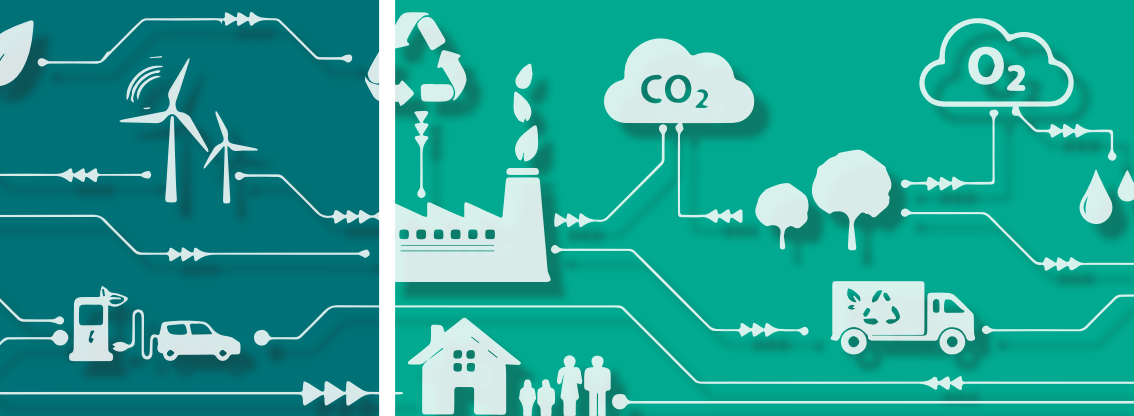


Diego Carmona Fernández
Beatriz Ledesma Cano
(Coords.)

Propuestas educativas y de investigación para una gestión energética eficiente



Propuestas educativas y de
investigación para una gestión
energética eficiente

Diego Carmona Fernández
Beatriz Ledesma Cano
(Coords.)

Propuestas educativas y de
investigación para una
gestión energética eficiente

Octaedro 

Colección Horizontes-Universidad

Título: *Propuestas educativas y de investigación para una gestión energética eficiente*

Primera edición: diciembre de 2023

© Diego Carmona Fernández, Beatriz Ledesma Cano

© De esta edición:

Ediciones OCTAEDRO, S.L.

C/ Bailén, 5 – 08010 Barcelona

Tel.: 93 246 40 02

octaedro@octaedro.com

www.octaedro.com

Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

ISBN: 978-84-19690-57-9

Maquetación: Fotocomposición gama, sl

Diseño y producción: Octaedro Editorial

Sumario

Prefacio	11
JUDIT LISONI	
1. Sistemas de modelos sostenibles de gestión de energía	17
DIEGO CARMONA FERNÁNDEZ; DAVID DE LA MAYA RETAMAR; MANUEL CALDERÓN GODOY; AGUSTÍN GARCÍA GARCÍA	
2. Herramienta para la evaluación de la clase de eficiencia energética de una instalación eléctrica dentro de un sistema de gestión de energía (SGen).	59
DIEGO CARMONA FERNÁNDEZ; JUAN ENRIQUE RIBALLO CABANILLAS; DIEGO RODRÍGUEZ MÉNDEZ; DOROTEA DIMITROVA ANGELOVA	
3. Proyectos energéticos y el impacto de la toma de decisiones según el modelo ICB 4 de IPMA	85
MANUEL OTERO-MATEO; ANDRÉS PASTOR-FERNÁNDEZ; ALBERTO CEREZO-NARVÁEZ; MAGDALENA RAMÍREZ-PEÑA MARGARITA CASTILLA-BAREA	
4. Biocombustible producido a partir de los residuos agroindustriales de la refinación del cacao: análisis energético y ambiental en condiciones reales de operación en motores de combustión interna	95
CRISTIAN LAVERDE ALBARRACÍN; JOSÉ VILLARROEL BASTIDAS JOSÉ ORDOÑEZ MIRAND; IRENE MUÑOZ SIM; JOSÉ GIRALDO CAGU; ANDERSON PERALTA OLIVO; JUAN FÉLIX GONZÁLEZ GONZÁLEZ	

5. Análisis de protecciones de sobrecorriente en <i>microgrids</i> modo isla con elevada penetración de energías renovables no convencionales	111
KEVIN ALEXANDER ORTIZ SANTIANA; WILLIAM PAÚL PAZUÑA CARLOS IVÁN QUINATO; ANGELA GABRIELA VERDESOTO	
6. Recuperación de energía de residuos lignocelulósicos mediante carbonización hidrotermal.	131
RICARDO PAÚL IPIALES; ANDRÉS SARRIÓN; ELENA DÍAZ ÁNGELES DE LA RUBIA; ÁNGEL FERNÁNDEZ MOHEDANO	
7. El tratamiento hidrotermal como alternativa para la obtención de nuevos biocombustibles de bajo impacto ambiental a partir de residuos biomásicos.	141
ANDRÉS SARRIÓN; RICARDO PAUL IPIALES; ÁNGELES DE LA RUBIA; ELENA DÍAZ; ÁNGEL FERNÁNDEZ MOHEDANO	
8. Hacia la mayor sostenibilidad de la gestión energética de una cooperativa: producción de calor y frío a partir de restos de poda de cerezo.	153
JAVIER CALERO; SILVIA ROMÁN SUERO; BEATRIZ LEDESMA CANO	
9. Comparativa de consumo energético entre dos procesos termoquímicos de obtención de carbón vegetal.	163
ROCÍO GARCÍA-MORATO GÓMEZ; JAVIER ALCÓN SALGADO; BEATRIZ LEDESMA CANO; SILVIA ROMÁN SUERO	
10. Estudio experimental de temperaturas en una pila de combustible de membrana de intercambio de protones con refrigeración por aire.	179
MILENA LINETTE ZAMBRANO HERNÁNDEZ; MANUEL CALDERÓN GODOY; ANTONIO JOSÉ CALDERÓN GODOY; JUAN FÉLIX GONZÁLEZ GONZÁLEZ	
11. Formando a los futuros gestores energéticos.	195
ALFONSO CARLOS MARCOS ROMERO; JOSÉ LUÍS CANITO LOBO JUAN FÉLIX GONZÁLEZ GONZÁLEZ FRANCISCO QUINTANA GRAJERA	

