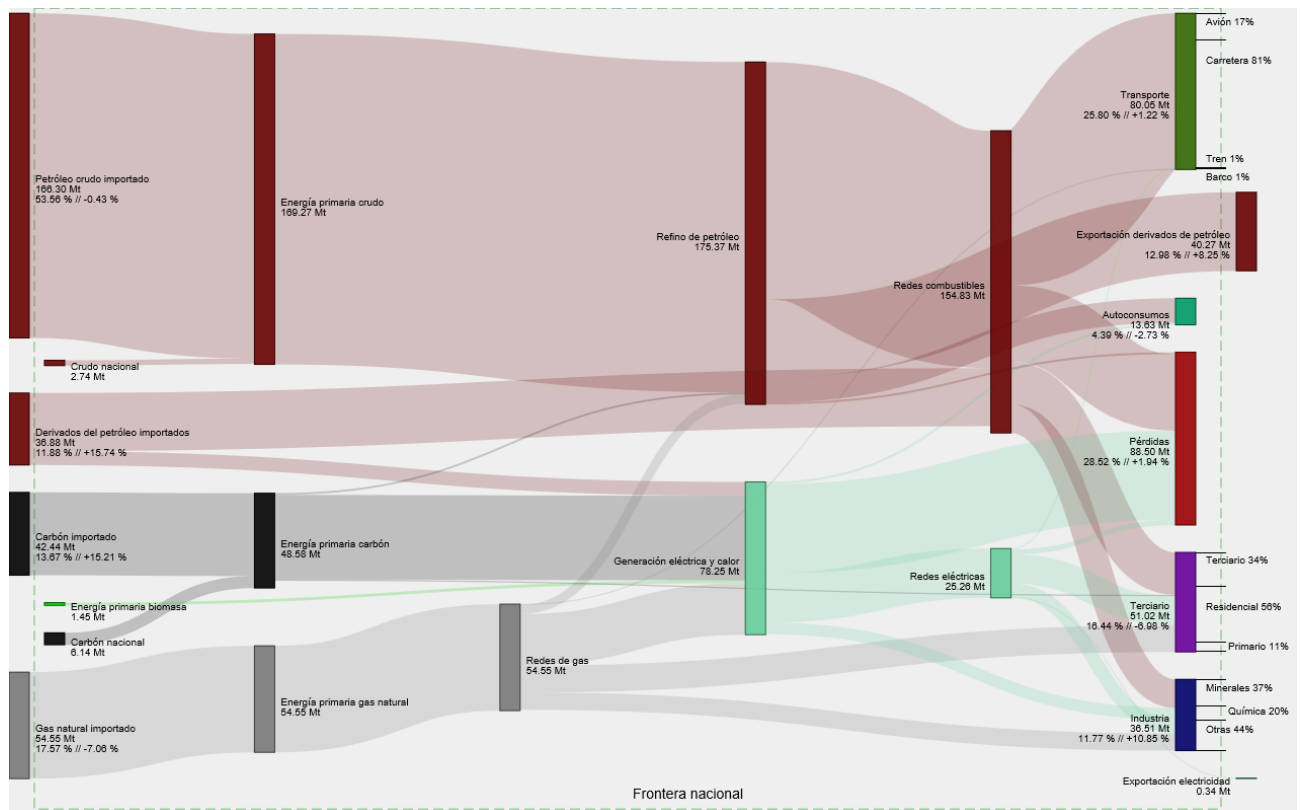


Figura 1. Diagrama Sankey sobre el origen de las emisiones de CO<sub>2</sub> en el sector energético español en 2014. Fuente: CÁTEDRA BP DE ENERGÍA Y SOSTENIBILIDAD (2015).



En él se ponen de manifiesto los sectores energéticos responsables de las emisiones en cada una de las fases de su cadena de valor, en este caso restringido al ámbito nacional. De esta forma se puede comprobar cómo el grueso de las emisiones de CO<sub>2</sub> en España se debe a los productos petrolíferos y sus derivados, tanto a nivel de energía primaria como de energía final. Entre los consumos de energía final destacan dos: los sectores difusos como el transporte con 80,05 Mt CO<sub>2</sub>, de las que el 81% corresponden al transporte por carretera; o los 88,5 Mt CO<sub>2</sub> debidas a las pérdidas térmicas en la producción de electricidad y calor o en las cadenas de suministro eléctrico.

Los datos de emisiones de 2014 para España (después de descensos interanuales continuados desde 2007) suponen incrementos anuales respecto a los de 2013 en casi todos los consumos de energía final, excepto en los motivados por autoconsumo y terciario que presentan ligeras disminuciones.

