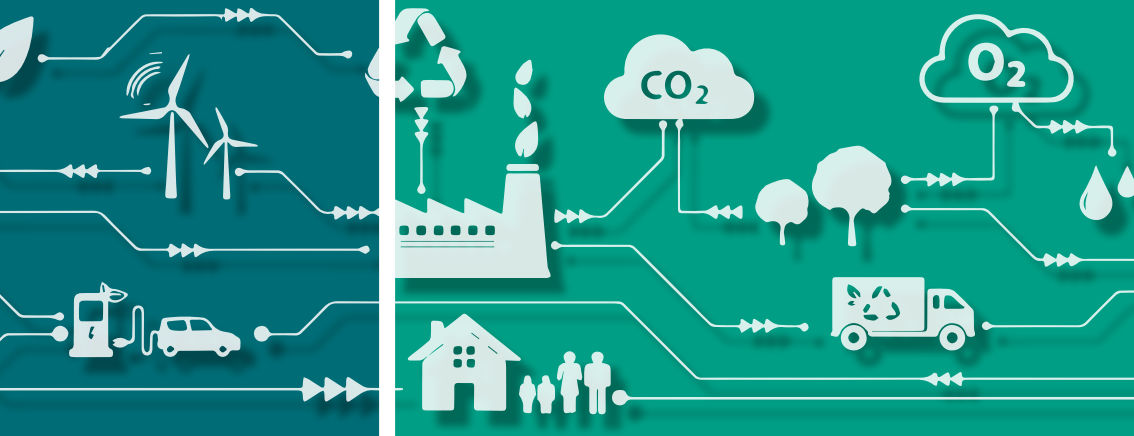
Diego Carmona Fernández
Beatriz Ledesma Cano
(Coords.)

Propuestas educativas y de investigación para una gestión energética eficiente



Horizontes Universidad

Octaedro

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 *microgrids* modo isla con elevada penetración de energías renovables no convencionales 111
Kevin Alexander Ortiz Santiana; William Paúl Pazuña; Carlos Iván Quinatoa; 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-Cerezoa; 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.cyted.org/es/cyted

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 Energía[3] 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 adscriptos 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 formados 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 atingente 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 yt 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**, coordinadoa 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, EFIMOVI**, 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.cyted.org/ripeba
6. https://www.cyted.org/remar
7. https://www.cyted.org/H2TRANSEL
8. https://www.cyted.org/efimovi
9. https://www.cyted.org/rieti
10. https://www.cyted.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.cyted.org/es/content/proyectos-energia

1

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 Carrol, *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: **v**olatilidad, **i**ncertidumbre, **c**omplejidad y **a**mbigüedad.

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 ***b**rittle* (frágil), ***a**nxious* (ansioso), ***n**onlinear* (no lineal) e ***i**ncomprehensible* (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 CO_2 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.

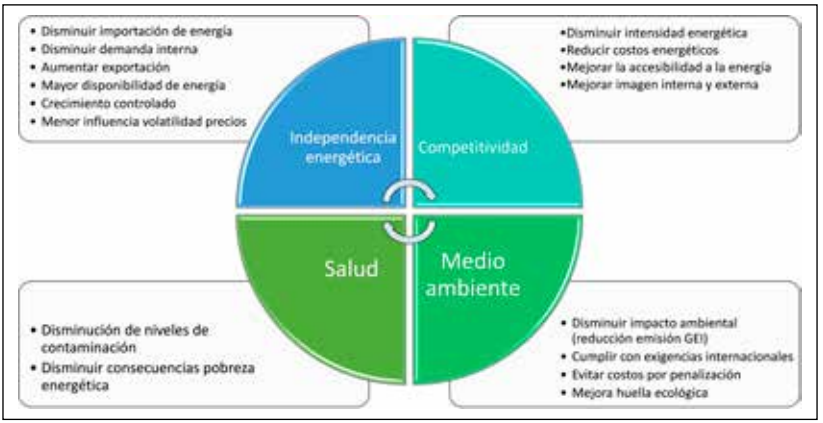


Figura 1.1. Algunos beneficios de una gestión eficiente de la energía. Fuente: elaboración propia.

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 edificios[2] (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 CO_2 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 e[4]» o «4e» (enfoque holístico **e**nergético, **e**conómico, **e**cológico y gestión **e**ficiente). Y, en ese caso, un SGEn es el medio o herramienta idóneo.

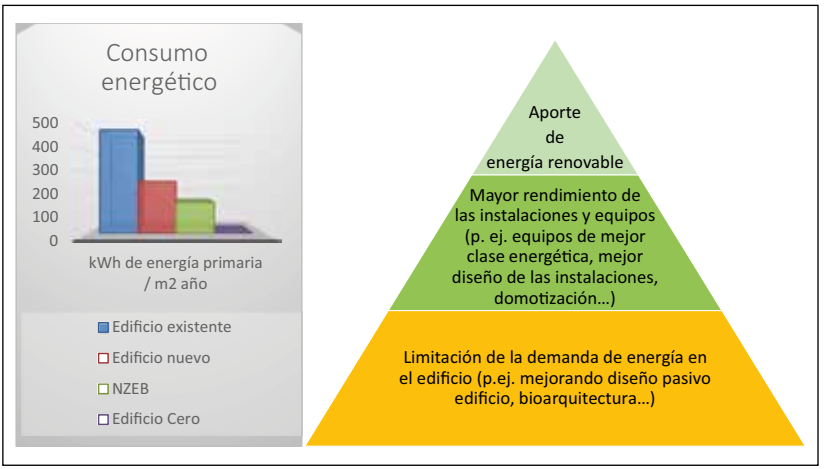


Figura 1.2. Edificios de consumo casi nulo (NZEB). Fuente: elaboración propia.

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 desempeño[4] 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 SGEn para la evaluación del desempeño energético se muestran en la figura 1.5.