12. Técnicas de predicción de la demanda de energía eléctrica	207
MIGUEL ÁNGEL JARAMILLO MORÁN; DIEGO RODRÍGUEZ MÉNDEZ; SARA CARMONA GALLARDO	
13. Almacenamiento térmico en plantas de concentración solar para la gestión de la energía	221
GUSTAVO GARCÍA-MARTÍN; M. I. LASANTA CARRASCO; M. T. DE MIGUEL; F. J. PÉREZ	
14. Guía para el desarrollo de instalaciones fotovoltaicas mediante el uso de software especializado	247
JESÚS M. RODRÍGUEZ-REGO; JUAN P. CARRASCO-AMADOR; LAURA MENDOZA-CEREZO; ALFONSO C. MARCOS-ROMERO; ANTONIO MACÍAS-GARCÍA	
15. Tipos de energía solar y perspectivas de los sistemas fotovoltaicos.	281
LAURA MENDOZA CEREZO; JESÚS M. RODRÍGUEZ REGO; ANTONIO MACÍAS GARCÍA; JUAN P. CARRASCO AMADOR	

Prefacio

JUDIT LISONI

Gestora del Área de Energía, 2022-2023

El Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo CYTED fue creado en 1984 mediante un acuerdo de los organismos nacionales de Ciencia y Tecnología de los 21 países de lengua hispanoportuguesa, siendo así el programa de colaboración iberoamericano más antiguo; desde 1995 forma parte de los programas de cooperación de las cumbres iberoamericanas de jefes de estado y de gobierno. Durante estos años, se ha constituido como instrumento común y esencial de los sistemas de ciencia y tecnología nacionales para fomentar la cooperación en investigación e innovación, promoviendo acciones de transferencia tecnológica al sector empresarial de la Región Iberoamericana.¹ En su estructura organizacional se fomenta la participación de todos los países iberoamericanos, salvaguardando el equilibrio geográfico y de género, entre otros aspectos, y fomentando el trabajo colaborativo en sus siete áreas temáticas, las que corresponden a Área 1 de Agroalimentación, Área 2 de Salud, Área 3 de Desarrollo Industrial, Área 4 de Desarrollo Sostenible, Área 5 de TIC, Área 6 de Ciencia y Sociedad y Área 7 de Energía.

CYTED cuenta con cuatro instrumentos de financiamiento: (1) redes temáticas, (2) proyectos estratégicos, (3) acciones estratégicas y (4) foros empresa-academia. En particular, las redes temáticas cuentan con un financiamiento basal de cuatro años y están formadas por grupos de investigación y empresas de toda

1. <https://www.cytmed.org/es/cytmed>

Iberoamérica que trabajan en torno a temas científicos o tecnológicos determinados, de interés común y de alta aplicabilidad. Su objetivo es crear un marco cooperativo y colaborativo que les permita a los participantes de las redes proyectarse y desarrollar nuevas actividades conjuntas en el futuro. En ese sentido, con el instrumento de redes temáticas, CYTED se transforma en un agente que ayuda a articular la movilidad entre grupos, promoviendo un rico intercambio de experiencia entre países con diversos niveles de potencial científico-técnico, lo que finalmente impacta positivamente en un desarrollo solidario en ciencia y tecnología entre los países iberoamericanos. El éxito de las redes se puede evidenciar en algunos datos estadísticos importantes:²

- Alrededor de 23 000 personas han participado en redes CYTED en el período 2007-2021. Considerando el número de participantes por área, estos varían entre 2500 y 5000, siendo la mayor contribución proveniente de agroalimentación y la menor de ciencia y sociedad, respectivamente. En particular, el Área de Energía contribuye con cerca del 18 % de los participantes.
- La participación se divide entre personas provenientes de universidades, organismos públicos y privados de investigación, administración pública, empresas, ONG y fundaciones. Considerando la importancia que CYTED da a la transferencia, cabe destacar que entre los años 2010 y 2019, el sector empresarial posee la presencia más importante luego de las universidades, contando con 460 participantes provenientes de 20 de los 21 países CYTED.
- En promedio, una acción CYTED moviliza más de 50 viajes de personal propio y 4 de expertos externo, facilita tres intercambios de media o larga duración, publica dos libros y 15 artículos de todo tipo, y presenta 25 comunicaciones a congresos; asimismo, organiza 20 cursos y talleres en los que participan más de 500 técnicos.
- La participación relativa de todos los países de la región en el Área de Energía es muy buena, lo cual demuestra la importancia de este tópico para Iberoamérica.

2. Análisis estadístico CYTED realizados por el Dr. Ignacio Romagosa, Coordinador Científico del Programa

El Área de Energía³ promueve el acceso universal a los servicios energéticos en Iberoamérica, pilares del desarrollo socioeconómico y la calidad de vida, alineados con los objetivos de desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas.⁴ Las mejoras constantes en la producción y uso de estos recursos permean los proyectos adscritos a este área, entre los que se incluyen un mayor uso de fuentes renovables, la potenciación del ahorro energético, la diversificación de fuentes de energía y la búsqueda de nuevos portadores energéticos. Así, entre los años 2005 y 2022 se han formado redes en temas relacionados con producción, almacenamiento, uso racional, aplicaciones, modelización y marco regulatorio de energías renovables (solar, eólica, biocombustible y biomasa, hidrógeno, marítima y corrientes fluviales, hidroeléctrica, térmica) en temáticas enmarcadas en nuestro contexto geográfico, social y económico, que nos han permitido desarrollar y transferir conocimiento atinente con una visión dirigida hacia la anhelada transición energética sostenible de nuestra región.