## **2. El Análisis de ciclo de vida**

El análisis de ciclo de vida (ACV) se puede definir como un método analítico que contempla y hace una interpretación de los impactos ambientales potenciales de un producto o servicio a lo largo de su ciclo de vida (CHACÓN, 2008). Se trata de una herramienta metodológica de largo recorrido, que dio sus primeros pasos en Estados Unidos a finales de los años 60 del siglo XX como respuesta a la escasez de recursos energéticos y a la incipiente sensibilidad ambiental. Las primeras aplicaciones del ACV ya tenían vinculación directa con el sector energético, especializándose en el ciclo de vida de ciertos envases, la energía necesaria para su fabricación y los impactos ambientales asociados a ello.

El desarrollo del ACV ha contado con el apoyo de instituciones oficiales como la EPA en Estados Unidos desde 1991 o de la propia Unión Europea con la incorporación del ACV en las políticas y programas comunitarios. En 1997 y después de un largo proceso de elaboración por el comité ISO se publica la primera norma ISO 14040 sobre ACV “Environmental Management–Life Cycle Assessment-Principles and Framework”.

En la siguiente figura se resumen los principales hitos en el desarrollo histórico del ACV.

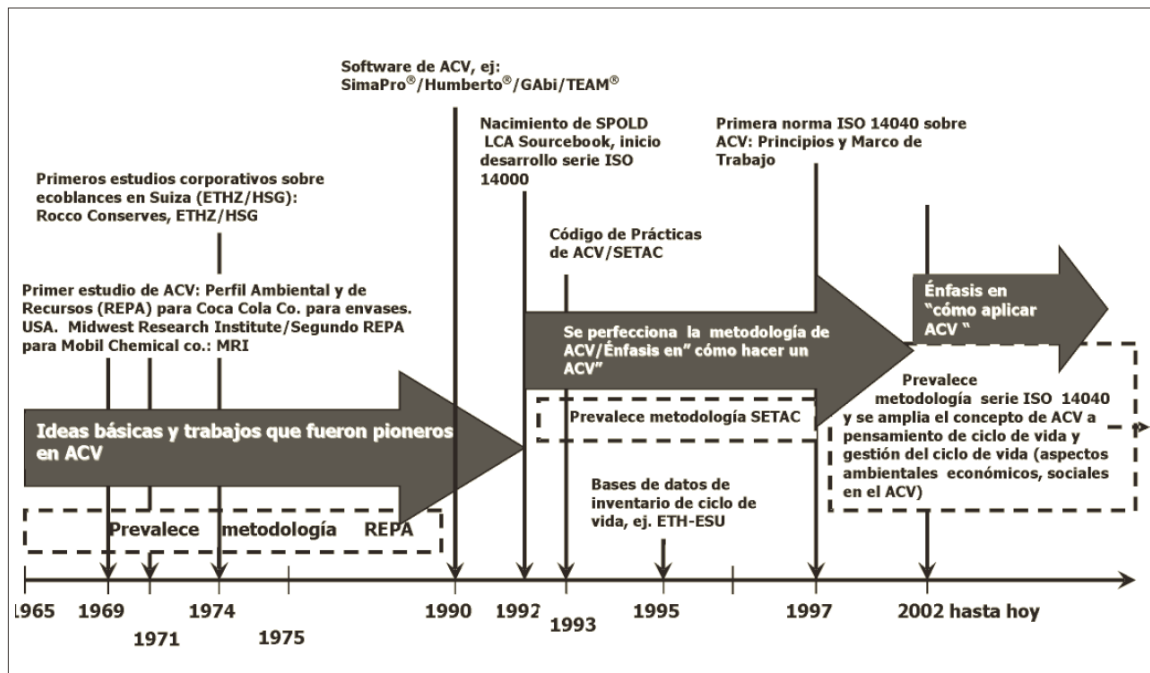


Figura 2. Evolución histórica y tendencias del análisis de ciclo de vida (ACV). Fuente: CHACÓN (2008).

El funcionamiento del ACV se basa en la recopilación y análisis de las entradas y salidas del sistema para obtener unos resultados que muestren sus impactos ambientales potenciales, con el objetivo de poder determinar estrategias para la reducción de los mismos.

- Entradas (inputs): Uso de recursos y materias primas, partes y productos, transporte, electricidad, energía, etc.
- Salidas (outputs): Emisiones al aire, al agua y al suelo, así como los residuos y los subproductos.

