

El futuro de la energía en 100 preguntas

Pedro Fresco



Colección: 100 preguntas esenciales

www.100Preguntas.com

www.nowtilus.com

Título: *El futuro de la energía en 100 preguntas*

Autor: © Pedro Fresco

Director de la colección: Luis E. Íñigo Fernández

Copyright de la presente edición: © 2018 Ediciones Nowtilus, S.L.

Camino de los Vinateros 40, local 90, 28030 Madrid

www.nowtilus.com

Elaboración de textos: Santos Rodríguez

Diseño de cubierta: NEMO Edición y Comunicación

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) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra (www.conlicencia.com; 91 702 19 70 / 93 272 04 47).

ISBN Papel: 978-84-9967-970-9

ISBN Impresión bajo demanda: 978-84-9967-971-6

ISBN Digital: 978-84-9967-972-3

Fecha de publicación: octubre 2018

Impreso en España

Imprime: Podiprint

Depósito legal: M-29163-2018

A Olivia, para que entienda mejor
el futuro, su presente

Índice

Prólogo	15
I. La energía en el mundo	
1. ¿Qué es la energía?	19
2. ¿Se usaban combustibles fósiles en la Antigüedad?	22
3. ¿Por qué fue el Reino Unido la primera potencia mundial durante el siglo XIX?	25
4. ¿Cuál es el país que más energía consume?	28
5. ¿Cuál es el país que más contamina?	31
6. ¿Cómo se genera la electricidad?	34
7. ¿Qué sucede con la electricidad una vez sale de la central eléctrica?	36
8. ¿Es verdad que la electricidad tiene cada hora un precio distinto?	40
9. ¿Cómo se convierte en petróleo en gasolina?	43
10. ¿Se puede transportar gas natural en un barco?	46
11. ¿Cuánta energía consume una persona en un año?	48
12. ¿Es lo mismo energía renovable que energía limpia?	51

II. Las energías fósiles

13.	¿Cómo se originó el carbón?	53
14.	¿Tiene futuro el carbón como fuente de energía?	56
15.	¿Tiene el petróleo siempre la misma composición? ...	60
16.	¿Qué país acumula las mayores reservas de petróleo?	63
17.	¿Estamos cerca del <i>Peak Oil</i> ?	65
18.	¿Por qué oscilan tanto los precios del petróleo?	68
19.	¿Es el gas natural el combustible fósil menos contaminante?.....	71
20.	¿Por qué el gas natural es mucho más caro en Japón que en Estados Unidos?	74
21.	¿Puede ser el gas natural un combustible de transición?	77
22.	¿En qué consiste en <i>fracking</i> ?	80
23.	¿Cómo funciona una central térmica?	83
24.	¿Por qué las centrales de ciclo combinado son más eficientes que las térmicas?	86
25.	¿Cuál es la central térmica más grande del mundo?	89
26.	¿Es el cuerpo humano una central térmica?	92

III. La energía nuclear

27.	¿Por qué romper un átomo genera energía?	95
28.	¿Qué es el humo que emite una central nuclear?	99
29.	¿En qué país se utiliza más la energía nuclear?	101
30.	¿Qué peligros tienen para el ser humano los residuos radioactivos?	104
31.	¿Cuáles han sido los accidentes nucleares más graves de la historia?	107
32.	¿Cuál es la central nuclear más grande del mundo?	110
33.	¿Tiene futuro la energía nuclear?	113

IV. Energías hidráulica, eólica y solar

34.	¿Se pueden comparar los costes de los distintos tipos de energía?	117
35.	¿Cuántos tipos de centrales hidroeléctricas hay?	121
36.	¿Existen países que generen toda su electricidad gracias a centrales hidroeléctricas?	124
37.	¿Es verdad que la central más grande del mundo es una central hidroeléctrica?	127
38.	¿Por qué los aerogeneradores tienen tres palas?	129
39.	¿Se pueden instalar aerogeneradores en el mar?	133
40.	¿Es España un país de referencia en energía eólica?	136
41.	¿Cuánta superficie puede ocupar un parque eólico?	139
42.	¿Podríamos cubrir todas nuestras necesidades energéticas con la energía del sol?	141
43.	¿Puede una planta solar generar energía de noche?	144
44.	¿Cómo genera electricidad una placa fotovoltaica?	148
45.	¿Qué implantación tiene la energía solar fotovoltaica en el mundo?	152
46.	¿En qué partes del mundo es más interesante instalar energía solar?	155
47.	¿Dónde está la planta fotovoltaica más grande del mundo?	159

V. Energías geotérmica, marina y biomasa

48.	¿Qué usos tiene la energía geotérmica?	163
49.	¿Qué relación existe entre la energía geotérmica y la tectónica de placas?	167
50.	¿Se puede extraer energía del mar?	171
51.	¿Está desarrollada la energía marina en el mundo?	174

52.	¿Se puede generar electricidad con huesos de aceituna?	177
53.	¿Cuáles son los principales biocombustibles?	180
54.	¿Se puede obtener energía de la basura?	183
55.	¿La biomasa es realmente neutra en emisiones de CO ₂ ?	187
56.	¿Es verdad que las energías renovables generan más empleo que las tradicionales?	189

VI. El cambio climático

57.	¿Por qué se está calentando la tierra?	193
58.	¿Desde cuándo se sabe que las emisiones de CO ₂ provocan el calentamiento del planeta?	196
59.	¿Hasta cuántos grados se podría calentar la tierra?	200
60.	¿Qué consecuencias para el ser humano tendría el cambio climático?	203
61.	¿Existen dudas razonables sobre el cambio climático?	207
62.	¿Por qué es tan importante el acuerdo de París?	211
63.	¿Cómo afecta el acuerdo de París al futuro de la energía?	214
64.	¿Cómo funcionan los sistemas de comercio de emisiones de CO ₂ ?	217
65.	¿Cuáles son las acciones individuales más efectivas para combatir el cambio climático?	220
66.	¿Se puede consumir electricidad verde?	223

VII. Hacia un mix eléctrico 100 % renovable

67.	¿Cuáles son las principales dificultades para que toda la electricidad sea renovable?	227
68.	¿Qué mecanismos existen para almacenar energía?	230