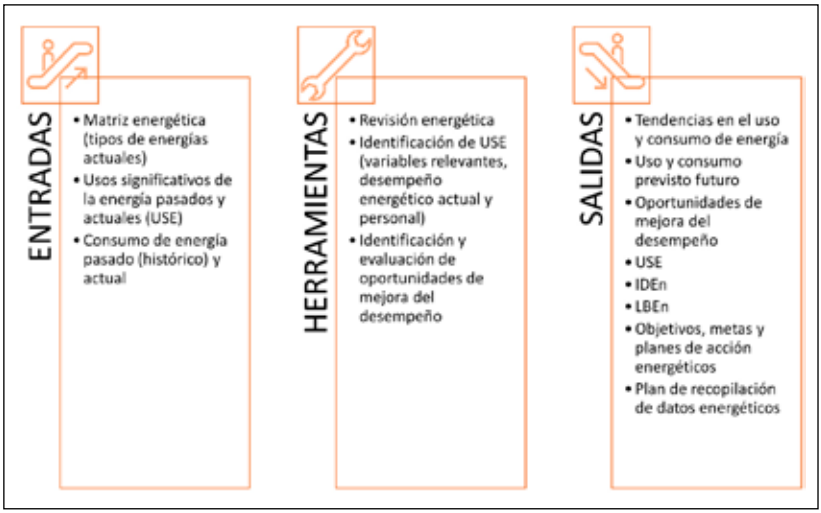


Figura 1.4. Proceso de planificación energética a nivel táctico. Fuente: reelaborado a partir de figura A.2 de Aenor (2018).

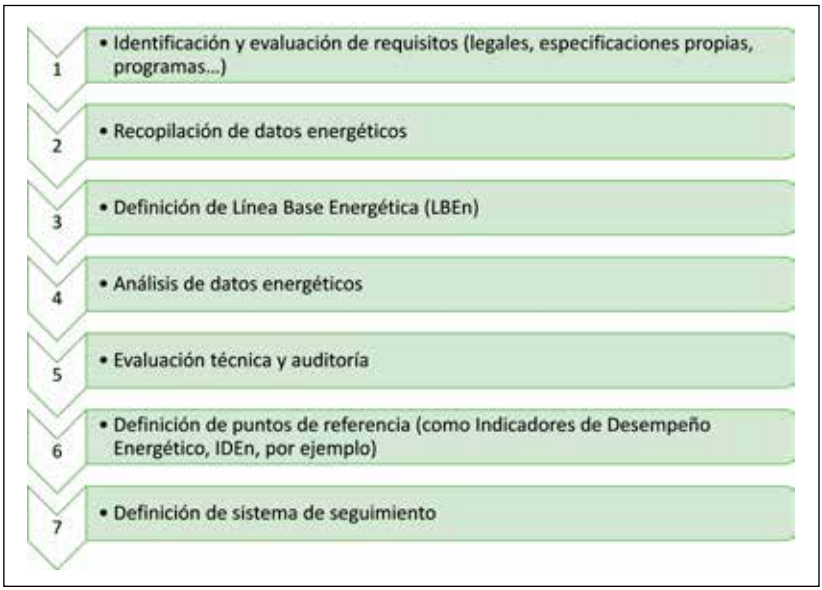


Figura 1.5. Fases de evaluación del desempeño energético. Fuente: reelaborado desde Hernández (2014).

Identificación y evaluación de requisitos

Es normal tener que considerar en la definición del SGEn aspectos, por ejemplo, legales que contemplen limitaciones y obligaciones establecidas por el marco regulatorio, diferentes disposiciones en el ámbito local, normas de referencia u obligado cumplimiento, así como otros requisitos como especificaciones propias de la organización que guarden relación con sus estándares, normas, estatutos, visión, objetivos estratégicos, etc., o con su participación en programas específicos (medioambientales, sujetos a subvención, etc.).

Crear una matriz de identificación o una lista de verificación de estos requisitos ayuda en la posterior identificación de riesgos (amenazas) y oportunidades que se hayan de realizar.

Recopilación de datos energéticos

Sin datos es difícil mantener un relato... y ni tan siquiera, fabricarlo. Por ello, esta etapa es fundamental. Es imprescindible contar con una información energética fiable en relación con lo que hemos venido consumiendo y usando en el pasado y en la actualidad, para identificar oportunidades que mejoren el desempeño futuro.

El objetivo final es contar con una tabla de consumos expresados en unidades energéticas y económicas, por periodo temporal y fuente de energía que incluir en el SGEn. Para lo cual deberemos, en primer lugar, establecer cuál será el nivel de desglose y alcance de los datos que vamos a utilizar: si queremos obtener datos de consumo global, por procesos, por equipos, etc., y si utilizaremos los datos obtenidos desde la medida facilitada por la compañía suministradora del servicio energético (a través de las facturas, por ejemplo) o si complementaremos con un tratamiento previo de los datos a través de mediciones directas que realicemos. Finalmente, también habrá que delimitar el horizonte temporal que abarcarán (es aconsejable que los datos sean próximos en el tiempo, ya que datos muy antiguos pueden resultar no representativos de lo que realmente se hace en la actualidad en la organización a nivel energético).

En este sentido, deberemos también identificar las fuentes de datos que vamos, pues, a utilizar y quién o quiénes nos las facilitarán. Entre esos datos deberemos obtener información relativa a otros no energéticos pero que nos serán necesarios para definir

indicadores de desempeño energético (IDEn), tales como superficies de las dependencias, horas de operación, número de operarios/usuarios, etc.

Suele ser una salida interesante crear una matriz energética que refleje las diferentes fuentes de energía (eléctrica, gas, diésel...) en las unidades en que queramos expresarlas/utilizarlas, por periodo temporal (horario, diario, semanal...).

Definición de línea base energética (LBEn)

En Aenor (2018) se define la **línea base energética** como aquella referencia cuantitativa que proporciona la base para la comparación futura del desempeño energético. Es decir, sería como la fotografía energética con la que queremos comparar cualquier fotografía que hagamos en el futuro, al objeto de determinar si existe o no mejora y si esta es significativa y responde a los objetivos de logro planteados.

Definir una línea base supone concretar el periodo temporal a considerar (lo habitual es tomar un año como base o bien un promedio histórico de periodos anuales «años base») y definir los indicadores de desempeño que vamos a utilizar.