Las entradas y salidas se analizan para cada una de las fases o procesos del sistema definido, en un planteamiento holístico del sistema como un todo interrelacionado. En cierta forma, se trata de acercar a los productos o procesos de origen antrópico los conceptos de la teoría general de sistemas de Bertalanffy o los ecosistémicos y de ciclos biogeoquímicos presentes en la naturaleza.

En la siguiente figura se esquematiza el funcionamiento de entradas y salidas de un sistema.

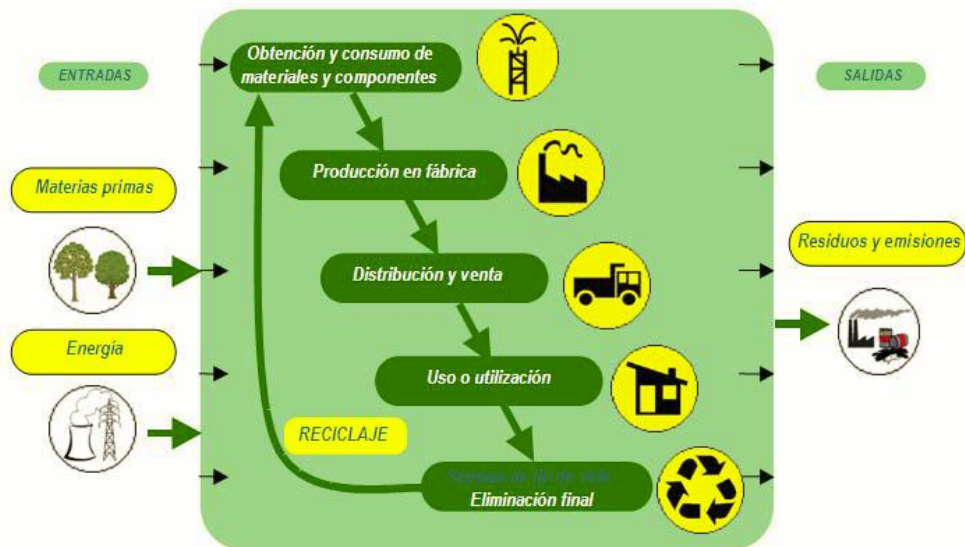


Figura 3. Esquema de entradas y salidas en la definición de un ACV. Fuente: IHOBE (2009).

El alcance del ACV se ha ido ampliando a lo largo de su proceso de maduración, empleando símiles de la vida del producto o proceso. Se comenzó con procesos más acotados del tipo “puerta a puerta” (gate to gate), pasando luego a procesos “cuna a puerta” (cradle to gate), a continuación a procesos más amplios “cuna a tumba” (cradle to grave) y los más actuales que retroalimentan el sistema con procesos “cuna a cuna” (cradle to cradle).

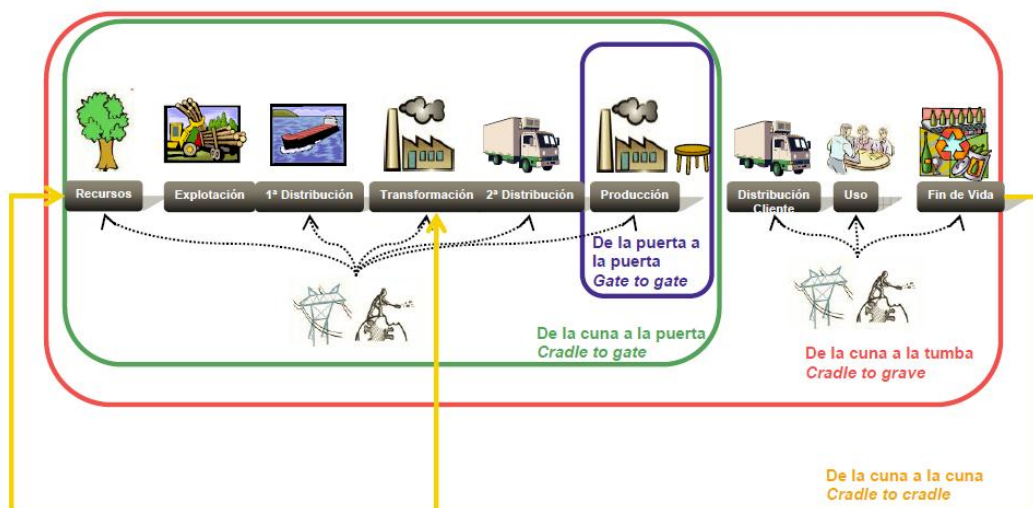


Figura 4. Alcance del análisis en función del tramo del proceso al que atiende el ACV. Fuente: IHOBE (2009).