69.	¿Por qué han sido tan revolucionarias las baterías de litio?	234
70.	¿Hay alternativas a las baterías de litio?	237
71.	¿Hay países que generen toda su electricidad mediante fuentes renovables?	240
72.	¿Podría América Latina desarrollar un mix eléctrico completamente renovable?	243
73.	¿Existe una revolución energética en marcha en China e India?	246
74.	¿En qué consiste el autoconsumo de electricidad?	250
75.	¿Qué mecanismos existen para desarrollar las energías renovables?	254
76.	¿Cuánta electricidad consume internet?	257
VIII. La movilidad sostenible		
77.	¿Cómo funciona un motor de combustión?	261
78.	¿Qué vehículo contamina más, un diésel o un gasolina?	264
79.	¿Qué ventajas tienen los vehículos que funcionan con gas?	268
80.	¿Cómo pueden los coches híbridos producir electricidad al frenar?	271
81.	¿Por qué no se desarrolló antes el vehículo eléctrico?	274
82.	¿Puede ser el vehículo eléctrico una fuente de ingresos?	277
83.	¿Hay suficiente litio en el mundo para que todos los coches sean eléctricos?	281
84.	¿Tienen futuro los vehículos que funcionan con hidrógeno?	283

IX. La eficiencia energética

85.	¿Por qué es tan importante la eficiencia energética?	287
86.	¿Por qué consume tan poca electricidad una bombilla LED?	290
87.	¿En qué situaciones merece la pena cambiar la iluminación a LED?	294
88.	¿Cuál es el sistema de climatización que menos energía consume?	298
89.	¿Se puede conseguir que una casa no necesite climatización?	302
90.	¿Cuál es la cogeneración más famosa del mundo (y que ignoramos que lo es)?	305
91.	¿Qué medidas de eficiencia energética se realizan en el sector industrial?	308
92.	¿Contribuye el reciclaje al ahorro energético?	311

X. Más allá del futuro

93.	¿Por qué hay tantas esperanzas en la fusión nuclear?	315
94.	¿Qué se está haciendo para conseguir la fusión nuclear?	318
95.	¿Puede ser la fusión nuclear la energía del futuro?	321
96.	¿Llegaremos a ver un mundo movido por hidrógeno?	324
97.	¿Cuáles serán las baterías del futuro?	328
98.	¿Se podrá eliminar el CO ₂ del aire?	331
99.	¿Es el decrecimiento la única solución para el planeta?	334
100.	¿Llegaremos a ver un mundo donde la energía sea 100 % renovable?	337

Glosario de términos	341
----------------------------	-----

Bibliografía	345
--------------------	-----

PRÓLOGO

Parece más que evidente que, si queremos un futuro energético sostenible, el actual modelo energético es inviable. La humanidad se enfrenta al que posiblemente es el reto común más importante al que nos hemos enfrentado nunca, un cambio climático que amenaza con alterar enormemente nuestros ecosistemas y nuestras estructuras sociales, y una de las acciones clave para poder mitigarlo es la generalización del uso de fuentes de energía renovables.

Cuando comencé mi carrera investigadora a finales de los años 70 del siglo pasado en el campo de la física de los semiconductores, las energías renovables eran una curiosidad científica con muy escasas aplicaciones comerciales. Durante la realización de mi Tesis Doctoral, dediqué varios años al estudio de las propiedades de un semiconductor, el CdS y en años posteriores, a las del CuGaInSe_2 . Hoy en día, esos materiales forman parte de células solares que han alcanzado un notable éxito comercial, lo cual ni en el mejor de mis sueños podía imaginar que llegara a suceder.

Con el paso de los años, gracias a la continua investigación y el esfuerzo inversor de organismos públicos y privados, las energías renovables mejoraron y se hicieron más eficientes y competitivas hasta el punto de poder rivalizar con las fuentes de energía tradicionales. Por poner un ejemplo de esta evolución:

el precio del vatio fotovoltaico a finales de los 70 estaba por encima de los 70 dólares mientras que a mediados de la década del 2010 su coste ya había caído por debajo de los 30 centavos de dólar, lo que ha implicado un abaratamiento extremo de la electricidad generada por esta fuente de energía. Energías como la eólica o la solar fotovoltaica ya son plenamente competitivas, no necesitan ni ayudas ni subsidios en gran parte de los países y sus costes todavía se reducirán más en los próximos años.

Otras energías renovables como la termosolar o la marina aún no han alcanzado ese grado de madurez, pero si siguen una curva de aprendizaje parecido al de la eólica y la fotovoltaica lo serán en unos años. Sin embargo, las energías renovables no están exentas de problemas. El principal inconveniente de algunas fuentes energéticas modernas como la eólica o la solar es su intermitencia, lo que las hace poco previsibles y no permite que puedan satisfacer las necesidades energéticas de nuestra sociedad por sí mismas. Desarrollar sistemas de almacenamiento adecuados y a gran escala es necesario para poder aumentar el valor de este tipo de energías y su desarrollo será uno de los grandes retos del futuro.

Hoy en día estamos en un proceso de transición energética que no tiene vuelta atrás. No por casualidad, el expresidente de los Estados Unidos de América, Barak Obama, publicó el 9 de enero de 2017, un artículo en la prestigiosa revista *Science*, con el llamativo título *The irreversible momentum of clean energy*. (B. Obama, *Science*, 10.1126/science.aam6284 [2017]).

La mayoría de potencias mundiales están haciendo un enorme esfuerzo inversor para propiciar esta transición que, sin embargo, no está exenta de dificultades. La principal de ellas es que estamos aún en un punto muy incipiente del camino, pues los combustibles fósiles todavía satisfacen el 85 % del mix energético mundial. Por muy rápido que sea este proceso tardaremos décadas en completar esta transición. De hecho, el principal debate político y técnico que existe en este terreno no es si se debe acometer esta transición energética, algo que casi todo el mundo da por descontado, sino la velocidad de la misma. Las grandes empresas multinacionales, desde compañías petroleras hasta la industria automovilística, ya han comenzado a adaptarse al cambio y están trabajando en campos como las energías renovables o la movilidad eléctrica, pero todavía existe una inercia y unos intereses

consolidados que generan discrepancia sobre la velocidad y la profundidad de este cambio.

