

# Sostenibilidad de los sistemas de generación eléctrica

Juan José Cartelle-Barros, Manuel Lara-Coira, María Pilar de la Cruz-López y Alfredo del Caño-Gochi

Universidad de La Coruña (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7932>

## 1. INTRODUCCIÓN

En los sistemas energéticos actuales, los recursos que adjetivamos como "renovables" suponen un retroceso conceptual, a la vez que un avance estructural. La adaptabilidad a la demanda que aportan las energías que llamamos "convencionales" no la tienen las energías renovables, salvo que puedan integrarse plenamente en un sistema de un nivel superior, resultado de la selección cultural, en el sentido que le da Wagensberg [1]: cada uno de los elementos del sistema energético tiene una función culta, y el conjunto de todos ellos tiene la particular función de garantizar el suministro de electricidad con el mínimo coste y con la mayor sostenibilidad, del propio sistema y de los sistemas conexos y, en definitiva, del planeta.

Las energías "convencionales" son resultado de una selección cultural, en la que los problemas (garantía de suministro, estabilidad, economía, contaminación) precedieron a las soluciones, mientras que las energías renovables ya existían y adquirieron carta de naturaleza como solución ante la aparición de un problema determinado: transporte, calefacción, energía mecánica,...

En esta selección cultural emergen nuevos conceptos relacionados con la anticipación de la incertidumbre (estabilidad, contaminación, sostenibilidad). Detrás de una primera selección fundamental, condicionada por principios y leyes fundamentales y universales (gravitación, termodinámica), se avanzó en la selección natural, impulsada por la necesidad de introducir modificaciones y acentuar ciertas propiedades para progresar y perseverar en su entorno (conductividad, eficiencia).

Así hemos pasado de estabilidad a adaptabilidad, y de ahí, gracias al conocimiento abstracto, iremos siendo capaces de anticiparnos a las incertidumbres del entorno. Por descontado, la selección cul-

tural no podrá contradecir la fundamental (aprovechamiento gravitatorio del agua) ni la natural (aprovechamiento termodinámico del agua), pero sí soslayar sus limitaciones y aumentar su independencia frente a la incertidumbre (almacenamiento y regulación).

La progresión en el ámbito de la energía (y no sólo en éste) nos ha ido llevando del mero aprovechamiento de los recursos de la naturaleza a su domesticación y abuso, contrariando muchas veces a la propia naturaleza. Llegamos entonces a la etapa definitiva de la necesaria armonización de intereses para perseguir la sostenibilidad definida en el llamado *Brundtland Report* [2].

## 2. DESARROLLO

La evaluación de la sostenibilidad de los sistemas energéticos ha sido afrontada por numerosos autores, si bien generalmente atendiendo a un sistema concreto en una región determinada [3, 4], o analizando tecnologías o características específicas [5, 6]. Además, los indicadores utilizados en la mayoría de los trabajos no cubren en detalle los pilares de la sostenibilidad, al no existir un modelo capaz de ofrecer una visión general de la sostenibilidad integral de la mayoría de las centrales de producción de electricidad.

Recientemente se desarrolló un modelo de evaluación con el objetivo de cubrir las actuales lagunas del conocimiento "Assessing the global sustainability of different electricity generation systems" [7]. Dicho modelo permite comparar los principales sistemas energéticos conforme a los tres criterios de sostenibilidad (económica, social y ambiental), empleando para ello el método MIVES.

El método MIVES (Modelo Integrado de Valor para una Evaluación Sostenible) se

utilizó en la apreciación de estructuras de hormigón [8] y en la selección de pavimentos urbanos permeables [9], entre otras aplicaciones, pero no en el sector energético. Este método presenta la ventaja de poder utilizar variables cualitativas y cuantitativas, considerar posibles no linealidades e integrar el proceso de análisis jerárquico [10].

## 3. RESULTADOS

Con el criterio rector de considerar prioritario el pilar ambiental de la sostenibilidad, puesto que la destrucción ambiental supondría, con la desaparición de la vida, la de cualquier otra actividad, fuese social o económica (los otros dos pilares de la sostenibilidad), para cada tipo de las diez centrales de producción de electricidad analizadas, se han obtenido para sus respectivos índices de sostenibilidad los siguientes valores [7]: termosolar 80, eólica terrestre 76, fotovoltaica 69, pequeña hidráulica 61, gas natural 57, nuclear 40, biomasa 39, petróleo 31, carbón 29, lignito 29. Siendo 0 y 100, respectivamente, la menor y la mayor contribución al desarrollo sostenible.

Los resultados son los que cabría esperar en el marco de nuestros actuales conocimientos, incluso en lo que respecta a los usos de la biomasa en generación eléctrica, tantas veces interesadamente sobrevalorados. El estudio demuestra que MIVES es un método relativamente senc-



llo de aplicar en la evaluación de la sostenibilidad de diferentes sistemas de generación de electricidad, y con el que puede obtenerse información de utilidad.

