

“El método científico aplicado a dimensionar el impacto ambiental de los procesos industriales. Entre ellos la generación energética”

# Análisis de ciclo de vida

Primera Parte

**El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es una metodología científica que se utiliza para estudiar el ciclo de vida de un producto o servicio y de su proceso de producción. Por ciclo de vida se entiende a todas las etapas o pasos que se necesitaron para elaborar el producto que se está estudiando. Partiendo de la extracción de la materia prima necesaria, pasando por las múltiples etapas industriales y llegando hasta las etapas de uso, reutilización, reciclaje y disposición final del mismo. Entre sus aplicaciones se menciona la generación nucleoelectrónica**

## el ACV contabiliza las emisiones al medio ambiente

**Pablo Martínez** es doctor en Ingeniería Química, Universidad Nacional del Sur, en donde desarrolló su tesis de doctorado sobre el uso del Análisis de Ciclo de Vida como herramienta en la Optimización de Procesos Industriales. Actualmente se desempeña en el Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

**E**l ACV es una metodología que contabiliza los consumos energéticos (combustible, calor, electricidad) de cada una de las etapas de un proceso o producto. Además, y más importante, el ACV contabiliza las emisiones al medio ambiente que se realizaron asociadas al proceso o la elaboración del producto en cuestión. De esta forma el ACV estudia qué impacto verdadero se generó sobre el medio ambiente al producir cualquier insumo, “contando” cuánto se extrajo de él (energía, materias primas) y cuánto se emitió al mismo (emisiones líquidas, gaseosas y sólidas). En otras palabras, es como un balance contable, pero sin contar dinero. El punto de vista de la ingeniería tradicional ha sido siempre circunscribirse a los límites de la planta

industrial que produce el producto, en el mejor de los casos tratando de minimizar el impacto que la planta genera sobre el medio ambiente. El ACV extiende esos límites para considerar todos los pasos previos y también los pasos posteriores a la elaboración de cualquier producto o servicio. En la jerga del ACV este paso, el de contabilizar las entradas y salidas del sistema se conoce como Análisis de Inventario. El resultado de este análisis de inventario es una lista de todas las entradas y salidas de recursos energéticos y contaminantes referidos a una unidad funcional del producto que se está estudiando. La unidad funcional es una medida del comportamiento de las salidas funcionales del sistema y su objetivo es proporcionar una referencia para poder comparar diferentes siste-

mas en una base común. El fruto del análisis de inventario, como ya se mencionó, es una lista de consumos y salidas, por lo general esta lista tiene varias hojas de extensión con datos como: cuántos kilogramos de CO<sub>2</sub> o de sulfato de sodio se emitieron al medio ambiente o cuántos litros de gasoil se utilizaron.

A los fines prácticos esta lista es un tanto inmanejable y la información que brinda no es demasiado transparente. En un paso posterior de la metodología de ACV, el inventario de entradas y salidas se traduce en una lista de Impactos Ambientales en diferentes Categorías de Impacto Ambiental. Estas categorías de impacto ambiental expresan de alguna forma qué tipo de intervención producen los consumos de recursos y las emisiones de contaminantes sobre el

medio ambiente. El ejemplo más claro de una categoría de impacto ambiental es el Calentamiento Global. En esta categoría de impacto ambiental se consideran el efecto potencial que tienen los gases de efecto invernadero sobre el calentamiento global del planeta respecto de un compuesto de referencia. Así por ejemplo se considera que el gas metano tiene 21 veces más poder de calentamiento que el dióxido de carbono. Esta medida, calculada en base a principios fisicoquímicos, tiene en cuenta la capacidad del gas metano para atrapar la radiación infrarroja, otros gases de efecto invernadero son el óxido nitroso y los clorofluorcarbonos. De esta forma, lo que en el inventario se informa como emisiones de varios gases, en la etapa de análisis de impacto ambiental se transforma en un solo dato, el del potencial de calentamiento global. Otras categorías de impacto ambiental que se consideran son: acidificación, eutrofización, formación de smog, disminución de la capa de ozono, entre otras.