En este libro, Pedro aborda esta problemática haciendo un repaso al pasado, presente y posible futuro de la energía con un estilo divulgativo, ameno y enormemente didáctico, tan familiar para mí desde los tiempos en que compartíamos tribuna en una de las secciones del diario Público. La temática y el formato es otro, pero la claridad expositiva es la misma. Además, el libro contiene una cantidad de datos completamente actualizados verdaderamente asombrosa y será de extraordinaria utilidad a quienes tengan interés en esta temática, de tanta actualidad en este momento. Por todas estas razones, el libro podrá ser leído sin dificultad por un amplio abanico de lectores.

La estructura del libro ayuda al lector no especialista a familiarizarse con la naturaleza y problemática de las principales fuentes de energía antes de abordar el apasionante reto de la transición energética y de sumergirse en el futuro a medio y largo plazo, con la obvia dificultad que tiene esta tarea. Se aborda una amplia cantidad de temas en un espacio relativamente corto, lo que supone un gran esfuerzo de síntesis que probablemente dejará al lector con ganas de ampliar conocimientos en los temas que le resulten más atractivos. Si lo consigue, si el lector se queda con esas ansias de conocimiento, entonces el libro habrá cumplido su principal objetivo.

Deseo a Pedro un gran éxito con este libro tan interesante y que aporta tanto al debate presente. Y a los lectores desearles que se apasionen con este futuro de la energía, que tantos y tan importantes retos plantea y en el que todos nos jugamos tanto.

Ignacio Martil
Doctor en física y catedrático de electrónica en la
Universidad Complutense de Madrid

I

LA ENERGÍA EN EL MUNDO

1

¿QUÉ ES LA ENERGÍA?

En física se define energía como la capacidad que tiene un objeto para realizar trabajo, entendiendo trabajo también como concepto físico, es decir, como una fuerza que es capaz de generar movimiento en un cuerpo. Podríamos decir, por tanto, que la energía sería la capacidad que tienen los cuerpos para poder generar movimiento en sí mismos o en otros cuerpos. Esta definición es coherente con el origen etimológico del término energía, proveniente del griego *enérgēia* que podría traducirse como ‘capacidad para realizar acción’. Así es, la energía produce acción, cambios en otros cuerpos y lo hace de distintas formas como movimiento, como calor, emitiendo luz, etcétera.

Todas estas formas son consecuencias de las distintas maneras como se manifiesta la energía en la naturaleza. Simplificando un poco, podríamos dividir la energía en seis tipos principales:

- Energía mecánica: Es la suma de la energía cinética, que es la energía que posee un cuerpo por estar en movimiento, y la energía potencial, que es la energía que tiene un cuerpo por estar situado dentro de un campo de fuerzas

y que en la Tierra está asociada a la distancia que tiene un cuerpo respecto al centro gravitatorio de la Tierra. A más velocidad más energía cinética tiene un cuerpo y a mayor altura respecto al suelo, mayor energía potencial contiene.

- **Energía térmica:** Es la energía relacionada con el calor que poseen los cuerpos, reflejo del movimiento de las partículas en su interior. Se transmite en forma de calor.
- **Energía química:** Es la energía interna que tienen los cuerpos a causa de la interacción entre los átomos y moléculas que lo componen. Se expresa a través de las reacciones químicas.
- **Energía eléctrica:** Es aquella que se basa en la atracción o repulsión de algunas partículas de la materia. Se expresa mediante el flujo de electrones que se da entre dos puntos con diferencia de potencial eléctrico, lo que se conoce como corriente eléctrica.
- **Energía radiante:** Es la energía que poseen las ondas electromagnéticas como pueden ser la luz o las microondas. Todos los cuerpos emiten radiación electromagnética siempre que estén a más temperatura del cero absoluto.
- **Energía nuclear:** Es la energía que se produce cuando los núcleos de los átomos se rompen o se unen.

Si analizamos las distintas formas como se manifiesta la energía nos percataremos de que todo lo que nos rodea posee energía. Al fin y al cabo, toda la materia conocida está a más temperatura que el cero absoluto, está compuesta de moléculas y átomos, y está sometida a campos de fuerza. De hecho, todos los cuerpos, solo por el hecho de tener masa, ya tienen energía. La cuestión es que esta energía subyacente no es más que una característica inherente que no sabemos transformar en trabajo, que es realmente lo que nos interesa desde el punto de vista humano.

La etimología de la palabra y las formas como se expresa nos permite entender el concepto de energía aplicado a la sociedad humana en su vertiente económica y tecnológica, que es la que nos interesa en este libro. La energía es lo que nos permite accionar cosas, bien en forma de movimiento (hacer funcionar un motor, por ejemplo), bien en forma de calor (encender la calefacción), o bien en forma de luz (iluminar una estancia). Estos son básicamente los usos que demandamos como sociedad y por eso necesitamos fuentes de energía que cubran nuestras necesidades.

La unidad con la que se mide la energía en el sistema internacional es el joule o julio (J) que matemáticamente representa la cantidad de trabajo realizado por una fuerza de un newton durante un metro. Sin embargo, el joule es una magnitud demasiado pequeña para analizar la energía desde el punto de vista industrial y social, pues un joule es más o menos la energía que libera una persona en reposo durante una centésima de segundo. Si comparamos eso con la energía que puede ofrecer una corriente eléctrica o un motor alimentado con gasolina veremos que es una cantidad ridículamente pequeña. En cambio, sí se suelen usar algunos de los múltiplos del joule sobre todo cuando se habla de energía térmica, como el megajoule (MJ), que como su nombre indica representa un millón de joules, aunque los anglosajones también usan una unidad que se llama British Thermal Unit (BTU) que equivale a algo más de 1055 joules.