El libro que usted tiene en sus manos es producto del trabajo colaborativo de las siguientes redes:

- **722RT0134 Red de Investigación en Modelos de Sistemas de Gestión de Energía Sostenibles, RIMSGES**, coordinada por Diego Carmona (España, hasta julio 2023) y Silvia Román (España, a partir de agosto 2023), la cual comenzó su trabajo el año 2022. En ese mismo año y junto a RIMSGES, las siguientes 11 redes estaban activas. Estas muestran claramente la variedad de tópicos en energía donde CYTED está presente y cómo se articulan para enfrentar los diferentes desafíos que el desarrollo sostenible basado en fuentes de energía renovables requiere.
- **722RT0135 Red Iberoamericana de Pobreza Energética y Bienestar Ambiental, RIPEBA**, coordinada por Alexis Pérez (Chile), cuyo objetivo es mejorar el bienestar ambiental y promover el uso de energía limpia y segura en un escenario postpandemia, evaluando y generando indicadores y estrate-

3. https://www.cyted.org/es/Gestion_tecnica

4. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

gias de diseño y construcción sostenible con el fin de reducir la pobreza energética en Iberoamérica.⁵

- **721RT0121 Oportunidades de Integración en Redes Eléctricas Iberoamericanas de las Energías del Mar, REMAR**, coordinado por Marcos Lafoz (España), cuyo objetivo es desarrollar y promover la integración de las energías procedentes de recursos marinos en las redes eléctricas iberoamericanas.⁶
- **721RT0122 Hidrogeno: Produccion y Usos en el Transporte y el Sector Electrico, H2TRANSEL**, coordinada por Miguel Laborde (Argentina), cuyo objetivo es analizar y discutir los aspectos de producción, almacenamiento, transporte y seguridad, y aplicaciones del hidrógeno como vector energético en el transporte automotor, en el sector eléctrico y su complementación con pilas de combustible.⁷
- **720RT0014 Eficiencia Energética de los Sistemas de Movilidad Urbana en Iberoamérica, EFIMOV**, coordinada por José Ignacio Huertas (México), cuyo objetivo es generar y consolidar capacidades de investigación y desarrollo tecnológico en temas relacionados con la eficiencia energética en sistemas de movilidad urbana, enfocándose en estudios de caso concretos de sistemas energéticos de movilidad sostenible en ciudades iberoamericanas.⁸
- **720RT0015 Red Iberoamericana de Eficiencia Termica Industrial, RIETI**, coordinada por Emerita Delgado (Ecuador), cuyo objetivo es fortalecer la cooperación de la región para la gestión de conocimiento técnico, promoción e integración de criterios de eficiencia energética en el sector industrial, contribuyendo a reducción de la huella de carbono del sector.⁹
- **719RT0585 Red Iberoamericana de Geotermia Somera, RIGS**, coordinada por María del Mar García (Argentina), cuyo objetivo es promover la explotación de esta energía renovable en la región y así generar confianza en el usuario final sobre su explotación.¹⁰

5. <https://www.cytcd.org/ripeba>

6. <https://www.cytcd.org/remar>

7. <https://www.cytcd.org/H2TRANSEL>

8. <https://www.cytcd.org/efimovi>

9. <https://www.cytcd.org/rieti>

10. <https://www.cytcd.org/rigs>

- **719RT0586 Optimización de los Procesos de Extracción de Biomasa Sólida para Uso Energético, IBEROMASA**, coordinada por Borja Velázquez (España), cuyo objetivo es potenciar el uso de la biomasa agroforestal como fuente de energía en Latinoamérica, mejorando las políticas de promoción de su uso con una gestión sostenible.¹¹
- **719RT0587 Red Iberoamericana de Tecnologías de Biomasa y Bioenergía Rural, REBIBIR**, coordinadora por Silvina Manrique (Argentina), cuyo objetivo es promover el uso y manejo eficiente de la biomasa sólida y su valorización energética térmica en el ámbito rural y urbano-marginal iberoamericano, apoyando a la formación de comunidades y territorios más sustentables y resilientes frente al cambio climático.¹²
- **718RT0564 Red Iberoamericana para el Desarrollo y la Integración de Pequeños Generadores Eólicos, MICRO-EOLO**, coordinada por Jesús Riquelme (España), cuyo objetivo es potenciar el uso en las redes eléctricas del recurso eólico a pequeña y mediana escala, tomando en cuenta las normativas, regulaciones y potenciales políticas de incentivo adaptable a los países iberoamericanos.¹³
- **718RT0565 Red de Energía Eólica para la Generación Distribuida en el Ámbito Urbano, REGEDIS**, coordinada por Ignacio Cruz (España), cuyo objetivo es facilitar el desarrollo de los sistemas eólicos distribuidos en entornos urbanos, periurbanos y rurales para el uso residencial, comercial e industrial.¹⁴
- **718RT0566 Red Iberoamericana de Movilidad y Transporte Urbano Sostenible, RITMUS**, coordinada por Luis Manuel Navas (España), cuyo objetivo es realizar un análisis regional multicomponente para evaluar el nivel de preparación que la región de Iberoamérica posee para asumir las innovaciones requeridas para un transporte eficiente y sostenible.¹⁵

11. <https://www.cyted.org/iberomasa>

12. <https://www.cyted.org/rebibir>

13. <https://www.cyted.org/micro-eolo>

14. <https://www.cyted.org/regedis>

15. <https://www.cyted.org/ritmus>

Les invito a leer las siguientes páginas y disfrutar del trabajo desarrollado por los colegas de RIMSGES en su primer año. Las características del trabajo colaborativo que describe este libro son comunes a todas las redes CYTED. Así, espero que les motive a ser partícipe de ellas en el futuro como también revisar sus trabajos más en detalle en los sitios web mencionados.¹⁶

16. Listados en <https://www.cytmed.org/es/content/proyectos-energia>

Sistemas de modelos sostenibles de gestión de energía

DIEGO CARMONA FERNÁNDEZ

DAVID DE LA MAYA RETAMAR

MANUEL CALDERÓN GODOY

Dpto. de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Automática. EII.

AGUSTÍN GARCÍA GARCÍA

Dpto. de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales.

Universidad de Extremadura.