Un **indicador energético de desempeño** (IDEn) es una medida o unidad de desempeño energético que se puede expresar en términos de métrica simple, relación o ratio o un modelo complejo, en función del tipo de actividad que se pretenda medir. Es habitual que sean expresados en términos de cociente o ratio entre una unidad de magnitud energética y una unidad de tiempo, producción, superficie o servicio. Por ejemplo: kWh/m^2; kWh/persona (usuario, trabajador...); kWh/producto fabricado o servicio ofrecido (ejemplo, kWh/coche fabricado); litros diésel/tonelada transportada; litros de combustible/máquina; emisiones CO_2/unidad producida; kWh/m^3 gas...

Por ejemplo, para la vivienda que nos viene sirviendo de referencia básica, podríamos usar los IDEn kWh/m^2 para cuantificar el consumo en cada estancia; o bien kWh/habitante para ponderar el consumo en función del número de usuarios desde el que, por ejemplo, identificar oportunidades de mejora si comprobamos que consumimos muchos kWh en iluminación en estancias en las que no suele haber personas, mejoras tales como plantearse si instalar detectores de presencia o temporizadores; o kWh/receptor si queremos evaluar el nivel de eficiencia de un determi-

nado equipo para compararlo con otros en el mercado más actuales; entre otros muchos.

Análisis de datos energéticos

Los números no hablan. Los números encierran información valiosa, pero necesitamos «ojos» con los que saber mirarlos. Por ello es preciso aplicar técnicas de análisis de datos que se sirvan del adecuado soporte gráfico, que nos permitan detectar patrones, tendencias, así como qué variables son realmente relevantes y afectan al desempeño que pretendemos evaluar.

Este análisis nos permitirá identificar los USEn (acrónimo de **u**sos **s**ignificativos de la **e**nergía) como aquellos usos que representan o tienen un consumo de energía relevante ofreciendo un potencial significativo de mejora. La relevancia puede definirse en términos individuales o mixtos de la habitual «triple e» (e^3): energéticos, ecológicos, económicos.

Por ejemplo, para la vivienda que nos viene sirviendo de referencia básica, si tuviésemos que el 80 % del consumo tiene lugar en calefacción, mientras que solo un 1 % correspondiese a un pequeño motor para riego, consideraríamos el primer uso como USEn, mientras que desecharíamos el segundo dentro de nuestra primera definición de SGEn.

Una secuencia recomendable para seguir es la siguiente:

1. Recopilar datos de consumo o mediciones directas por uso y periodo temporal.
2. Obtener información de personal cercano a los usos energéticos (que permitan proporcionarnos información valiosa acerca de equipos, procesos o prácticas que «expliquen» lo que los datos nos revelan).
3. Realizar un pretratamiento de los datos (eliminación de puntos *outliers*, filtrado de datos, eliminación de datos ruido...).
4. Identificar perfil de uso, con señalamiento de puntos y magnitudes estadísticamente relevantes (máximos o picos, mínimos o valles, media, percentiles/cuartiles...).
5. Establecer una comparación de los datos medidos/obtenidos para instalación/proceso/equipo con otros similares de la organización y/o externos.
6. Evaluar impacto económico-financiero de los usos de energía (especialmente los que representan un costo total elevado).

7. Definir criterios de priorización: ahorro total, recuperación de la inversión, estrategia de organización (imagen de marca, huella ecológica...), menor inversión inicial, facilidad de implantación, exigencia legal...
8. Seleccionar USEn con mayores oportunidades de mejora del desempeño.
9. Evaluar el impacto sobre la política y estrategia organizacional general y la seleccionada para el SGEn y sus procedimientos.

En el proceso de entradas-herramientas-salidas anterior, podemos recurrir a las múltiples herramientas tradicionalmente empleadas en el análisis de datos (análisis de ciclo de vida, análisis de Pareto, modelos energéticos, modelos de análisis de demanda...), así como a diferentes tipos de software que faciliten el manejo de los datos. Es importante contemplar un compromiso entre el volumen de datos a manejar y el tiempo a invertir en su manejo. Por ejemplo, no tendría sentido trabajar con datos de consumo en intervalos temporales de un segundo para plantearnos como medida de ahorro energético generar energía eléctrica con una instalación fotovoltaica, porque generaría tal volumen de datos que ralentizaría el estudio enormemente, cuando posteriormente la toma de decisiones y las medidas de energía con contadores oficiales no tendrán en cuenta intervalos temporales habitualmente inferiores a los quince minutos en la mayoría de escenarios.

Evaluación técnica y auditoría

En ocasiones, en muchos contextos, se confunde auditoría con SGEn. Pero eso es como confundir una parte con el todo.

Una **evaluación técnica** puede considerarse como una fotografía instantánea del estado técnico actual de una instalación ya sea en su conjunto o en relación con cada uno de los equipos y sistemas que la forman. Suelen realizarse en periodos programados, por ejemplo, para realizar un seguimiento del rendimiento de instalaciones, equipos, procesos y sistemas, estando muy asociada a tareas de mantenimiento.

Según la norma UNE-EN 16247-1:2012, una auditoría energética (Aenor, 2012):

> Es el resultado de la inspección y análisis sistemáticos del uso y consumo de energía en un emplazamiento, edificio, sistema u organi-

zación con el objetivo de identificar e informar acerca de los flujos de energía y del potencial de mejora de la eficiencia energética. Supone un nivel más profundo de examen y evaluación que debe ser llevado a cabo por ingenieros o profesionales con competencias similares.

En el marco de la Directiva 2012/27 (Directiva, 2012), se considera auditoría:

> Todo procedimiento sistemático destinado a obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente de un edificio o grupo de edificios, de una instalación u operación industrial o comercial, o de un servicio privado o público, así como para determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía a un coste eficiente e informar al respecto.

La UNE-EN 15900:2010 (Aenor, 2010) define a su vez auditoría así:

> Inspección y análisis sistemáticos del uso de energía y del consumo energético de un sistema u organización con el objeto de identificar flujos de energía y el potencial de mejora de la eficiencia energética.