En cualquier caso, es más habitual el uso de otras unidades dentro de la gran variedad que tenemos para definir la energía. Cuando hablamos de energía eléctrica normalmente usamos el kilovatio hora (kWh) para cuantificar la energía, unidad que equivale aproximadamente a 3 600 000 joules. Un ejercicio mental simple para intentar interiorizar la unidad es pensar que un kWh es la energía necesaria para iluminar una de esas antiguas bombillas incandescentes de 100W durante 10 horas. Cuando hablamos de electricidad, también tenemos que hacer referencia a la potencia eléctrica que se mide en vatios (W) o sus múltiplos. La potencia representa la cantidad de energía generada o absorbida en un instante determinado. Por ejemplo, y siguiendo el ejemplo anterior de la bombilla de 100 W, si esta funciona durante una hora tendremos un consumo de 100 Wh (0,1 kWh), si funciona durante 10 horas consumirá 1 kWh y si funciona durante mil horas gastará 100 kWh. Por decirlo de otro modo, la potencia nos indica la capacidad de generar o consumir energía.

No obstante, cuando hablamos de energía en general y en grandes cantidades se suele usar la tonelada equivalente de petróleo (tep) que como su nombre indica representa la cantidad de energía que contiene una tonelada de petróleo y equivale 11630 kWh. También existe como unidad la tonelada equivalente de carbón (tec) que equivale a 8138,90 kWh. Y gracias a conocer estas unidades ya hemos visto un dato interesante en el que repararemos más adelante: el petróleo tiene más densidad energética que el carbón.

2

¿SE USABAN COMBUSTIBLES FÓSILES EN LA ANTIGÜEDAD?

Los seres humanos hemos estado usando la energía de los recursos naturales desde el descubrimiento del fuego, que por lo que sabemos sucedió hace al menos 790 000 años. El fuego permitió a los hombres prehistóricos recibir energía en forma de luz y de calor, lo que les facilitó cambios en su estilo de vida. Pudieron comenzar a moverse de noche, el fuego permitía mantener alejados a ciertos depredadores y, sobre todo, permitió cocinar los alimentos, lo que aumentó la esperanza de vida de la especie y probablemente también facilitó el aumento de la masa encefálica. Más adelante, durante el neolítico, el fuego permitió que se comenzasen a fabricar piezas de cerámica y en la edad de los metales se pudieron moldear estos para crear todo tipo de herramientas. Probablemente, si hubiésemos preguntado a estas personas qué energía estaban usando nos hubiesen dicho que usaban el fuego, pero realmente la fuente de energía que estaban usando era la madera o la paja, es decir, usaban biomasa. El fuego no es más que el conjunto de partículas incandescentes que se producen en la reacción de oxidación de la materia orgánica. Pura química.

Los hombres también han estado transformando la energía cinética de las corrientes de agua y del viento desde la Antigüedad. Ya en el siglo III a. C. se tiene constancia del uso de ruedas de noria para canalizar agua usando la propia energía mecánica de los ríos. Desde el siglo I a.C. se conoce la existencia de molinos de agua que se usaban para moler grano aprovechando la corriente del río para hacer girar una piedra de molino encargada del molido. Los molinos de agua fueron muy habituales en la Edad Media y Moderna, y todavía se pueden ver antiguos molinos de agua en buen estado en algunos sitios como en el Principado de Asturias en España. El uso de la energía del viento es todavía más antiguo. Desde hace más de 5000 años se usa esta energía para la navegación en el antiguo Egipto que es donde se tienen constancia de la existencia de las primeras embarcaciones a vela. Mucho más tarde, en el siglo VII d. C., nos encontramos con los primeros molinos de viento en la actual Afganistán que usaban la energía cinética del viento con un funcionamiento y objetivos básicamente similares a los molinos de agua.

Más complicado resulta hablar del uso de la energía solar o por lo menos de su transformación, puesto que la recepción de la energía del sol de forma pasiva es indispensable para la vida pero no representa realmente ningún uso tecnológico de la misma. Quizá la referencia más clara de la manipulación de la energía solar en la Antigüedad es la leyenda del rayo de calor de Arquímedes. Cuenta la leyenda que Arquímedes creó un gran espejo cóncavo que podía concentrar la luz del sol en un punto concreto a larga distancia. Gracias a este artilugio se supone que consiguió incendiar la flota romana que asediaba Siracusa. La leyenda se suele considerar falsa pero lo cierto es que se ha relatado al menos desde el siglo II d. C., lo que demuestra que al menos sí se conocían las posibilidades teóricas del uso de la energía del sol, de hecho, este artilugio tiene los mismos fundamentos que los de las modernas cocinas solares parabólicas y parecidos a los de las centrales termo-solares de concentración.

A pesar de que se suele creer que el carbón no fue usado por el hombre hasta la revolución industrial, esto realmente no fue así. Sobre el año 1000 a. C. en China se comenzó a usar carbón vegetal para alimentar los hornos de función del cobre y posteriormente también lo usaron los romanos. El carbón era más calorífico que la madera y permitía alcanzar temperaturas más altas, lo que facilitaba el manejo de los metales en fundición. De hecho, se considera que la metalurgia del hierro se desarrolló gracias al carbón vegetal.

La fabricación de carbón vegetal a partir de la madera se consigue mediante un proceso de carbonización relativamente simple. Primero se seca la madera y luego se somete a un proceso de pirólisis (calentamiento sin oxígeno) a aproximadamente 300 °C. Al no tener oxígeno la madera no se quema y convierte en ceniza, sino que se descompone químicamente y se convierte en carbón. Desde la Antigüedad esta transformación la hacían personas específicas, los carboneros. Para fabricar el carbón se dirigían al monte y buscaban una superficie despejada. Con troncos y ramas fabricaban una especie de chimenea con forma de cono y abierta por arriba que iban creando por capas y que al final cubrían con hojas y tierra, la llamada carbonera. Cuando estaba acabada, introducían una brasa por el orificio superior y tapaban el agujero para provocar la pirólisis en el centro de la base del cono. Durante varios días se alimentaba el fuego varias veces al día hasta que el carbón se había formado y entonces tapaban todos los agujeros de la carbonera y la dejaban apagar durante