Resumen

«Es probable que alrededor de 75 millones de personas que recientemente tenían acceso a la electricidad pierdan la capacidad de pagarla» (IEA, 2022). Los sistemas de gestión energética (SGEn) han sido bien recibidos por las organizaciones como herramientas para administrar más eficazmente sus actividades y operaciones para mejorar su productividad y competitividad, siendo una ventaja considerable, frente a sus competidores una vez implantados, y un camino hacia la mejora continua. Los SGEn permiten mejorar la gestión de los recursos energéticos con distintos fines que pasan por mejorar la eficiencia energética, disminuir el costo energético, etc. En este capítulo se muestran, en primer lugar, los elementos que se podrían considerar clave dentro de un SGEn para, a continuación, hacer hincapié en la necesidad de trabajar en modelos 4e (bajo enfoques energético, económico, ecológico y eficiente) donde la gestión holística es imprescindible, formulados con un enfoque ágil, con un enfoque KISS (*keep it simple, stupid*). Finalmente, se muestra cómo se está implantando un modelo sostenible de gestión de energía en la Universidad de Extremadura, evaluando la necesidad de contar con un adecuado sistema de medida, supervisión y gestión para garantizar el éxito del SGEn en el tiempo.

Palabras clave: sistema de gestión, energía, renovables, pobreza energética, sostenibilidad.

1.1. Justificación y descripción del problema

Alicia miró alrededor suyo con gran sorpresa.

–Pero ¿cómo? ¡Si parece que hemos estado bajo este árbol todo el tiempo! ¡Todo está igual que antes!

–¡Pues claro que sí! –convino la Reina–. Y ¿cómo si no?

–Bueno, lo que es en mi país –aclaró Alicia, jadeando aún bastante–, cuando se corre tan rápido como lo hemos estado haciendo y durante algún tiempo, se suele llegar a alguna otra parte...

–¡Un país bastante lento! –replicó la Reina–. Lo que es aquí, como ves, hace falta correr todo cuanto una pueda para permanecer en el mismo sitio. Si se quiere llegar a otra parte hay que correr por lo menos dos veces más rápido.

Esta conversación tiene lugar en la novela de 1871 de Lewis Carroll, *Alicia a través del espejo*, entre la Reina Roja y Alicia.

A partir de ella se conoce como hipótesis de la Reina Roja (efecto Reina Roja) a la hipótesis evolutiva que declara que «los organismos necesitan adaptarse para sobrevivir mientras compiten entre ellos en continua evolución y en un entorno de cambio constante». Viene a afirmar que, para mantener simplemente el estado sin retroceder, hay que estar en continua adaptación: «para un sistema evolutivo, la mejora continua es necesaria para solo mantener su ajuste a los sistemas con los que está coevolucionando»¹.

Si miramos nuestro entorno para comprender cuánto hemos de correr, veremos que, en la década de los ochenta, comenzó a utilizarse el acrónimo: mundo o entorno VUCA, para caracterizarlo, aludiendo a las cuatro iniciales de los elementos: volatilidad, incertidumbre, complejidad y ambigüedad.

Pero, como reflejo del principio de la Reina Roja, este acrónimo tampoco parece ser suficientemente representativo del mundo actual respondiendo al ritmo de cambios vertiginoso a que está expuesto nuestro entorno. El estadounidense J. Cascio propuso hace unos años el acrónimo BANI, creado a partir de los conceptos *brittle* (frágil), *anxious* (ansioso), *nonlinear* (no lineal) e *incomprehensible* (incomprensible), que parecen representar mejor el entorno actual.

1. Conocido como «principio de la Reina Roja», fue formulado por Heylighen (Heylighen, 1993), si bien inicialmente fue propuesto por L. van Valen en 1973.

El contexto energético, obviamente, se ha visto afectado por este entorno BANI significativamente, y se ha enfrentado a una nueva crisis, algo cada vez más habitual desde 1973.

The global energy crisis sparked by Russia's invasion of Ukraine is having far-reaching implications for households, businesses and entire economies, prompting short-term responses from governments as well as a deeper debate about the ways to reduce the risk of future disruptions and promote energy security. This is a global crisis, but Europe is the main theatre in which it is playing out, and natural gas is centre stage –especially during the coming northern hemisphere winter. (IEA, 2022)

El progreso de la Humanidad ha estado tradicionalmente ligado al aprovechamiento de la energía. El primer problema que encontramos en este cambiante contexto energético tiene que ver con la necesidad de «más» energía, ante la elevada demanda de esta que se requiere en la actualidad: es pues un problema de índole **energética**, de «cantidad» de energía.

La primera gran crisis energética mundial de la era moderna tuvo lugar a comienzos de los años setenta. Tras dicha crisis, conceptos como la *dependencia*, la *eficiencia* y la *gestión* energéticas comenzaron a tener especial relevancia.

Debemos independizarnos del petróleo, el carbón y el gas rusos. Simplemente, no podemos confiar en un proveedor que nos amenaza explícitamente. (Ursula von der Leyen, presidenta de la Comisión Europea)

La dependencia energética (cantidad de energía primaria que un país necesita importar para poder abastecerse, ya sea en forma de calor, electricidad o para el transporte) promedio de Europa (países de la UE-27), próxima al 56% en el año 2000, ha escalado hasta el 57,5% en el 2020 (Marcus Lu, 2022), mientras que en el caso de España la dependencia ronda el 68%, según el Instituto Nacional de Estadística (INE) (Power Choice, 2022; Statista, 2023).

Esto demuestra la fuerte dependencia que Europa –especialmente, España, dentro de UE-27– tiene de la energía generada en otros lugares del mundo, lo que contribuye, como en el esce-

nario actual dibujado por Rusia y su invasión a Ucrania, a una vulnerabilidad excesiva que puede afectar muy negativamente cualquier actividad y a cualquier organización, tanto más cuanto mayor sea su demanda energética. En el caso de la UE-27 esta vulnerabilidad se confirma al observar que la mayor dependencia del petróleo, carbón y gas natural tiene como país suministrador a Rusia, con porcentajes cercanos, respectivamente, al 27 %, 47 % y 41 % (Power Choice, 2022).