Los beneficios de una auditoría son múltiples: conocer qué está ocurriendo energéticamente, reducir consumos, identificar oportunidades de mejora, detectar operaciones que supongan ahorro y eficiencia energética, conocer tecnologías y técnicas aplicables más innovadoras y eficientes, disponer de un análisis de inversiones a realizar con su valoración económica-financiera, entrar en la rueda de la mejora continua, mejorar la gestión de los activos, etc.

En la tabla A.1 de Aenor (2010) se muestra el plan típico del proceso de prestación de un servicio de eficiencia energética.

La etapa b del proceso, **auditoría energética**, contempla las actividades típicas siguientes:

- Visita del emplazamiento.
- Análisis de los datos y estudios comparativos.
- Definición del consumo de referencia con sus factores de ajuste asociados.

- Elaboración de una lista de posibles mejoras de la eficiencia energética y de posibles acciones. Deberá contemplarse toda tipología de soluciones que mejoren la eficiencia energética produciendo ahorro, ya sean técnicas-tecnológicas, de proceso, de mantenimiento, organizativas, de generación de energía, de gestión energética de equipos o instalaciones, etc., y deberán ir cuantificadas en términos de coste y tiempo de aplicación al menos, incluyendo ahorro esperado, inversión, *payback*...
- Elaboración conjunta de las acciones de eficiencia energética propuestas.
- Definición de los procedimientos de medición y verificación.
- Presentación de la descripción del marco de referencia para las acciones y para el procedimiento de seguimiento.
- Definición de los compromisos y responsabilidades entre partes.

Lo que conduciría a contar, como entregable, con una descripción del marco de referencia de las acciones y del procedimiento de seguimiento.

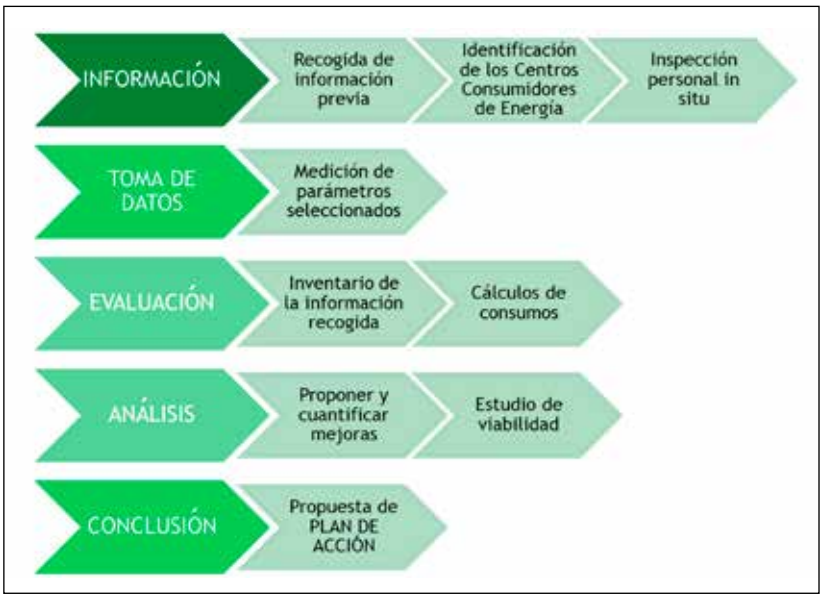


Figura 1.6. Fases para una auditoría energética. Fuente: reelaborado a partir de (Aenor, 2012).

El **procedimiento de auditoría** propuesto en Aenor (2012) consta de los siguientes apartados:

- *Contacto preliminar*: donde el auditor debe acordar con la organización aspectos clave como objetivos, necesidades, expectativas, alcance y límites, el grado de detalle, el plazo, criterios para evaluar medidas y priorizarlas, compromisos de tiempo y recursos por parte de la organización y disponibilidad de ellos, requisitos respecto de la recopilación de datos, y mediciones e inspecciones que se realizarán durante la auditoría.
- *Reunión inicial*: donde se informa a todos los stakeholders sobre objetivos, alcance, límites y grado de detalle que se va a seguir, tratando en ella aspectos como quién será el responsable por parte de la organización, persona/s de enlace con el auditor, personal implicado y vías para informarles, compromiso de las partes implicadas y gestión de incidencias, entre otros.
- *Recopilación de datos*: en especial listado de sistemas, procesos y equipos que usan energía en alguno de los tipos que sean abarcados por el SGEn; características de los objetos a auditar; datos históricos de consumo, factores de ajuste y mediciones significativas; historia de operaciones y eventos pasados que puedan resultar explicativos del consumo en momentos temporales del horizonte de datos; documentos de diseño, funcionamiento y mantenimiento; tarifas actuales y proyectadas; estado del SGEn de existir; auditorías o evaluaciones técnicas anteriores realizadas, y cualquier otro dato que se estime interesante para la auditoría.
- *Trabajo de campo*: que incluirá la inspección de lo que va a ser auditado, la evaluación del uso energético y la generación de ideas sobre oportunidades de mejora.
- *Análisis:* con desglose del consumo de energía por uso y fuente, los flujos de energía y el balance de energía de los objetos auditados, determinación de los patrones y perfiles de consumo, indicadores energéticos de desempeño, oportunidades de mejora, indicadores de rendimiento económico asociados a las mejoras susceptibles de ser aplicadas...
- *Informe de resultados*: ha de incluir, al menos, un resumen ejecutivo a modo de propuesta de plan de acción con las Medi-



Figura 1.7. Procedimiento general para la realización de una auditoría energética. Fuente: reelaborado a partir de Aenor (2012).

das de Ahorro Energético (MAE) priorizadas en función de los diferentes criterios acordados y el programa de implantación asociado, una relación de antecedentes (contexto, descripción de lo auditado, marco regulatorio...), la auditoría realizada, la relación pormenorizada con la suficiente descripción y estudio justificativo de las oportunidades de mejora consideradas y las conclusiones finales.

- *Reunión final:* necesaria a modo de cierre del proyecto, con la entrega del informe, la presentación de los resultados más relevantes para facilitar la toma de decisiones por parte de la organización y la explicación y debate pertinente sobre los resultados.