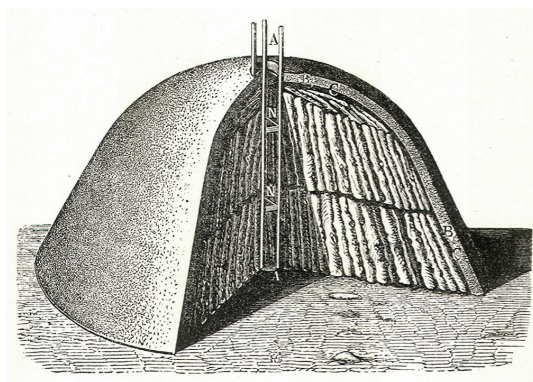


Imagen típica de una carbonera mostrada en sus distintas capas, con los troncos apilados y un orificio en forma de chimenea para poder introducir las brasas

varios días más. Los carboneros vivían en chozas improvisadas cerca de las carboneras, ya que debían controlar la reacción y alimentar el fuego, y muchas veces morían al caerles la pila ardiente encima. Este proceso fue muy habitual durante toda la Edad Media y Moderna. Aún hoy se utiliza en muchos países del mundo, aunque en hornos algo más sofisticados y menos peligrosos.

El carbón vegetal encontró un duro competidor durante la Edad Media. Se estima que desde el siglo XI ya se usaba de forma puntual el carbón mineral o carbón de piedra, como se llamaba entonces, que se extraía en algunas minas a cielo abierto en Inglaterra. Desde el siglo XV se tiene constancia de que este carbón se exportaba a Francia y Holanda, así que su uso es previo a la Revolución Industrial.

Más antiguo aún es el uso del petróleo y el gas natural, usados desde la Antigüedad. Aunque el petróleo se conoce desde más o menos el año 3000 a. C., los primeros que lo utilizaron como fuente de energía parece que fueron los chinos, sobre el año 350 a. C. Perforaban la tierra con cañas de bambú para extraer el petróleo y luego lo canalizaban hacia las salinas para quemarlo allí y evaporar la salmuera a fin de conseguir sal. Exactamente lo mismo hacían con el gas natural que aparecía en las mismas perforaciones y también sabían que podían quemar. El petróleo también se usaba como fuente de energía en la antigua Roma, al menos desde el siglo I, donde se quemaba en lucernas (pequeñas lámparas para iluminación que tenían la forma de la lámpara de Aladino) que sustituyó al aceite de oliva, que era el combustible tradicional de estas lámparas.

3

¿POR QUÉ FUE EL REINO UNIDO LA PRIMERA POTENCIA MUNDIAL DURANTE SIGLO XIX?

El comienzo del uso masivo de la energía en nuestra sociedad se produjo con el inicio de la Primera Revolución Industrial en Gran Bretaña a finales del siglo XVIII. El invento más importante del período fue la máquina de vapor, invento generalmente atribuido a James Watt, pero que, en realidad, fue un invento anterior que Watt mejoró e hizo económicamente viable. Máquinas de vapor anteriores a la de Watt ya se usaban en las minas de la Inglaterra del siglo XVII para bombear agua, y el uso del vapor de agua para generar movimiento se conoce desde la Antigüedad, tal y como dejó escrito Herón de Alejandría en el siglo I d. C.

Una máquina de vapor es básicamente un motor que convierte el calor en trabajo gracias a la presión que produce el vapor del agua sobre un pistón. El vapor de agua se genera en un recipiente cerrado y, cuando alcanza la presión suficiente, empuja un pistón hacia arriba el cual acciona una serie de mecanismos que acaban transfiriendo el movimiento hacia la función que se desea realizar. La máquina de vapor se adaptó a sectores como la fabricación textil, la minería o la fabricación de papel, y también fue la que permitió la expansión del ferrocarril.

Que la invención de la máquina de vapor se hiciese en el Reino Unido estuvo probablemente condicionado por el uso que ya se hacía en aquel país del carbón mineral, pues se usaba más o menos desde el siglo XI. El carbón fue, a la vez, fuente de energía para las máquinas de vapor (era con lo que se calentaba el agua para generar vapor) y solución para los problemas de la minería que necesitaba bombear el agua fuera de las minas para poder seguir explotándolas. El Reino Unido fue la potencia dominante en el mundo hasta principios del siglo XX, a la vez que con el período de máximo esplendor del carbón, lo que demuestra hasta qué punto las fuentes de energía han sido clave para confeccionar la geopolítica y la historia del mundo.

El carbón mineral fue la fuente de energía predilecta durante todo el siglo XIX, sin embargo, a mitad de siglo le apareció otro competidor, el petróleo. El primer pozo de petróleo se perforó en Pensilvania en 1859 y en los años siguientes la perforación de

pozos creció exponencialmente en los Estados Unidos. En principio ese petróleo se destilaba para obtener queroseno, usado en la época para las lámparas de mecha, pero a finales del siglo XIX se comenzó a usar otro de los productos de la destilación del petróleo para el funcionamiento de los motores de explosión: la gasolina.

La extracción de petróleo fue un negocio muy lucrativo en los Estados Unidos tanto que se generó el primer trust de la historia, la Standard Oil Company que llegó a dominar el 90 % del mercado del petróleo en los Estados Unidos y enriqueció al que se considera el hombre más acaudalado de todos los tiempos, el empresario John D. Rockefeller. Esta compañía fue desmantelada en 34 compañías distintas por orden del tribunal supremo de los Estados Unidos en 1911, en aplicación de las leyes anti-trust.

El desarrollo del gas natural en Estados Unidos fue paralelo al del petróleo, al obtenerse en los mismos yacimientos. Se usó durante el siglo XIX como combustible para iluminación y después de la extensión de la electricidad se usó para calefacción o agua caliente sanitaria. Su desarrollo a nivel mundial fue más tardío que el del petróleo por las dificultades de transporte asociadas a su estado gaseoso. El uso del petróleo superó al del carbón en los Estados Unidos aproximadamente en 1950 y a nivel mundial unos años después. El gas natural también superó al carbón en Estados Unidos en 1958, aunque a nivel mundial todavía se sigue usando más carbón que gas natural. Al igual que en el caso del Reino Unido y el carbón, que el petróleo se desarrollase inicialmente en los Estados Unidos probablemente favoreció su conversión en la superpotencia del siglo XX.