#### 4. CONCLUSIÓN

Desde el punto de vista metodológico, conviene señalar que esta investigación se ha desarrollado sobre sistemas maduros, es decir sobre centrales de producción de electricidad que están plenamente integradas en una infraestructura eléctrica capaz de gestionar su adaptabilidad a la demanda. Ello le confiere indudables ventajas comparativas al aprovechamiento de los recursos energéticos renovables, casi siempre caracterizados por su baja densidad energética y su falta de fiabilidad y de estabilidad. De otro modo, los recursos renovables se verían penalizados, dada la actual imposibilidad de un almacenamiento eficaz de la electricidad a gran escala.

Por esta razón, se pretende incorporar en futuros desarrollos la consideración técnica y funcional de los diferentes sistemas de generación, para así tener en cuenta la seguridad y fiabilidad del suministro de electricidad, la madurez tecnológica y el grado de integración en la red eléctrica. Tendremos que seguir bien atentos los resultados que de tales trabajos se alcancen, pues podrían modificar algunos de los actuales criterios vinculados a la sostenibilidad de las diferentes tecnologías de generación eléctrica.

Por último, la evaluación de la sostenibilidad no es más que el primer paso hacia lo que debe ser nuestro gran objetivo: la optimización [11], en el sentido de maximizar la contribución al desarrollo sostenible del sistema o sub-sistema energético que se pretenda proyectar.

#### PARA SABER MÁS

- [1] Wagensberg, J., 2004. La rebelión de las formas: o cómo perseverar cuando la incertidumbre aprieta, 3ª ed., Colección Metatemas, Libros para pensar la ciencia, Barcelona: Tusquets. DL B-2686-2007. ISBN 978-84-8310-975-5. p. 101
- [2] United Nations. Our common future. World commission on environment and development. 1st ed. Oxford, UK: Oxford University Press; 1987, ISBN 978-0-19-282080-8. p. 416.
- [3] Kaya T, Kahraman C. Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: the case of Istanbul. Energy 2010;35(6):2517e27. <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2010.02.051>.
- [4] Burton J, Hubacek K. Is small beautiful? A multi-criteria assessment of small scale energy technology applications in local governments. Energy Policy 2007;35(12):6402e12. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.enpol.2007.08.002>.

- [5] Afgan NH, Carvalho MG. Multi-criteria assessment of new and renewable energy power plants. Energy 2002;27(8):739e55. [http://dx.doi.org/doi:10.1016/S0360-5442\(02\)00019-1](http://dx.doi.org/doi:10.1016/S0360-5442(02)00019-1).
- [6] Afgan NH, Carvalho MG, Jovanovic M. Biomass-fired power plant: the sustainability option. Int J Sustain Energy 2007;26(4):179e93. <http://dx.doi.org/doi:10.1080/14786450701550434>.
- [7] Cartelle JJ, Lara M, Cruz MP, Caño A. Assessing the global sustainability of different electricity generation systems. Energy 2015 (89) 473-489
- [8] Caño A, Gómez D, Cruz MP. Uncertainty analysis in the sustainable design of concrete structures: a probabilistic method. Constr Build Mater 2012;37:865e73. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.conbuildmat.2012.04.020>.
- [9] Jato D, Rodríguez J, Andrés VC, Ballester F. A fuzzy stochastic multi-criteria model for the selection of urban pervious pavements. Expert Syst Appl 2014;41(15):6807e17. <http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.eswa.2014.05.008>.
- [10] Saaty T. Fundamentals of decision-making and priority theory with the analytic

hierarchy process. 2nd ed. Pittsburgh, PA, USA: RWS Publications;2006, ISBN 978-0-9620317-6-2.

- [11] Caño A, Cruz MP, Cartelle JJ, Lara M. Conceptual framework to optimize sustainability of engineering systems. Journal of Energy and Power Engineering 2015 (9) 608-615. <http://dx.doi.org/doi:10.17265/1934-8975/2015.07.002>.

#### AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se ha realizado con el apoyo de la Consejería de Cultura, Educación y Ordenación Universitaria de Galicia bajo el Programa de Ayudas de Apoyo a la Etapa Pre-doctoral del Plan Gallego de Investigación, Innovación y Crecimiento 2011-2015 (Plan I2C), beca ED481A-2015/200.



**SEALS, ACTUATORS, GRIPPERS & PNEUMATIC SPECIALTIES**



**FABRIC-REINFORCED FOR STRENGTH & STRUCTURAL INTEGRITY**

*"Technical expertise, enthusiasm, creative problem solving, unmatched experience and follow-through... that's Seal Master for sure!"*

**DESIGN ASSISTANCE OFFERED**  
**WWW.SEALMASTER.COM**  
**E-mail: info@sealmaster.com**

**SEAL MASTER CORPORATION**  
 368 MARTINEL DRIVE, KENT, OH 44240-4368 USA  
 (800) 477-8436 / (330) 673-8410 • FAX (330) 673-8242

© 2015 Seal Master Corporation