Definición de puntos de referencia

Una de las principales diferencias entre un SGEn y una auditoría es que, si bien en la segunda es aconsejable establecer un seguimiento de la fotografía y recomendaciones que se derivan de ella, en el primero es imprescindible para que tenga éxito. Para poder realizar adecuadamente dicho seguimiento, antes hemos

de establecer puntos de referencia que nos sirvan para establecer las necesarias comparaciones.

En definitiva, cuando abordamos una auditoría o un SGEn estamos realizando un proceso sistemático de comparación de escenarios energéticos: el escenario «cero» o estado actual, y el escenario óptimo «X», resultado de una proyección futura que alcanzar tras identificar los elementos diferenciales sobre los que actuar con medidas de mejora que reduzcan el consumo de forma viable de acuerdo con los objetivos y alcance que persigamos.

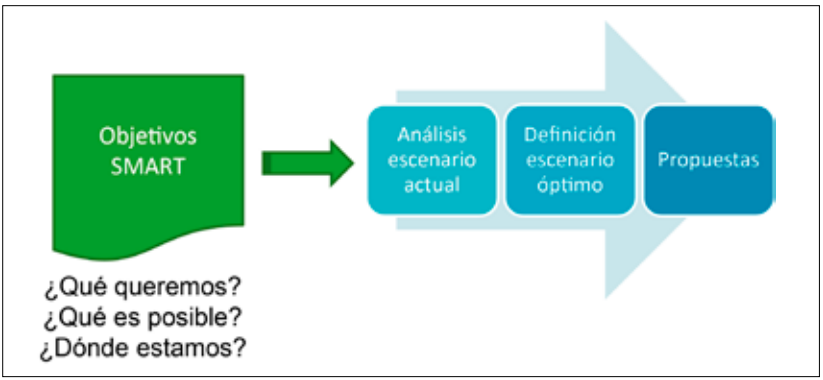


Figura 1.8. Definición de objetivos SMART para un SGEn.

De esta forma, primero debemos establecer el nivel de evaluación comparativa que queremos alcanzar (definiendo, de acuerdo con el alcance, equipos, procesos, instalaciones... de la organización que entrarán en la «comparación»), para posteriormente establecer puntos de referencia (desempeño pasado propio; desempeños promedio o incluso óptimos –excelencia– de otras organizaciones similares...) que nos sirvan para llevar a cabo las comparaciones.

El escenario óptimo vendrá definido por el valor de los indicadores IDEn elegidos que consideremos de referencia: coste unidad/energía, índice energía/unidad producida o coeficiente específico energético (CEE), curva base producción y desviaciones...

Desarrollar un sistema de seguimiento

Una de las principales y más valiosas herramientas de un gestor de proyectos es la salida **lecciones aprendidas**. Este entregable es un tesoro. Puede ser desde una simple hoja de cálculo donde

se recoja «el grano» exento de «paja», o llegar incluso a ser un sofisticado sistema informático.

En el caso de un sistema de seguimiento del desempeño energético de un SGEn, buscamos tener una herramienta útil para generar las «lecciones aprendidas» relevantes que nos permitan, primero, clasificar el consumo actual por unidad (equipo, proceso, instalación, etc.); segundo, identificar unidades con alto desempeño para el proceso de comparación y aquellas con bajo desempeño para priorizarlas; tercero, comprender cómo estamos gastando energía y cuánto nos cuesta; cuarto, establecer puntos de referencia; y finalmente, definir un punto de partida en el ciclo de mejora continua para las siguientes fases del diseño del SGEn (por ejemplo, para el establecimiento de objetivos y metas).

Debe tener definidos de forma clara el alcance de lo que buscamos con él (con indicación de frecuencias de aplicación, medición o evaluación), cómo se va a mantener en el tiempo y cómo se va a reportar la información, y por qué canales se hará, de forma que llegue de manera efectiva y rápida a las partes interesadas.

Definición de objetivos y metas energéticas

Es vital para el éxito de un SGEn que equipo de gestión de la energía y la alta dirección de la organización consensuen, tras definir el marco de trabajo y el potencial de mejora esperado, una serie de objetivos y metas energéticas que sean SMART.

Definir el marco de trabajo supone, especialmente, concretar el alcance del SGEn en términos de la totalidad de la organización, instalaciones o zonas concretas de la misma, procesos o equipos (especialmente si estos son USE relevantes con gran peso en el consumo en relación con el resto).

También, en este sentido, es preciso justificar el alcance temporal de los objetivos y metas perseguidas, porque no es lo mismo pretender tener resultados y logros de forma inminente que con un horizonte temporal mayor.

Estos objetivos y metas, como reflejo de la política energética que sostiene al SGEn, deben ser formulados de forma lo más cuantitativa posible, huyendo de una simple declaración cualitativa de intereses. Así, por ejemplo, es mejor definirlo en la forma «reducir en un 15 % el consumo de energía del último año en la

línea de proceso X» frente a «reducir el máximo posible el consumo de energía en la línea de proceso X».

Los objetivos y metas deberían abarcar las «4e» que se consideran básicas en la implantación de SGEn como medios para conseguir organizaciones «Zero» o de «energía+»: eficiencia, energía, ecología y economía. Por ejemplo: «reducir la intensidad energética de la zona de producción en un 10 %», «consumir un 15 % menos de energía en la línea de proceso X», «reducir las emisiones de GEI en un 10 % frente a las equivalentes del consumo tenido en el último año en la zona producción» o «reducir el coste de la factura energética en un 20 %».

En ocasiones resulta también muy conveniente establecer metas inferiores límites, en la forma: «el nivel mínimo aceptable sería reducir en un 5 % el consumo final de la organización para una producción similar».

Planes de acción y procesos

Llegados a este punto, contaremos con objetivos y metas definidos en filosofía SMART. Es hora de definir un plan de acción con el detalle suficiente como para facilitar la puesta en marcha y control de proceso que se haya de aplicar con la implantación del SGEn, lo suficientemente flexible como para permitir cambios y adaptaciones que, en su puesta en funcionamiento, seguramente demandará.