Las fases para la elaboración de un ACV según la norma ISO son: Definición de objetivos y alcance, desarrollo del inventario de ciclo de vida (ICV), evaluación del impacto del ciclo de vida (EICV), e Interpretación final de los resultados. Se han desarrollado diferentes metodologías de trabajo tanto por parte de empresas consultoras especialistas, como por parte de organismos públicos o de investigación: RECIPE (Pré Consultants), IPCC (IPCC), TRACI (EPA), IMPACT 2002+ (Instituto de Tecnología Federal Suizo de Lausana), etc. Para la estimación de los distintos indicadores se han diseñado bases de datos específicas (Ecoinvent, DEAM, IDEMAT 2001, etc.) que siguen distintos formatos en base a la Norma ISO 14048:2002 (SPOLD, ECOSPOLD, SPINE). Todo ello se ha integrado en aplicaciones informáticas más o menos sofisticadas que facilitan el análisis: SIMAPRo (Pré Consultants), TEAM (PWC), CMLCA 4.2 (Leyden University), EIME 9.0 (Bureau Veritas), la gran mayoría de carácter genérico y algunas adaptadas a un sector concreto (construcción, electrónico, forestal, etc.).

## **2.1. Aplicación del ACV al sector energético**

Con la finalidad de no externalizar los impactos ambientales de los costes de producción de las diferentes tecnologías de generación eléctrica, desde el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y la Asociación de Productores de Energías Renovables (APPA) se realizó un estudio sectorial (IDAE, 1999) empleando la metodología del ACV. Se definieron hasta 11 tipologías de impactos ambientales (calentamiento global, disminución de la capa de ozono, metales pesados, radiaciones ionizantes, agotamiento de recursos energéticos, etc.) y se estimaron para el ciclo de vida de ocho tecnologías de generación eléctrica (lignito, petróleo, carbón, nuclear, solar fotovoltaico, gas natural, eólico y mini-hidráulico). Los resultados ponderados se presentaban en unidades comparables o ecopuntos, con resultados ilustrativos.



Sistemas energéticos ↓ Impactos ambientales	Lignito	Petróleo	Carbón	Nuclear	Solar Foto-voltaico	Gas Natural	Eólico	Mini-hidráulica
Calentamiento Global	135,00	97,00	109,00	2,05	15,40	95,80	2,85	0,41
Disminución								
Capa de Ozono	0,32	53,10	1,95	4,12	3,66	0,86	1,61	0,05
Acidificación	920,00	261,00	265,00	3,33	97,00	30,50	3,49	0,46
Eutrofización	9,83	9,76	11,60	0,28	1,97	6,97	0,27	0,06
Metales pesados	62,90	244,00	728,00	25,00	167,00	46,60	40,70	2,58
Sustancias								
Cancerígenas	25,70	540,00	84,30	2,05	75,70	22,10	9,99	0,76
Niebla de Invierno	519,00	135,00	124,00	1,50	53,30	3,08	1,48	0,15
Niebla Fotoquímica	0,49	36,90	3,05	0,32	3,03	3,47	1,25	0,06
Radiaciones								
Ionizantes	0,02	0,02	0,05	2,19	0,12	0,00	0,01	0,00
Residuos	50,90	0,62	12,90	0,28	1,84	0,58	0,29	0,52
Residuos								
Radiactivos	5,28	7,11	10,60	565,00	34,90	1,34	1,83	0,32
Agotamiento								
Recursos								
Energéticos	5,71	13,60	5,47	65,70	7,06	55,80	0,91	0,07
<b>Total</b>	<b>1735,16</b>	<b>1398,11</b>	<b>1355,92</b>	<b>671,82</b>	<b>460,98</b>	<b>267,11</b>	<b>64,67</b>	<b>5,43</b>

Figura 5. Comparación de los impactos ambientales de ocho tecnologías de generación eléctrica. Fuente: FUNDACIÓN GAS NATURAL (2001), con datos a partir de IDAE (1999).

Con la debida prudencia sobre los resultados obtenidos por las evidentes mejoras tecnológicas de las diferentes tecnologías en los últimos 15 años y las salvedades ya advertidas por los autores sobre la solar fotovoltaica, que en ese momento se encontraba en estado incipiente de su desarrollo comercial, ya se evidencian las principales bondades y deficiencias de cada uno de los sistemas de generación eléctrica.