Paralelamente al uso de los combustibles fósiles, el otro gran desarrollo de finales del siglo XIX fue la electricidad. Conocida desde la antigüedad, la primera aplicación práctica relevante fue el telégrafo, pero su uso generalizado se produjo en las últimas dos décadas del siglo XIX después del invento de la bombilla incandescente por parte de Thomas Edison en 1879, que dejó obsoletas las peligrosas luces de arco eléctrico que se estaban instalando durante la década anterior. Solo tres años después, en 1882, se abrieron las dos primeras centrales eléctricas comerciales de la historia en Londres y Nueva York, centrales que generaban electricidad quemando carbón. Ambas suministraban electricidad en corriente continua, tenían una potencia de alrededor de 100 KW y servían para poco más que dar servicio a unos cientos de

luminarias incandescentes, aunque en el caso de la central de Pearl Street en Nueva York, esta también suministraba vapor. Una acabó cerrada 4 años después por ser económicamente inviable y la otra se quemó en 1890.

En pocos años la corriente continua fue desplazada por la corriente alterna, lo que minimizó los costes de energía relacionados con el transporte y permitió que las plantas de generación de electricidad se situasen lejos de los consumidores, lo que facilitó el desarrollo de las plantas hidroeléctricas. Gracias al desarrollo de la turbina de vapor, en poco más dos décadas las centrales eléctricas alcanzaron potencias de 25 000 KW (25 MW). A principios del siglo xx las principales ciudades se electrificaron, tanto a nivel de iluminación como de transporte urbano, básicamente tranvías y ferrocarriles metropolitanos, e incluso comenzaron a circular los primeros coches eléctricos.

A mediados del siglo xx se desplegó la energía nuclear civil. La energía nuclear fue desarrollada con objetivos bélicos pero posteriormente se vio en ella la posibilidad de generar energía para otros usos. El primer uso también fue militar, pero en este caso para propulsar los submarinos que hasta ese momento funcionaban con gasóleo. El motor nuclear permitía que los submarinos no tuviesen que emerger continuamente a coger aire (es necesario aire para que el motor diésel funcione correctamente), no necesitasen repostar y fuesen mucho más grandes. El primer submarino atómico fue el USS *Nautilus* que comenzó a operar en 1954.

Pero el uso fundamental de la energía nuclear fue la generación de electricidad para usos civiles. La primera central nuclear de la historia fue la de Óbninsk, en la antigua URSS, que se puso en marcha en 1954 y funcionó durante 52 años. Durante los años 60 la energía nuclear se expandió, pero su verdadero crecimiento se produjo después de la crisis del petróleo del 73 y duró hasta finales de los años 80. A partir de entonces la cantidad de reactores nucleares activos a nivel mundial prácticamente ha permanecido constante.

Finalmente, las crisis del petróleo de los 70 y el creciente movimiento antinuclear fueron los que catalizaron el interés por las energías alternativas como la eólica y la solar, cuya expansión comenzó en una época muy reciente. La eólica comenzó a expandirse a mediados de los 90 y la solar a mediados de los 2000 con un crecimiento continuo que llega hasta nuestros días y parece que va a seguir produciéndose durante muchos años más.

4

¿CUÁL ES EL PAÍS QUE MÁS ENERGÍA CONSUME?

Para analizar la cantidad de energía que se consume en el mundo lo primero que debemos tener claro es qué queremos medir exactamente, porque tenemos dos maneras diferentes de medir el consumo de energía. Por un lado, tenemos la energía primaria, que es la energía bruta antes del proceso de conversión de la misma, y, por otro lado, tenemos la energía efectivamente consumida por los consumidores finales. Entre la energía primaria y la energía final consumida hay una diferencia de alrededor de un 30%, que es energía que se pierde en los procesos de transformación de la misma. Esta energía se pierde fundamentalmente en forma de calor en los procesos de generación de energía eléctrica de las centrales térmicas, pero también debido a las pérdidas de electricidad por el transporte a través de la red eléctrica, el refinado de petróleo y otros procesos.

Cuando analizamos cuestiones como el consumo de electricidad de un determinado país o la energía suministrada por una determinada fuente de energía, lo más razonable es usar la energía final consumida, pero si lo que queremos medir es el consumo de recursos la mejor manera de hacerlo es usar la energía primaria, y así se suele hacer cuando se analiza el consumo mundial de energía. Por lo tanto, analizaremos los datos de energía primaria para responder a esta pregunta.

El consumo de energía primaria en el mundo en el año 2016 fue de 13276 millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtep) o 154400 teravatios-hora (TWh), con un 1% de crecimiento respecto al año 2015. En este cálculo se excluye la mayoría de la biomasa utilizada para generar calor (como la leña), tan solo se tienen en cuenta las energías comercializables.

La fuente de energía más utilizada fue el petróleo, que representó el 33,25% de esa energía primaria, seguida por el carbón (28,1%), el gas natural (24,15%), la energía hidroeléctrica (6,9%), la nuclear (4,4%) y el resto de renovables (3,2%). Las energías fósiles siguen representando más del 85% de la energía primaria que se consume en el mundo, mientras que las renovables escasamente superan el 10%. Respecto al año 2015 hubo un crecimiento muy importante de las renovables

de más del 15% y el comienzo de retroceso en el uso del carbón de casi el 1,5%.

Si miramos el consumo por regiones, fue la región Asia-Pacífico la que más energía consumió con el 42% de la energía mundial consumida, seguida por Europa y Rusia (21,6%), Norteamérica (21%), Oriente Medio (6,75%), América Central y del Sur (5,3%) y finalmente África (3,35%). El aumento respecto a 2015 estuvo concentrado básicamente en el área Asia-Pacífico, habiendo incluso descendido el consumo de energía primaria en el continente americano.