Al menos, el plan debería contener una definición de las fases y objetivos perseguidos y la planificación cronológica, con indicación de objetivo, meta, actividades, indicadores de desempeño, y elementos de control, medición y seguimiento. Pero, además, deberá contar con los recursos necesarios para su correcta implantación, tanto económicos, como humanos, a través de una asignación de roles y responsabilidades las personas participantes. Así, la existencia de una persona responsable o coordinadora del plan de acción y de sus diferentes etapas es imprescindible, siendo además nexo entre el equipo de gestión y la alta dirección.

1.2.2. Hacer

La etapa de «hacer» del ciclo PHCA o PHVA (siglas de **p**lanificar, **h**acer, **c**omprobar o **v**erificar, y **a**ctuar) de la mejora continua

que caracteriza a un SGEn se materializa en la puesta en marcha de los planes de acción y procesos correspondientes y en mejorar el desempeño competencial y motivacional de las personas involucradas.

Es indispensable contar en esta etapa con un buen plan de comunicación, sencillo, que facilite el acceso y la comprensión de la información a manejar por parte de las personas que participan en los procesos, para lo cual el mensaje deberá estar adaptado al receptor. Será también básico desarrollar iniciativas de sensibilización del personal participante y motivación hacia la mejora continua, haciéndoles ver los beneficios que de ello se obtiene y mejorando su desempeño competencial en la materia con la formación y capacitación necesaria. Se puede seguir la estrategia de planteamiento del problema energético y sus consecuencias para la organización y las partes interesadas, acompañándolo de un resumen de datos relevantes, las posibles soluciones al problema, la importancia que la implicación de los interesados tiene en alcanzar el éxito y los beneficios que supone para ellos y para la organización. Es muy positivo que se les haga partícipes del proceso desde la definición y diseño del SGEn previos a esta etapa.

El aspecto competencial, tanto específicamente técnico como transversal, debe ser también objeto de esta fase, debiendo identificarse gaps competenciales, necesidades de formación y capacitación desde ello, y diseñar programas para la disminución de la brecha adaptados a los niveles o perfiles de desempeño diferentes que hayan sido definidos. Unido a esto, debemos poner en marcha acciones motivacionales que pueden ir desde simples, pero valiosos, reconocimientos profesionales, hasta remuneración económica en formato premios por objetivos o similar, pasando por otro tipo de reconocimientos que sumen en la carrera profesional dentro de la organización, por ejemplo.

1.2.3. Comprobar/verificar

La etapa de «comprobar/verificar» del ciclo PHCA o PHVA nos permite dar seguimiento y control de lo que ocurre en relación con el SGEn, permitiendo evaluar su grado de éxito y de los planes de acción puestos en marcha; así como obtener información y datos en relación con los resultados que se van obteniendo,

facilitando la comparación del nivel de desempeño energético entre escenarios y el gap en relación con el escenario óptimo. En función de esta información y de la desviación sobre lo proyectado, podrán revisarse los planes de acción.

Es básico que el sistema de seguimiento y control obtenga datos con periodos temporales adecuados (semanales o mensuales), de forma que haya un compromiso entre el volumen de información y las consecuencias previsibles derivadas de la velocidad de actuación que permita disponer de esa información. Como mínimo, es conveniente que la información esté expresada en términos del estado de progreso alcanzado, las amenazas identificadas y los logros alcanzados.

Con esta información podremos realizar comparaciones con los valores referente y con la LBEn, así como con los objetivos perseguidos, evaluando el desempeño energético en cada instante. Hablamos de «desempeño energético mejorado» cuando se realiza una evaluación positiva del desempeño energético en el instante de la evaluación y existe una aplicación adecuada y seguimiento de los planes de acción.

De la evaluación podemos concluir que tengamos resultados/logros positivos, en cuyo caso conviene documentarlo en la base de datos de lecciones aprendidas, o que es necesario aplicar medidas correctoras que minimicen la desviación o gap medido y el riesgo de fracaso del SGEn. En este sentido, y tras analizar los planes de acción con el *feedback* conseguido en la evaluación realizada, es fundamental identificar los factores críticos que cuestionan el rendimiento del SGEn para actuar primero sobre ellos, cuantificando el coste en término de recursos humanos y materiales que requieren y los beneficios adicionales esperados tras su corrección.

1.2.4. Actuar

Decía Paulo Coelho que «tropezar no es malo; encariñarse con la piedra *sí* lo es». Uno de los puntos fuertes de los ciclos de mejora continua tiene que ver con la autorreflexión y autocrítica necesaria tras cualquier actuación, pero no en el sentido únicamente negativo de la exigencia de responsabilidades, sino en el positivo/constructivo de no cometer el mismo error dos veces aprendiendo de ello. En ese sentido, «actuar» invita, primero, a

reconocer los logros y, segundo, a revisar el SGEn según las lecciones aprendidas para adoptar decisiones que lo mejoren.

El reconocimiento ha de hacerse tanto a nivel interno, proporcionándolo, como a nivel externo, fomentando recibirlo. Previamente, como elemento de transparencia, es aconsejable definir y hacer públicos una serie de criterios sobre los que se realicen los reconocimientos (mejores aportaciones de ahorros, importe de estos, mayor reducción del consumo energético, mayor repercusión medioambiental, etc.). Además, debería reconocerse a todo el personal que haya participado del logro en el desempeño energético mostrando los beneficios de ello y cómo su participación ha contribuido en esos beneficios. El reconocimiento debe hacerse tanto a nivel individual como a nivel de equipos.

Mostrar los reconocimientos exteriores fomenta posicionamiento y valor de marca ante las partes interesadas, haciendo más competitiva a la organización. Para lograrlos se puede participar en programas voluntarios que impulsen instituciones a nivel gubernamental, asociaciones u entidades de prestigio, e incluso concursar a certificaciones homologadas de SGEn. El que sean terceros sin vinculación con la organización y vinculados a reputaciones solventes contribuirá a un potenciamiento de la imagen de marca.