En conjunto, se aprecian diferencias sustanciales entre el impacto global del ciclo de vida de los combustibles fósiles, con elevadas cargas de impacto para el lignito, petróleo y otros carbones respecto al gas natural que obtiene una puntuación entre 4-5 veces inferior. Esto se debe, entre otros factores, a su menor impacto sobre factores como la acidificación, la niebla de invierno y el contenido en metales pesados, mientras que su peso en emisiones GEI no es significativamente inferior. De las tecnologías renovables la de menor impacto global es la mini-hidráulica, seguida de la eólica y bastante m de la solar fotovoltaica, que obtiene peor posición que el gas natural por sus mayores valores en metales pesados, sustancias cancerígenas, niebla de invierno y residuos radiactivos.



Otro acercamiento al sector energético a través del ACV lo realizó en 2004 el Consejo Mundial de la Energía publicando su estudio “Comparación de los sistemas energéticos utilizando ECV” (es estudio habla de evaluación de ciclo de vida como equivalente al análisis de ciclo de vida). Se trataba de un trabajo recopilatorio de los estudios de ACV disponibles realizados en los 10-15 años anteriores a su publicación y centrado en aspectos concretos como la generación de energía eléctrica, la calefacción y el transporte. Aunque sus resultados globales no son muy concluyentes, aporta información relevante sobre aspectos concretos, como las emisiones comparadas de CO<sub>2</sub> equivalente por GWh de electricidad generada por los distintos sistemas de generación, que se presentan en la siguiente figura.

En ella podemos observar cómo, de manera coincidente al estudio del IDAE, los combustibles fósiles presentan los mayores valores en emisiones GEI, liderados por el lignito, seguido de otros carbones, del fueloil pesado y a más distancia del gas natural. En todas estas tecnologías la emisión de GEI se concentra en chimenea (en centrales de generación), siendo el resto de emisiones a lo largo de su ciclo de vida residuales y que no sobrepasan el 10-15% del total. El orden y las magnitudes de las emisiones de las tecnologías renovable y nuclear también está en sintonía con el estudio del IDAE, con la siguiente jerarquía de menores a mayores emisiones GEI: nuclear, eólica, hidroeléctrica y fotovoltaica. En estos casos las emisiones no se generan durante la generación eléctrica sino en otras etapas del ciclo de vida.



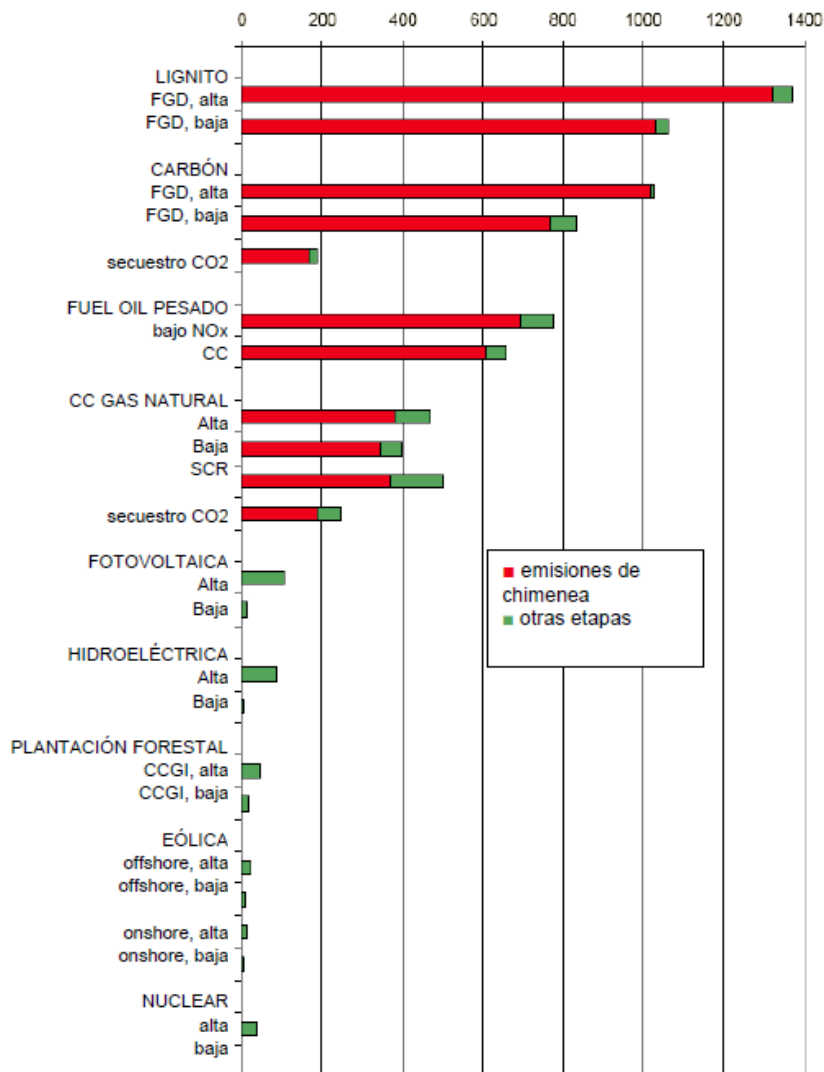


Figura 6. Emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de sistemas de producción de electricidad (Tonelada de CO<sub>2</sub> equivalente por GWh de electricidad generada). Fuente: WEC (2004).