### **Aplicación del ACV a la generación eléctrica**

En el Instituto de Energía y Desarrollo Sustentable (IEDS) perteneciente a la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) se trabaja en esta temática, investigando el análisis de ciclo de vida de las diferentes formas de generar electricidad en el país y en especial la producida a partir de energía nuclear. En Argentina se produce electricidad de tres maneras diferentes, en forma hidroeléctrica, principalmente en forma térmica, quemando combustibles fósiles como carbón, gas oil, fuel oil y gas natural y en forma nuclear utilizando uranio como combustibles en las dos centrales con las

que cuenta nuestro país. Si bien existen en el país algunas granjas eólicas, su producción aún no se vuelca al sistema interconectado nacional.

Por último, en el caso de la electricidad generada utilizando energía nuclear, la aplicación del estudio por ACV posee un mayor grado de complejidad que en los casos antes citados. Un estudio completo del ACV de la generación nucleoelectrica exige incluir desde la etapa de extracción del mineral a la inmovilización y disposición final de los combustibles gastados, pasando por las etapas de enriquecimiento, elaboración del combustible y operación en las centrales nucleares. A lo largo de estas etapas, desde que se extrae el mineral y hasta que se fabrican las barras de combustible, surgen emisiones ambientales asociadas al uso de combustibles fósiles y electricidad tomada del sistema interconectado, con el agregado del consumo de algunos productos químicos. Los combustibles fósiles se utilizan, por ejemplo, para mover los grandes camiones que transportan el mineral desde la mina, la electricidad se utiliza principalmente en las etapas de enriquecimiento y fabricación de las barras de combustibles y los productos químicos en distintas etapas, entre ellas, la minería y el enriquecimiento. Los inventarios de los insumos permiten evaluar, entre otras, las emisiones gaseosas por la combustión de derivados del petróleo en las diferentes etapas de transporte.

En la etapa de generación nucleoelectrica propiamente dicha, se deberá tener en cuenta los materiales que se utilizaron para construir la central nuclear, aquí se incluyen toneladas de concreto y acero y kilómetros de cableado, necesarios para el *correcto control del reactor*

nuclear. Considerando que en la generación de electricidad con energía nuclear no existe combustión alguna de hidrocarburos, la liberación de gases de efecto invernadero es mínima. El ACV también contempla los insumos energéticos y los recursos que exigen la inmovilización y disposición final de los combustibles gastados, realizando un balance, de las contribuciones ambientales generadas en estas etapas, desde el enfriamiento en piletas a un repositorio final. Cabe mencionar que en nuestro país los combustible agotados de las centrales nucleares argentinas se encuentran en una disposición transitoria en cada una de las centrales en operación, hasta tanto la implementación de la ley N° 25.018, Régimen de Gestión de Residuos Radioactivos, establezca los medios necesarios para la disposición final de los mismos.

Para concluir, es importante mencionar que el ACV aplicado a la generación eléctrica es una herramienta única que permite evaluar con exactitud el impacto ambiental de cada tecnología energética, de una manera correcta, contemplando todas las etapas que dan lugar a construir la central definitiva.

Con este tipo de estudios es factible establecer el impacto de las distintas fuentes de energía, que para cada país pueden ser diferentes en función de sus recursos, fuentes primarias, tecnologías, distancias entre centros de producción, etc. A modo de ejemplo, el ACV es también una herramienta que permite romper con falsas creencias como, por ejemplo, que la energía solar es no contaminante, ya que el ACV evalúa la contaminación ambiental de las etapas asociadas a la fabricación de las celdas fotovoltaicas. ↙

**un estudio completo del ACV de la generación nucleoelectrica exige incluir desde la etapa de extracción del mineral a la inmovilización y disposición final**

**la electricidad se utiliza principalmente en las etapas de enriquecimiento y fabricación de las barras de combustibles**

**con este tipo de estudios es factible establecer el impacto de las distintas fuentes de energía**

Referencias  
United States Environmental Protection Agency (EPA). 2007. [www.epa.gov/radiation/yucca/about.html](http://www.epa.gov/radiation/yucca/about.html)