Con toda la información conseguida podemos finalizar la primera vuelta al ciclo PHCA dando pie con ello al aseguramiento de la mejora continua. Corresponde, fundamentalmente, a la alta dirección, que deberá realizar la revisión final para comprobar en qué forma ha discurrido el SGEn y los procesos a él vinculados para identificar mejoras que haya que introducir, recursos que liberar o asignar, y objetivos y planes de acción futuros. Ello conllevará un análisis de objetivos, metas y resultados de desempeño energético, análisis de amenazas y oportunidades de mejora, y finalizará con la revisión de requisitos, política energética y planes de acción.

El ciclo se cierra con la toma de decisiones final tras este análisis revisionista y su incorporación a la nueva formulación del SGEn para la siguiente anualidad o intervalo temporal de aplicación.

Índice

Prefacio 11

1. Sistemas de modelos sostenibles de gestión de energía . . 17
   1.1. Justificación y descripción del problema 18
   1.2. Fases en el diseño e implementación de un SGEn 26
      1.2.1. Planificar 27
         Compromiso con el SGEn 27
         Evaluación del desempeño energético 30
         Definición de objetivos y metas energéticas 41
         Planes de acción y procesos 42
      1.2.2. Hacer 42
      1.2.3. Comprobar/verificar 43
      1.2.4. Actuar 44
   1.3. Modelo SGE RIMSGES 46
   1.4. Resultados 51
   1.5. Conclusiones 54
   Agradecimientos 55
   Referencias 56

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
   2.1. Introducción: de la certificación energética de productos a la de instalaciones 60
   2.2. Evaluación general de la eficiencia energética para instalaciones eléctricas 66

2.3. Herramienta para la evaluación de la eficiencia energética . . . 74
2.4. Resultados . . . 77
2.5. Conclusiones . . . 81
Referencias . . . 82

3. Proyectos energéticos y el impacto de la toma de decisiones según el modelo ICB 4 de IPMA . . . 85
3.1. Antecedentes y justificación . . . 86
3.2. Metodología . . . 89
3.3. Resultados . . . 90
3.4. Conclusiones . . . 92
Referencias . . . 92

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
4.1. Justificación y descripción del problema . . . 96
4.2. Biocombustible . . . 97
4.3. Análisis energético . . . 99
4.3.1. Potencia y consumo específico . . . 100
4.3.2. Eficiencia energética y exergética . . . 101
4.3.3. Flujo de energía y exergía del sistema . . . 103
4.4. Análisis de emisiones . . . 104
4.4.1. Promedio de emisiones de combustibles . . . 107
4.5. Conclusiones . . . 109
Referencias . . . 109

5. Análisis de protecciones de sobrecorriente en *microgrids* modo isla con elevada penetración de energías renovables no convencionales . . . 111
5.1. Introducción . . . 111
5.2. Fundamentación teórica . . . 112
5.2.1. Protecciones en una microrred . . . 113
5.2.2. Generación distribuida . . . 114
5.2.3. Operación de la microrred en modo isla . . . 114
5.3. Metodología . . . 115
5.4. Desarrollo . . . 115
5.4.1. Estudio de flujo de carga . . . 115
5.4.2. Estudio de cortocircuitos . . . 116

5.4.3. Coordinación de protecciones de sobrecorriente de fase frente a fallas monofásicas . . . 120
5.4.4. Simulación dinámica . . . 120
5.5. Análisis y resultados . . . 120
5.5.1. Resultado del estudio de flujo de carga . . . 120
5.5.2. Resultado del primer escenario . . . 122
5.5.3. Resultado del segundo escenario . . . 123
5.5.4. Resultado del tercer escenario . . . 124
5.5.5. Resultado del cuarto escenario . . . 125
5.5.6. Resultado de coordinación de protecciones monofásicas . . . 125
5.5.7. Resultado de la simulación dinámica . . . 127
5.6. Conclusiones . . . 128
Recomendaciones . . . 129
Referencias . . . 129

6. Recuperación de energía de residuos lignocelulósicos mediante carbonización hidrotermal . . . 131
6.1. Energía de la biomasa . . . 132
6.2. Valorización de residuos lignocelulósicos en una economía circular . . . 132
6.3. Aplicaciones energéticas del hidrochar . . . 134
6.4. Tratamiento anaerobio de las aguas de proceso . . . 137
6.5. Balance másico y energético . . . 138
6.6. Conclusiones . . . 139
Referencias . . . 140

7. El tratamiento hidrotermal como alternativa para la obtención de nuevos biocombustibles de bajo impacto ambiental a partir de residuos biomásicos . . . 141
7.1. Gestión de los residuos biomásicos . . . 142
7.2. Tecnologías para la valorización de residuos biomásicos . . . 142
7.3. Carbonización hidrotermal . . . 143
7.4. Uso del hidrochar como biocombustible . . . 145
Referencias . . . 150

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
8.1. Introducción . . . 153

8.1.1. Modelos sostenibles de gestión de energía: la transición necesaria . . . 153
8.1.2. Comunidades energéticas . . . 155
8.1.3. Biomasa para combustión . . . 157
8.1.4. Sistemas de absorción . . . 158
8.2. Análisis energético . . . 160
8.3. Análisis económico . . . 160
Referencias . . . 161

9. Comparativa de consumo energético entre dos procesos termoquímicos de obtención de carbón vegetal . . . 163
9.1. Antecedentes y justificación . . . 164
9.1.1. Pirólisis . . . 166
9.1.2. Carbonización hidrotermal . . . 166
9.2. Metodología . . . 167
9.2.1. Materia prima . . . 168
9.2.2. Procedimiento experimental e instrumentación para el proceso de HTC. Esquema de la instalación . . . 169
9.2.3. Concepto de huella de carbono de un proceso . . . 171
9.3. Resultados . . . 173
9.3.1. Energía consumida en los procesos . . . 173
9.3.2. Rendimiento de los procesos . . . 174
9.3.3. Estimación de la huella de carbono . . . 175
9.3.4. Discusión de resultados . . . 176
9.4. Conclusiones . . . 178
Referencias . . . 178