En los últimos años no se han prodigado este tipo de ACV comparativos de sistemas energéticos, por lo que no se dispone de datos actualizados para profundizar en esta vía de trabajo. No obstante, la herramienta de ACV presenta interesantes potencialidades como elemento de análisis previo de cara a la toma de decisiones estratégicas en el sector energético.

### 3. La huella de carbono



El concepto de huella de carbono deriva del concepto más amplio de Huella ecológica, definida como el área de territorio ecológicamente productivo necesaria para producir los recursos utilizados y para asimilar los residuos producidos por una población dada con un modo de vida específico de forma indefinida. Es decir, la huella ecológica es una manera gráfica de representar de manera comparable los impactos ambientales de un país, localidad, entidad o producto.

Por su parte, la huella de carbono se centra en la estimación de la totalidad de gases de efecto invernadero (GEI) emitidos por efecto directo o indirecto de un individuo, organización, evento o producto. En realidad se puede considerar una versión simplificada del ACV en la que nos centramos en un único impacto, el directamente relacionado al proceso de calentamiento global.

La huella de carbono, por tanto identifica la cantidad de emisiones GEI que son liberadas a la atmósfera como consecuencia del desarrollo de cualquier actividad; nos permite identificar todas las fuentes de emisiones de GEI y establecer, fundado en este conocimiento, medidas de reducción efectivas.

Igual que ocurrió con el ACV, el proceso de normalización de la huella de carbono ha dado lugar a una amplia familia de normas ISO como la ISO 14064 (2006) sobre la contabilización y la verificación de GEI, la ISO 14065 (2012) sobre la verificación y validación de GEI, o la ISO 14067 en fase de desarrollo, sobre la huella de carbono de producto.

Para homogeneizar y hacer comparables los cálculos de emisiones se han definido diferentes alcances, adoptados en el GHG Protocol (Protocolo GEI) y desarrollados por el World Resources Institute (WRI) & World Business Council for Sustainable Development (WBCSD). Aplicándolo a la huella de carbono de una organización estos alcances quedarían definidos de la siguiente forma (OECC, 2005):

- Alcance 1. Emisiones directas provenientes de la combustión en calderas, hornos, vehículos, etc., que son propiedad de o están controladas por la entidad en cuestión. También incluye las emisiones fugitivas (p.ej. fugas de aire acondicionado, fugas de CH<sub>4</sub> de conductos).
- Alcance 2. Emisiones indirectas de GEI asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la organización.
- Alcance 3. Otras emisiones indirectas. Extracción y producción de materiales que adquiere la organización, los viajes de trabajo con medios externos, el transporte de materias primas, de combustibles y de productos (por ejemplo, actividades logísticas) realizados por terceros o la utilización de productos o servicios ofrecidos por otros