España consumió, en 2016, 135 Mtep de energía primaria (2,9 tep por persona) que representa un consumo un 14% más bajo que en 2007, efecto tanto de la crisis económica como de un aumento de la eficiencia energética en todas sus variantes. España destaca por su relativo alto consumo de energía por fuentes renovables (17,5%), a pesar de que su fuente de energía primaria es, como en la mayoría de países, el petróleo (46,3%), algo fuertemente condicionado por el consumo de combustibles de automoción. El gas natural es mucho más usado que el carbón (18,7% del gas frente a un 7,7% del carbón) y la energía nuclear supone el 9,8% restante del consumo de energía primaria.

América Latina tiene grandes diferencias dependiendo el país. El país que más energía consume es Brasil (297,8 Mtep), que representa un tercio del consumo de la región y tiene un 60% más de consumo que su inmediato seguidor, México (186,5 Mtep), aunque ambos tienen unos consumos per cápita similares (1,43 y 1,46 tep). No obstante, de los países grandes de la región quien tiene más consumo energético per cápita es Venezuela (2,36 tep), seguido de Chile (2,05 tep) y Argentina (2,03 tep).

En determinados países de América Latina la energía hidroeléctrica es una fuente de energía fundamental (como Brasil, en el que más del 29% de la energía primaria proviene de esta fuente, o Colombia, casi el 26%), sin embargo, en otros es casi testimonial (como es el caso México, escasamente el 3,5%). El resto de energías renovables están poco desarrolladas en la región, excepto el Brasil y Chile, donde cubren sobre el 6,3% de la energía primaria. La energía nuclear también está muy poco implantada en América Latina, siendo Argentina el país que más la genera, donde solo cubre algo más del 2% de la energía consumida, valor que en cualquier caso está lejos de valores europeos o norteamericanos.

Los países que más energía primaria consumieron en año 2016 fueron China (3053 Mtep, el 23% mundial) y los Estados Unidos (2273 Mtep, 17,1%), con enorme diferencia respecto a los siguientes, la India (724 Mtep, 5,5%) y Rusia (674 Mtep, 5,1%). China y Estados Unidos consumieron el 40% de la energía primaria mundial, sin embargo, sus consumos per cápita son muy distintos y en ese punto se invierte el orden de consumo. China tenía en 2016 una población 1379 millones de habitantes mientras los Estados Unidos tenían una población de 323 millones de habitantes, por lo que el consumo de energía primaria per cápita de Estados Unidos fue de más de 7 tep por habitante mientras que China tuvo un consumo de 2,2 tep por habitante, menos de la tercera parte. Rusia tuvo un consumo de energía primaria por habitantes de 4,67 tep y la India no llegó a 0,55 tep.

La cantidad de energía primaria consumida por habitante en Estados Unidos es enorme, de hecho, prácticamente duplica al de países como Alemania, Francia o Japón, triplica a los de España o Italia y cuadruplica a los de Chile o Argentina. Estados Unidos es un país altamente despilfarrador de energía, pero a pesar de eso no es el país que tiene el mayor consumo per cápita del mundo. Países petroleros como Trinidad y Tobago, Catar, Bahréin o Kuwait tienen más consumo de energía per cápita que los Estados Unidos y también otro país que *a priori* no se espera entre los mayores consumidores de energía primaria: Islandia.

El motivo por el que Islandia está entre esos países es la existencia de grandes industrias de aluminio que son muy intensivas en el uso de energía y que disparan el consumo per cápita de los escasos 330 000 habitantes del país. Pero lo más curioso es que Islandia tiene una generación de electricidad casi 100% renovable basada en la energía hidroeléctrica y la geotérmica, así que a pesar de ser el primer país del mundo en consumo energético per cápita es uno de los que menos contaminación producen por la generación de esa energía.

Ejemplos como estos son importantes para percatarnos de que las estadísticas en los países pequeños pueden ser equívocas. Tener industrias intensivas en energía en países pequeños dispara el consumo de energía primaria per cápita y no por ello tienen que ser países especialmente despilfarradores de energía. En cambio, estos efectos se diluyen en los países más grandes, en los que el consumo energético per cápita y otras variables sí son reflejo de estas realidades. De hecho, se estima que un hogar medio en

Estados Unidos o Canadá consume entre el doble y el triple de energía que un hogar medio europeo y nueve veces más que un hogar medio chino.

5

¿CUÁL ES EL PAÍS QUE MÁS CONTAMINA?

Para responder a esta pregunta hay que hacer antes un pequeño análisis de los tipos de contaminación que existen, porque contaminación no es un concepto único y tenemos varios tipos de «contaminaciones».

Podríamos dividir la contaminación que se produce en la generación de energía en tres grandes bloques. Por un lado, tenemos aquellos contaminantes que provocan el calentamiento de la tierra mediante el efecto invernadero, el principal de ellos, el CO_2 , que sin embargo no es tóxico para el ser humano. Por otro lado, tenemos los contaminantes atmosféricos que afectan a la calidad del aire y pueden provocar lluvia ácida y problemas en la salud humana, como los óxidos de nitrógeno (NO_x), los óxidos de azufre (SO_x), el monóxido de carbono (CO), las partículas en suspensión (PM) o los compuestos orgánicos volátiles (COV). Finalmente tenemos los residuos radioactivos de las centrales nucleares cuya peligrosidad se mantiene en algunos casos durante miles de años. Hay más tipos de impactos ambientales provocados por la generación y uso de energía (vertidos relacionados con el petróleo, impacto en los ecosistemas, etc.) pero por ahora los vamos a obviar.

Comparar estos tipos de contaminaciones es muy complicado ¿Qué contamina más, una tonelada de CO_2 , una de NO_x o una de residuos radioactivos de alta actividad? Al final estamos comparando impactos muy distintos y una respuesta categórica no es posible. El CO_2 , por ejemplo, no fue una preocupación hasta prácticamente los años 80 mientras los residuos nucleares o la contaminación de las ciudades sí lo eran, algo que ha cambiado conforme ha ido aumentando la preocupación por el cambio climático.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) calcula que la mala calidad del aire provoca más de tres millones de muertes prematuras al año y que podrían duplicarse para el año 2050. Según algunos estudios el país en el que más muertes prematuras

provoca la contaminación atmosférica es China, con 1 357 000 muertes anuales en 2010. Le siguen en segunda posición la India (con 645 000), Pakistán (111 000), Bangladesh (92 000) y Nigeria (89 000).