Pero no se trata solo de la elevada dependencia energética, también debemos tener en cuenta el impacto ambiental que los precedentes contextos energéticos a lo largo de la historia nos han ido dejando, lo que nos crea un segundo problema de índole **ecológica**.

En la actualidad, existe un consenso científico claro acerca de que existe una causa antropogénica en relación con el cambio climático (desequilibrio producido en el balance energético de la Tierra debido a agentes y procesos tanto naturales como antropogénicos). Más del 97 % de los artículos científicos publicados en revistas científicas con revisión por pares lo constatan. Los científicos no dudan de la existencia del propio cambio climático; además de que es responsabilidad del ser humano en su origen (Cook *et al.*, 2016).

Se evidencia la existencia de correlación entre el gasto energético de la sociedad y el cambio climático, así como que viene condicionada por la elevada utilización de combustibles fósiles (IPCC, 2013). Este problema, lejos de estar controlado, y pese a la mayor presencia de generación con fuentes de energía renovables, ha repuntado en 2021, al aumentar las emisiones de CO₂ relacionadas con la energía a casi 37 Gt, el mayor aumento anual de emisiones (IEA, 2022).

Un tercer problema por afrontar tiene una componente **económica**, motivada por los elevados precios de la energía que, especialmente desde 2022, están teniendo lugar en todo el contexto UE-27. «Los altos precios del combustible representan el 90 % del aumento de los costos promedio de generación de electricidad en todo el mundo, el gas natural solo más del 50%» (IEA, 2022).

Esto está motivando que la pobreza energética, que ya en la anterior década empezó a alcanzar cotas preocupantes, se haya disparado en muchas partes del mundo. «Es probable que alre-

dedor de 75 millones de personas que recientemente tenían acceso a la electricidad pierdan la capacidad de pagarla» (IEA, 2022).

En España, el precio medio de la energía eléctrica en el mercado mayorista en 2022 fue casi cinco veces superior al de 2020.

En la búsqueda de solución a estos problemas, la UE, en su *Estrategia marco para una Unión de la Energía resiliente con una política climática prospectiva* (Comisión Europea, 2015), fijó cinco objetivos principales que debían articular la política energética que se debe seguir:

- Diversificar las fuentes de energía europeas y garantizar la seguridad energética a través de la solidaridad y la cooperación entre los Estados miembros.
- Garantizar el funcionamiento de un mercado interior de la energía plenamente integrado, propiciando el libre flujo de energía a través de la Unión mediante una infraestructura adecuada y sin barreras técnicas o reglamentarias.
- Mejorar la **eficiencia energética** y reducir la dependencia de las importaciones de energía, reducir las emisiones e impulsar el empleo y el crecimiento.
- Descarbonizar la economía y avanzar hacia una economía hipocarbónica en consonancia con el Acuerdo de París.
- Promover la investigación en tecnologías de energías limpias y con bajas emisiones de carbono, y priorizar la investigación y la innovación para impulsar la transición energética y mejorar la competitividad.

En tanto que la energía es un recurso que puede gestionarse, una buena gestión de ella permitirá alcanzar soluciones al conjunto de problemas anteriores, que irán desde una reducción de costos (también de índole ambiental y social), hasta una mejora de la competitividad de la organización.

El término *eficiencia energética*, entendida, según el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), como «un conjunto de programas y estrategias para reducir la energía que emplean determinados dispositivos y sistemas, sin que se vea afectada la calidad de los servicios suministrados» (AFME, 2010), ha adquirido gran relevancia en la última década como elemento central de la solución a los problemas anteriores.

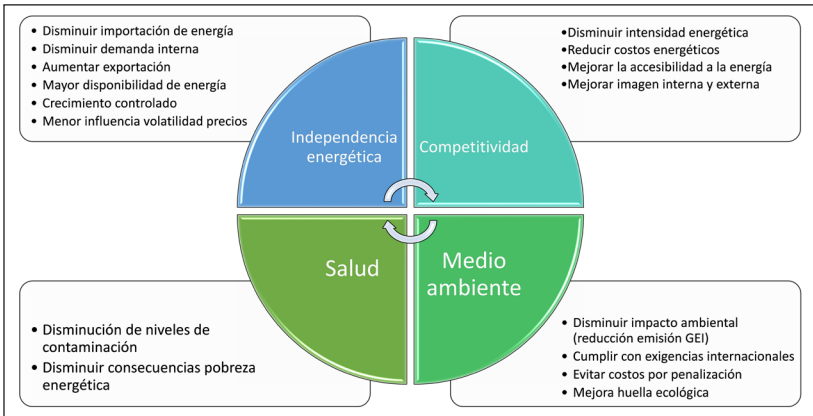


Figura 1.1. Algunos beneficios de una gestión eficiente de la energía. Fuente: elaboración propia.

La eficiencia energética como principio permite reducir el impacto ambiental, el consumo energético y los costes económicos, al mismo tiempo que aumenta la confiabilidad y desarrolla cultura organizacional, mejorando la imagen interna y externa de la organización.

La tríada energética que adoptó la UE como solución en la Estrategia 2020 estaba basada en reducir la demanda de energía con medidas de ahorro (por ejemplo, sustitución de equipos por otros con mejor etiquetado energético, de menor consumo), utilizar fuentes de generación renovables y producir y utilizar (gestionar) la energía de la forma más eficiente posible.

Esta estrategia se reguló a través de una tríada de directivas, la de eficiencia energética (Directiva, 2012) y su posterior modificación (Directiva, 2018a), la de eficiencia energética en edificios² (Directiva, 2010) y su posterior modificación (Directiva, 2018b), y la de energías renovables (Directiva, 2009) y su posterior modificación (Directiva, 2018c).