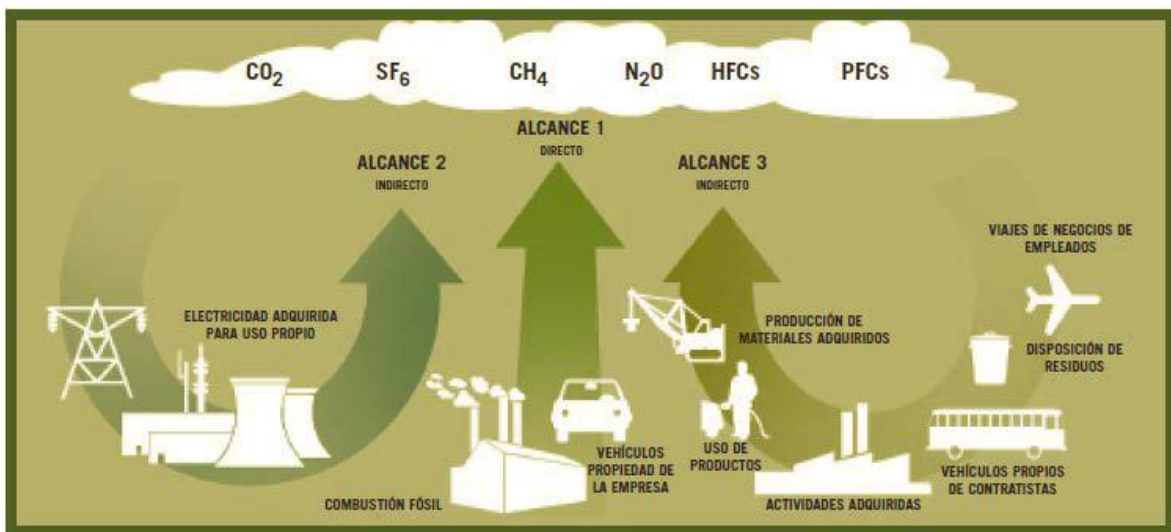


Figura 7. Elementos que componen cada alcance de emisiones. Fuente: OECC (2005), con datos del GHG Protocol.

El proceso habitual de desarrollo de una huella de carbono comienza con la medición de las emisiones GEI o CO<sub>2</sub> equivalente. A partir de ese conocimiento se diseñan e implementan medidas de limitación y reducción de las emisiones y paralelamente se ponen en marcha programas de compensación de las emisiones. El proceso concluye con la comunicación de los resultados en un ciclo que suele ser anual y en ocasiones vinculado a las memorias anuales o de sostenibilidad de las organizaciones.

Al igual que en el caso del ACV, se han desarrollado varias metodologías para el cálculo de la huella de carbono: IPCC (WMO & UNEP), GHG Protocol (WRI & WBCSD), PAS 2050:2008 (BSI, Carbon Trust & DEFRA), etc., así como herramientas específicas, tanto genéricas como sectoriales: SoFi & GaBi Software (PE International), Autodesk Inventor (Autodesk), Carbon Footprint (Carbon Footprint Ltd.), etc.

También se han desarrollado varias calculadoras online para una estimación aproximada de emisiones GEI con orientación a proyectos, actividades o productos: Calcugei (IDAE), ceroCO<sub>2</sub> (Fundación ECODES), footprint calculator (WWF), algunas de ellas vinculadas a procedimientos de compensación de emisiones a través de las propias organizaciones. También se han desarrollado otro tipo de calculadoras específicas como las desarrolladas en formato excel por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA) dentro de su programa de Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de CO<sub>2</sub>.

Este programa del MAGRAMA iniciado en 2014 nace con la vocación de fomentar el cálculo y la compensación de la huella de carbono de las organizaciones españolas. El Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de CO<sub>2</sub> es un



registro de carácter voluntario y se crea a través del Real Decreto 163/2014. Tiene tres secciones: Sección A de huella de carbono y de compromisos de reducción, Sección B de proyectos de absorción y Sección C de compensación de huella de carbono. Como documentación de apoyo la Oficina Española de Cambio Climático (dependiente del MAGRAMA) ha elaborado una guía metodológica para el cálculo de huella de carbono de organizaciones, pensada fundamentalmente para pequeñas y medianas empresas y otro tipo de entidades (OECC, 2015), y se complementa con las calculadoras elaboradas “*ad hoc*” ya comentadas anteriormente.



Figura 8. Logotipo del programa de Registro de huella de carbono del MAGRAMA.

### 3.1. Aplicación de la Huella de carbono al sector energético

Las empresas energéticas españolas han ido paulatinamente adoptando de huella de carbono como principal herramienta para el cálculo, reducción y compensación de sus emisiones GEI. De esta forma, se puede comprobar a través de las Memorias Anuales, Memorias o Informes de Sostenibilidad o informes específicos de huella de carbono disponibles en los espacios web corporativos, que la gran mayoría de las empresas energéticas ha realizado una estimación de sus emisiones a través de la huella de carbono.

El variado perfil empresarial del sector energético, con corporaciones con un mix muy variado, otras más centradas en el sector renovable, otras que operan como gestores técnicos del sistema, diferente implantación internacional hace que los resultados de emisiones GEI no sean fácilmente comparables. A esto se une que los alcances empleados en el cálculo metodológico (generalmente 1, 2 y 3, aunque no en todos los casos) y la aplicación del cálculo a toda la actividad empresarial nacional e internacional o únicamente a las operaciones españolas, por lo que los datos (hoy por hoy) presentan



más utilidad de análisis específico de cada empresa y sus objetivos de reducción/compensación.

Algunas empresas energéticas ya se han dado de alta en el Registro de huella de carbono del MAGRAMA y se comienzan a dar los primeros pasos tanto en la definición tanto de proyectos de absorción, como de compensación.