10. Estudio experimental de temperaturas en una pila de combustible de membrana de intercambio de protones con refrigeración por aire . . . 179
10.1. Justificación y descripción del problema . . . 180
10.2. Metodología . . . 183
10.2.1. Arquitectura y componentes del sistema de monitorización . . . 183
Módulo de batería de celdas Nexa Power™ . . . 183
Sensores de temperatura e intensidad . . . 184
Banco de ensayos . . . 185
10.2.2. Ensayos . . . 187
Operación estática . . . 188
Operación dinámica . . . 190

10.3. Conclusiones . . . 191
Referencias . . . 192

11. Formando a los futuros gestores energéticos . . . 195
11.1. La figura del gestor energético . . . 196
11.2. Competencias de un gestor energético . . . 196
11.3. La formación competencial en ingeniería . . . 196
11.4. El máster universitario en Energías Renovables, Gestión y Eficiencia Energética . . . 199
11.5. Resultados . . . 203
11.6. Conclusiones . . . 204
Referencias . . . 205

12. Técnicas de predicción de la demanda de energía eléctrica . . . 207
12.1. Introducción . . . 208
12.2. Alcance de las predicciones y datos . . . 211
12.3. Algoritmos de predicción . . . 212
12.3.1. Métodos estadísticos . . . 212
12.3.2. Métodos basados en la inteligencia artificial . . . 213
12.3.3. Preprocesado de los datos . . . 215
12.4. Conclusiones . . . 216
Referencias . . . 216

13. Almacenamiento térmico en plantas de concentración solar para la gestión de la energía . . . 221
13.1. Introducción . . . 222
13.2. Objetivos . . . 227
13.3. Metodología . . . 227
13.3.1. Coste de generación eléctrica (LCoE) de los nuevos fluidos . . . 231
13.3.2. Cálculo del LCOETES con sistema directo e indirecto de captación . . . 231
TES_{LCoE} de Referencia: LCoE 60%$NaNO_3$-40%KNO_3 . . . 231
TES_{LCoE} 32%$Ca(NO_3)2$-59%KNO_3-9%$LiNO_3$ . . . 233
TES_{LCoE} 19%Ca(NO3)2-46%NaNO3-35%$LiNO_3$ . . . 235
TES_{LCoE} 33%NaNO3-22%KNO3-29%Ca(NO3)2-16%LiNO3 . . . 236
13.3.3. Discusión de los resultados de LCoE . . . 237
Captación directa . . . 237
Captación indirecta . . . 240

13.4. Conclusion 242
Referencias 243

14. Guía para el desarrollo de instalaciones fotovoltaicas mediante el uso de software especializado 247
14.1. Introducción 248
14.1.1. Metodolología empleada 249
14.1.2. Fuentes de información y herramientas utilizada 249
14.2. Desarrollo del estudio fotovoltaico 250
14.2.1. Aspectos teóricos de una instalación fotovoltaica 250
Características del generador 251
Características de los inversores 252
Características del cableado de la instalación . . . 253
14.3. Ejemplo práctico de una instalación fotovoltaica 254
14.3.1. Datos técnicos de la instalación y obtención de datos meteorológicos 254
Situación del Sol en las mejores y peores condiciones 255
Herramienta PVGIS 255
14.3.2. Cálculos justificativos 258
14.3.3. Configuración de la instalación 261
Elección de la situación de la instalación y planos justificativos 262
Cálculo de secciones 264
Cálculo del cable entre paneles de una fila y hasta la primera caja de conexión 264
Cálculo del cable entre caja de conexión e inversor 266
Cálculo del cable salida inversor 267
Cálculo de los fusibles de la instalación 268
14.4. Diseño con PVSYST 270
14.5. Conclusiones 277
Referencias 278

15. Tipos de energía solar y perspectivas de los sistemas fotovoltaicos 281
15.1. Introducción 281
15.2. Historia de la energía solar 284
15.3. Tipos de energía solar 287

15.3.1. Energía solar térmica 287
Dispositivos diseñados para la captación de calor 288
15.3.2. Energía solar fotovoltaica 292
Tipos de celdas solares de silicio cristalino 293
Tipos de celdas solares de película delgada 294
15.4. Conclusiones 295
Referencias 296

Si desea más información o adquirir el libro diríjase a:

www.octaedro.com

Propuestas educativas y de investigación para una gestión energética eficiente

La red CYTED RIMSGES, del área de Energía, comenzó su andadura en el año 2021 como una red de personal docente e investigador de universidades y centros tecnológicos de seis países (España, Portugal, Colombia, Chile, Panamá y Ecuador) con la motivación de compartir conocimiento y encontrar sinergias para diseñar actividades formativas y materiales de difusión en el contexto de la gestión sostenible de sistemas energéticos. Esta gestión se diseñó como una gestión integral desde los sistemas productivos energéticos, pasando por el transporte y distribución, hasta llegar al usuario final. Entre los intereses de la red, se incluyen también la gestión de consumos y mejora en la eficiencia energética de instalaciones, procesos y servicios, y la toma de medidas que permitan avanzar en la implementación de sistemas de autoconsumo y modalidades de producción innovadoras y eficientes, como las islas energéticas.

Diego Carmona, creador y coordinador de la red RIMSGES en la primera anualidad, es doctor y profesor titular en el área de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Extremadura, docente e investigador en materias relacionadas con la producción y distribución de energía y la eficiencia energética. Autor de numerosos artículos científicos, destaca su ingente trabajo de transferencia al sector productivo a través de convenios y proyectos con empresas en el ámbito de las energías renovables y la eficiencia energética.

Beatriz Ledesma Cano, investigadora del Departamento de Física Aplicada de la Universidad de Extramadura. Es ingeniería química y doctora por la misma universidad. Ha publicado más de 30 artículos en JCR, libros de capítulos y actas de congresos internacionales. La labor investigadora se complementa con docencia a través de la dirección de TFG/TFM, tesis, seminarios o prácticas de laboratorio, la participación en grupos de innovación docente y cursos de formación del profesorado. Tiene intereses en competencias éticas, aprendizaje basado en proyectos, cooperación al desarrollo y educación para el desarrollo sostenible.