Con ellas se ha pasado del conocido escenario objetivo «Europa 20-20-20», consistente en lograr para 2020 un 20% de con-

2. El hecho de que los edificios hayan sido objeto de la actuación en eficiencia energética desde las primeras acciones legales encuentra su razón de ser en que representaban el 40% del consumo de energía final y el 36% de las emisiones de CO₂ de la UE según las Conclusiones del Consejo de 10/06/2011, sobre el Plan de Eficiencia Energética 2011. El 75% de los edificios se consideraban ineficientes desde un punto vista energético (Directiva, 2010).

tribución de las energías renovables, un 20% de reducción del consumo energético y un 20% de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), con respecto a los niveles de 1990, al recientemente definido escenario «objetivo 55» dentro de la Agenda 2030. En este caso, el objetivo consiste en reducir para 2030 y en relación a los niveles de 1990, también al menos un 55% de las emisiones de GEI (y una reducción a cero emisiones netas para 2050); un incremento de hasta el 32% de la cuota de energías renovables en el consumo de energía y una mejora de la eficiencia energética de un 32,5% (en paralelo, también es objetivo la interconexión de al menos el 15% de los sistemas eléctricos de la Unión). Estos objetivos energéticos previsiblemente serán aumentados en 2030 a un incremento de energías renovables próximo al 42-45%, una reducción del 40-42% para el consumo de energía primaria de la UE y del 36-40% del consumo de energía final (Ciucci, 2022).

En la Estrategia 2030 se insta también a los Estados miembros a que tengan en cuenta la pobreza energética en el diseño de medidas alternativas.

El principal camino para mitigar los problemas anteriores supone, pues, recorrer la necesaria transición de un modelo energético basado en fomentar el consumo energético característico de décadas anteriores a otro donde prime el uso responsable de la energía. Eficiencia energética significa «consumir menos para hacer lo mismo» o «hacer más gastando menos». Si no queremos reducir nuestro nivel de confort y este requiere mucha energía, deberemos conseguir «hacer más gastando menos» y utilizar, al mismo tiempo, generación mediante fuentes respetuosas con el medioambiente, como las renovables, que generan un menor impacto. La eficiencia energética es aplicable a productos, procesos, instalaciones, edificios, organizaciones, eventos...

En este nuevo entorno BANI al que aludíamos, puede parecer una quimera pretender alcanzar los objetivos anteriores actuando únicamente de forma aislada bajo un enfoque objetivo energético, ecológico o económico por separado, debiendo recaer el epicentro de la actuación de forma preferente sobre la **gestión integral eficiente** de la energía.

La visión tradicional de la gestión de la energía consideraba esta como una cuestión «básicamente técnica», descentralizada y sin organización definida, orientada a la tecnología, y no hacia la

gestión, no programada, habitualmente infravalorada y sin cuantificar ahorros potenciales. No contaba con el apoyo de la alta dirección, y el personal, aparte de ser reducido en número y, en ocasiones, subcontratado, tenía conocimientos técnicos pero con escasez de competencias y sin visión de gestión integral, lo que provocaba una planificación y toma de decisiones inadecuadas.

La Decisión 406/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo (Decisión, 2009), establecía un artículo (art. 4) explícitamente denominado «eficiencia energética».

Según la Directiva 2012/27 (Directiva, 2012), los planes de eficiencia energética sostenibles e integrados con objetivos claros «pueden generar considerables ahorros de energía, especialmente si son aplicados por sistemas de gestión energética».

Entendemos por gestión el conjunto de actividades coordinadas para dirigir y controlar una organización, mientras que un sistema es el conjunto de elementos mutuamente relacionados o que interactúan. Un sistema de gestión puede ser concebido como el sistema para establecer la política y los objetivos de una organización y poder alcanzarlos.

Los SGEN surgen en los años setenta tras las primeras consecuencias de las crisis energéticas, convirtiéndose pronto en una herramienta fundamental para el desempeño energético en todo el mundo. Desde principios del año 2000, varias organizaciones de normalización han estado elaborando documentos que orienten sobre cómo gestionar eficazmente la energía.

Un SGEN, no obstante, no debe ser considerado como un fin en sí mismo, sino más bien como una herramienta o un medio para conseguir un fin mayor. Conseguir que los edificios sean de «consumo nulo» sí puede constituir un fin en sí mismo de una planificación energética.

La Directiva 2010 definía un edificio de consumo casi nulo (*nearly zero energy building*, NZEB) como aquel «edificio con un nivel de eficiencia energética muy alto». En su artículo 9 se establecía como meta que, «a más tardar el 31/12/2020, todos los edificios nuevos sean edificios de consumo casi nulo y después del 31/12/2018 los edificios nuevos que estén ocupados y sean propiedad de autoridades públicas sean edificios de consumo casi nulo».

Es obvio que resulta muy difícil que un edificio, en normal uso, pueda tener un consumo nulo, pero el concepto va más allá del optimista objetivo de conseguir un consumo nulo como tal,

sino que está más referido al logro de un «balance» energético de generación-consumo que sea próximo a cero, e incluso que pueda, en muchos instantes, arrojar un saldo positivo en lo que ha venido a llamarse «edificios de energía positiva» o «edificios +».³

En ese balance energético, y desde el lado del consumo, las acciones deben ir encaminadas preferentemente a aplicar eficiencia energética, reduciendo el consumo para «hacer lo mismo», mediante sustitución de equipos demandantes de energía por otros de menor consumo, optimización de procesos, gestión de la demanda... Del lado de la generación dentro del concepto NZEB (Hipólito-Ojalvo, 2018), las necesidades de energía casi nulas o muy bajas deberían ser cubiertas, en su mayor parte, por energía procedente de fuentes renovables, ya sea *in situ* o en el entorno.

El objetivo de conseguir que un equipo, proceso, instalación, edificio u organización trabaje en la filosofía NZE o energía cero, sí debe ser considerado un fin de la gestión energética de un «modelo e⁴» o «4e» (enfoque holístico energético, económico, ecológico y gestión eficiente). Y, en ese caso, un SGen es el medio o herramienta idóneo.