#### **4. Más allá de la Huella de carbono, la Huella ambiental**

La Unión Europea, ante la multiplicidad de métodos para el cálculo de los impactos ambientales asociados a producto y convencida de la aptitud y potencialidad del ACV para esa función, está promoviendo de forma decidida la instauración de un método que homogeneíce y facilite esa tarea. La nueva herramienta se ha denominado huella ambiental, que se puede definir como un método para medir y comunicar de potenciales impactos ambientales que se generan directa o indirectamente a lo largo del ciclo de vida de un producto u organización.

Para ello desde la UE se ha aprobado la Recomendación 2013/179/UE de la Comisión, de 9 de abril de 2013, sobre el uso de métodos comunes para medir y comunicar el comportamiento ambiental de los productos y las organizaciones a lo largo de su ciclo de vida. En ella se establecen dos tipologías de huella ambiental: la huella ambiental de producto (HAP) y la huella ambiental de organización (HAO).

A su vez, se definen 14 categorías de impacto para la huella ambiental: cambio climático, destrucción de la capa de ozono, toxicidad humana con efectos cancerígenos, toxicidad humana sin efectos cancerígenos, partículas y aspectos respiratorios, radiación ionizante, formación de ozono fotoquímico, acidificación, eutrofización terrestre, eutrofización acuática, ecotoxicidad en medio acuático, consumo de recursos-agua y consumo de recursos–minerales y combustibles fósiles y transformación de la tierra. Muchas de ellas nos recuerdan a las que ya se empleaban hace años en los estudios de ACV en el sector energético.

Se ha planteado una experiencia piloto de tres años de duración para testear la HAP en sectores concretos y que culminará, entre otras cosas, con la elaboración de las Reglas de Categoría para la Huella Ambiental de Producto (RCHAP) de distintas categorías de productos y las Reglas Sectoriales para la Huella Ambiental de Organización (RSHAO).

De momento, Iberdrola ha sido la única empresa energética que se ha volcado de manera decidida en la implantación de su HAO, que ha calculado con su propia metodología que contempla dieciocho categorías de impacto y ha comunicado en su Informe de Sostenibilidad de 2015. Es de esperar que en los próximos años y en la medida que la UE avance en la definición de la herramienta, el resto de compañías vaya



paulatinamente adoptado su utilización, de manera que se haga extensiva como ya ocurre actualmente con la huella de carbono.

## **BIBLIOGRAFÍA**

CÁTEDRA BP DE ENERGÍA Y SOSTENIBILIDAD (2015). Observatorio de Energía y Sostenibilidad en España. Informe basado en indicadores. Edición 2015. Universidad Pontificia Comillas/BP España. Madrid.

CHACÓN VARGAS, J.R. (2008). Historia ampliada y comentada del análisis de ciclo de vida (ACV). Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería, Nº 72, pp. 37-70. Oct-Nov 2008. Bogotá.

IDAE (1999). Impactos ambientales de la producción de electricidad. IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía). Ministerio de Ciencia y Tecnología/APPA (Asociación de Productores de Energías Renovables). Madrid.

IEA (2011). Renewable energy policy considerations for deploying renewable. Information paper. Simon Müller, Adam Brown and Samantha Ölz. IEA (International Energy Agency). París Cedex, France.

IHOBE (2009). Análisis de ciclo de vida y Huella de carbono. Dos maneras de medir el impacto ambiental de un producto. IHOBE (Sociedad Pública de Gestión Ambiental). Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca. Gobierno Vasco. Bilbao.

FUNDACIÓN GAS NATURAL (2001). El impacto ambiental de las distintas fuentes energéticas de generación eléctrica. Fichas pedagógicas. Ficha A1. Barcelona.

JRC (2012). The international Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook. Towards more sustainable production and consumption for a resource-efficient Europe. JRC (Joint Research Center). Institute for Environment and Sustainability. European Commission. Luxemburgo.

OCCC (2012). Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). OCCC (Oficina Catalana de Cambio Climático). Comisión Interdepartamental del Cambio Climático. Generalitat de Catalunya.

OECC (2016) Factores de emisión registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. OECC (Oficina Española de Cambio Climático). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

OECC (2015). Guía para el cálculo de la huella de carbono y para la elaboración de un plan de mejora de una organización. OECC (Oficina Española de Cambio Climático). Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. Madrid.

UNEP (2004). ¿Por qué un enfoque de ciclo de vida?. UNEP (United Nations Environment Programme). Division of Technology, Industry and Economics. Production and Consumption Branch. París Cedex, France.



WEC (2004). Comparación de los sistemas energéticos utilizando evaluación del ciclo de vida. WEC (World Energy Council). Traducción del Comité Argentino del Consejo Mundial de la Energía.