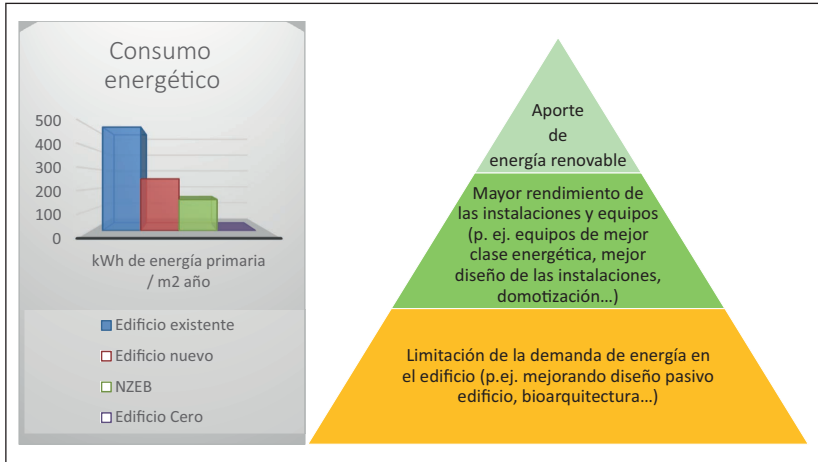


Figura 1.2. Edificios de consumo casi nulo (NZEB). Fuente: elaboración propia.

3. Ejemplos singulares encontramos en la torre Elithis, de la que se dice que fue el primer edificio de energía positiva, situada en Francia (Dijon), uno de los países donde más rápidamente se asentó el objetivo de este tipo de edificaciones, o el ejemplo del ecobarrio Lyon Confluence, en Lyon (Francia).

1.2. Fases en el diseño e implementación de un SGen

En el punto 3.2 de la norma UNE-EN ISO 50001:2018 (Aenor, 2018) se define sistema de gestión de energía (SGEn) como el conjunto de elementos de una organización interrelacionados o que interactúan para establecer una política energética, los objetivos y metas energéticas, y los planes de acción y procesos que permitan alcanzarlos, entendiendo, por política energética la declaración expresa por parte de la organización de su intención, dirección y compromiso global relacionado con el desempeño⁴ energético.

Básicamente, puede considerarse como una metodología sistemática para conseguir una mejora sostenida y continuada en el tiempo para un desempeño energético eficiente de la organización.

Su metodología está basada en el concepto de rueda de Deming de la mejora continua, esto es, se centra en la aplicación recurrente en espiral de cuatro etapas: planificar (*plan*), hacer (*do*), comprobar o verificar (*check*) y actuar (*act*), buscando diseñar y aplicar un proceso de planificación y optimización que permita a una organización la mejora constante de sus estándares de calidad, consiguiendo con ello ser más productiva y eficiente.

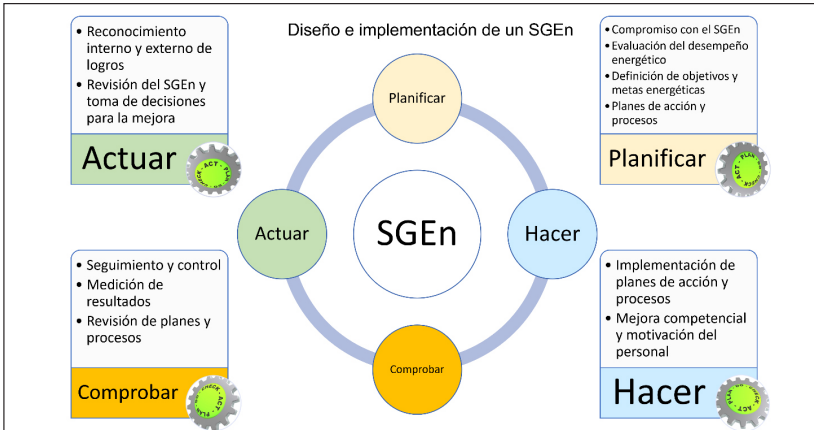


Figura 1.3. Fases en el diseño e implementación de un SGen. Fuente: elaboración propia.

4. El desempeño se define como un resultado medible. Aunque se puede medir con respecto a los objetivos, las metas energéticas y otros requisitos, en el contexto de un SGen estará relacionado con la eficiencia energética, el uso de la energía y el consumo de energía (véase punto 3.4.3 de la Norma UNE-EN ISO 50001:2018).

Es objeto de este capítulo profundizar más extensamente en la primera de las etapas del ciclo: planificar.

1.2.1. Planificar

En esta fase se analiza, primero, el estado de la organización y sus necesidades, tras lo cual se podrán definir los objetivos que buscar y las acciones para conseguirlo. Las fases mínimas que debemos considerar serán, tal y como se muestra en la figura 1.3, definir el compromiso de la alta dirección con el SGEN, evaluar el desempeño energético, definir los objetivos y metas energéticos y establecer los planes de acción y los procesos.

Compromiso con el SGEN

Los SGEN pueden ser inicialmente, de forma general, bien recibidos por las organizaciones, al ver en ellos una herramienta con la que poder administrar de forma eficaz sus actividades y operaciones, consiguiendo los beneficios antes descritos, haciendo a la organización más competitiva frente a competidores, al mismo tiempo que se implanta una metodología organizacional hacia la mejora continua. Sin embargo, todo ello puede derivar en un objetivo imposible si no se consigue un firme compromiso por parte de la alta dirección, siendo este uno de los puntos críticos fundamentales para el éxito de un SGEN.

El compromiso supone, en esencia, dar respuesta a cómo se posiciona la organización frente a interrogantes tales como: ¿En qué y cómo se usa la energía? ¿Qué energía se pierde o es ineficiente? ¿Qué medidas podemos aplicar para reducir el gasto y cuál es su rentabilidad? ¿Qué mejoras tecnológicas podemos aplicar? ¿Qué mejorará implantar un SGEN en mi organización?

Imaginemos el caso sencillo de una vivienda en la que viven padre, madre y dos hijos, con el siguiente escenario: como consecuencia de no tener implantada una gestión eficiente de la energía que se consume en ella y de los altos precios de la energía eléctrica que actualmente se registran en los mercados energéticos, el importe que pagan los inquilinos en la factura eléctrica se ha duplicado en relación con el que tuvieron el año anterior.

Si pretendemos diseñar y poner en marcha un SGEN para, por ejemplo, tener como objetivo reducir en dicha organización (vi-

vienda), al menos, un 10% el consumo energético y un 50% el importe que pagamos por él, el SGen no tendrá éxito si no participa con un elevado nivel de compromiso la «alta dirección» (los padres, se supone) de la organización (vivienda). Si ellos no están comprometidos, sencillamente no se aplicará.

Junto a ello, tendremos que definir el «equipo de gestión» que va a trabajar en el SGen, definir una «política energética» que sirva de referente a seguir y contemple nuestras intenciones y compromisos, y definir de forma precisa el «alcance» y los «límites» del SGen que pretendemos implementar.

Representante de la alta dirección

Para considerar correctamente definido el compromiso mínimo necesario con el SGen, es aconsejable comenzar por la designación de un representante de la alta dirección a la que dirigirse (padre o madre en el ejemplo), establecer el equipo de gestión energética, definir y suscribir la política energética a seguir y definir el alcance y límites que tendrá el SGen.

Continuando con el ejemplo, imaginemos que la persona experta en la unidad familiar por su formación académica y desempeño profesional fuese la madre, sobre quien recaería la función de representante de la alta dirección, teniendo como responsabilidades participar en la definición de objetivos SMART,⁵ realizar el seguimiento del proceso, promover y motivar su aplicación al resto de integrantes de la vivienda o partes interesadas, identificar el personal que formará parte del equipo de gestión de la energía, etc.

Algunas de las competencias que se necesitan para desempeñar este rol tienen que ver con capacidad de liderazgo, trabajo en equipo, comunicación fluida, capacidad de gestión, control del tiempo, resolución de conflictos y evaluación de riesgos entre otras.

Equipo de gestión de la energía

También es clave para el éxito de los SGen un adecuado equipo de gestión de la energía, que aproveche las fortalezas del trabajo en equipo, especialmente en el aporte de distintas perspectivas y

5. SMART es el acrónimo que resulta desde las iniciales de los términos en inglés correspondientes a las características básicas que deben tener los objetivos en su formulación (específicos, medibles, alcanzables, realistas y de duración limitada). Representa pues una metodología para definir objetivos.

puntos de vista, optimización de cargas de trabajo, mejorar la toma de decisiones, etc.

Las características del equipo (tamaño, roles, responsabilidades...) dependerán de la tipología de organización, tamaño, estructura... y del alcance del SGen. Por ejemplo, en entornos organizacionales complejos puede ser aconsejable que forme parte del equipo gestor una o más personas expertas en todas aquellas áreas que tengan peso significativo en el uso y consumo energético (ingeniería, compras, aprovisionamiento, medioambiente, etc.).

En entornos sencillos, como «nuestra vivienda», podemos considerar como integrantes del equipo a las cuatro personas que forman el núcleo familiar, de forma que al ser partícipes de este se convierta en un reto motivacional para todos ellos, aunque asuman roles y niveles de responsabilidad diferentes.

Política energética

Por política energética entendemos la declaración formal de la organización de las intenciones, dirección y compromisos globales que, de forma documentada y comunicada a todos los niveles organizacionales, va a seguirse en ella con la implantación del SGen, relacionados con el desempeño energético, según lo expresado por la alta dirección.

No se trata de que sea un documento extenso (incluso puede limitarse a una página) y podría ser un sistema específico de gestión de la organización o formar parte de un sistema de gestión integral que la misma tenga implantado.

Suele estar constituida por intenciones declaradas del tipo «la organización asume el compromiso de...», «la organización mejorará de forma continua el uso de...», debiendo ser ponderada a la forma en que se usa y consume la energía en la organización, que responda a objetivos SMART alineados con la organización, que incluya un marco de referencia y legal que sirva para la continua actualización ante cambios y que se apoye en información accesible, fiable y con los recursos suficientes, orientados a la eficiencia energética como epítome del desempeño.

Alcance y límites del SGen

Definir el alcance y los límites del SGen supone, básicamente, identificar la extensión y las restricciones físicas u organizacionales de las actividades que lo integrarán.

Es normal que nos planteemos si extenderlo al total de los edificios de la organización, por ejemplo, o solo a algunos o a parte de ellos, si abarcar todas las líneas de producción y procesos, o solo algunos, etc. Y para ello hemos de dar respuesta a interrogantes tales como si podemos contar con datos de consumo de energía de esos elementos, si existen limitaciones físicas u operacionales en los mismos, si podemos separar los usos de energía en ellos, etc.

Una vez que tengamos claros estos aspectos, podremos listar los alcances y limitaciones, distinguiendo, si se desea, entre aquellos que resultarían aceptables y los que serían no aceptables.

Para la vivienda que nos viene sirviendo de referencia básica, alcances aceptables podrían ser «el total de la vivienda» o bien «las tres dependencias de mayor consumo», estableciendo como límite aceptable, actuaciones, al menos, sobre «los dos circuitos de mayor demanda».

Evaluación del desempeño energético

La evaluación del desempeño energético la establece la UNE-EN ISO 50001:2018 (Aenor, 2018) fundamentalmente en relación con la eficiencia energética, el consumo de energía y su uso. Otro concepto tradicionalmente ligado al desempeño ha sido la intensidad energética o energía necesaria para obtener una unidad de producto o servicio.

En la figura 1.4, reelaborada a partir de la figura A.2 de (Aenor, 2018), se muestra que la planificación energética a nivel táctico puede seguir el planteamiento tradicional de la planificación basada en la gestión y dirección de proyectos de la UNE-ISO 21500:2022 (Aenor, 2022) sobre «gestión de proyectos, programas y carteras de proyectos» y, especialmente, de su predecesora la UNE-ISO 21500:2013 (Aenor, 2013) sobre directrices para la dirección y gestión de proyectos, diferenciando entre «entradas, herramientas y salidas».

Así, como entradas, se toman como elementos relevantes los tipos de energías actualmente utilizados por la organización (matriz energética), los usos de la energía pasados y actuales, y el consumo de la energía actual y pasado (histórico de consumo).

Las etapas que seguir en un SGE para la evaluación del desempeño energético se muestran en la figura 1.5.