Los países menos desarrollados y sobre todo aquellos que han sufrido una industrialización rápida son los que más muertes prematuras tienen, pero no son los únicos ni mucho menos. En 6.^a posición está Rusia (67 000 muertes), en 7.^a Estados Unidos (55 000), en la 12.^a Alemania (34 000) y en la 15.^a Japón (25 000). Y estos datos de 2010 están siendo corregidos al alza por nuevos estudios, como uno reciente de la Agencia Europea del Medio Ambiente que duplica la cifra alemana y sitúa también a Italia, Francia o el Reino Unido por encima de las 50 000 muertes prematuras anuales.

No obstante, y probablemente debido a la creciente preocupación por el cambio climático, en los últimos tiempos cuando se habla de países más contaminantes se suele hacer referencia a las emisiones de CO₂, el principal responsable del mismo. En el año 2016 se emitieron a la atmósfera, debido al uso de combustibles fósiles, 33 432 millones de toneladas de CO₂ (MtCO₂). El principal país generador de CO₂ fue China que ese año emitió 9 193 MtCO₂, el 27,3 % de todas las emisiones a nivel mundial. El segundo país que más emitió fue los Estados Unidos con 5 350 MtCO₂ (16% mundial), seguido por la India (2 271 MtCO₂, 6,8%) y Rusia (1 490 MtCO₂, 4,5%). Como se puede observar el ranking es el mismo que en el caso del consumo de la energía, aunque las diferencias relativas son distintas. Por ejemplo, China consume un casi un 35 % más de energía que los Estados Unidos, sin embargo sus emisiones son un 70 % mayores que las de la potencia norteamericana.

Este aparente desacople se debe en parte importante a las fuentes de energía utilizadas. Estados Unidos genera casi el 8,5% de su energía primaria gracias a la energía nuclear (China el 1,6%) y, sobre todo, no usa tanto carbón (15,7% Estados Unidos frente al 61,8% chino) que es la fuente de energía que más CO₂ emite. Ni siquiera la mayor presencia de la energía hidroeléctrica en el mix energético chino (8,6% frente al 2,6% estadounidense) consigue compensar las mayores emisiones que produce el carbón.

Otros países del mundo también muestran diferencias notables entre consumo de energía primaria y emisiones de CO₂. En 2016 Francia consumió el 1,8% de la energía primaria mundial

Imagen aérea de la ciudad de Shanghai, en China, cubierta por una densa niebla a causa de la contaminación atmosférica.

El caso de Shanghai no es único, la contaminación atmosférica es algo muy preocupante en las grandes urbes chinas, sobre todo en su capital, Pekín.



pero solo emitió el 0,9% del CO₂. Canadá, gran consumidor de energía primaria (2,5% de la energía mundial), emitió el 1,6% del CO₂. El caso de Suecia y Noruega es todavía más espectacular, con un consumo del 0,4% de la energía mundial cada uno sus emisiones fueron del 0,1%. Francia consigue esas bajas emisiones gracias a que el 75% de su energía eléctrica tiene origen nuclear y Canadá, Noruega y Suecia gracias a sus altos porcentajes de energía hidroeléctrica en su mix eléctrico (entre el 45 y el 95%). En general, los países más desarrollados tienen unas emisiones de CO₂ por unidad de energía primaria consumida menores que los países en vías de desarrollo. Los países de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) han reducido sus emisiones de CO₂ en los últimos 10 años un 0,9% anual (2% anual en la Unión Europea), mientras que el resto de países aumentaron sus emisiones un 3,4% al año en ese mismo período.

España emitió 282,4 MtCO₂ en 2016, el 0,8% mundial, cuando consume el 1% de la energía. El descenso de emisiones en los últimos años ha sido de media un 2,5% al año, producto de la crisis económica, del aumento de la generación de electricidad renovable y de las mejoras en eficiencia energética.

Brasil es otro de esos países que consumen bastante energía (2,2% mundial) y emiten relativamente poco (1,4% de las emisiones mundiales), gracias a la importancia de la generación hidroeléctrica y el uso de biocombustibles. De hecho, emitió en 2016 menos CO₂ que México, que tiene la mitad de habitantes (458 MtCO₂ Brasil frente a 470,3 MtCO₂ México). El resto de América Latina tiene unas emisiones de CO₂ por unidad de energía consumida similares a la media mundial y toda ella ha

aumentado las emisiones en la década anterior, 3,1% anual de incremento sin contar a México (que aumentó menos, 0,9 % anual).

En definitiva, ¿cuál es el país que más contamina? En términos globales, China, tanto a nivel de contaminantes atmosféricos como de CO₂, aunque no a nivel de residuos nucleares, donde Estados Unidos es el país que más los genera. Eso sí, si atendemos a emisiones per cápita de CO₂, Estados Unidos vuelve a ganar a China.

6

¿CÓMO SE GENERA LA ELECTRICIDAD?

La electricidad es un fenómeno físico que se produce por la presencia de cargas eléctricas en la materia. Su nombre deriva de la palabra griega *ἑlektron*, que significa ‘ámbar’, identificación que proviene de las observaciones del pensador griego Tales de Mileto que se percató que al frotar el ámbar con lana este atraía pequeños objetos e incluso se podía observar alguna chispa. Esa misma observación la desarrolló muchos siglos después el científico francés Charles François de Cisternay du Fay al identificar dos tipos de cargas eléctricas distintas. Por un lado, estaban las producidas al frotar el ámbar, que él llamó «carga resinosa», y por otro las que se producían al frotar el vidrio, que llamó «carga vítrea». La carga resinosa es lo que hoy en día se llama carga negativa y la carga vítrea es la positiva, tal y como las definió Benjamin Franklin muchas décadas después.

Hay algunos materiales que tienen tendencia a perder electrones y otros a ganarlos. Si frotamos dos materiales con tendencias distintas, uno de ellos perderá electrones y el otro los ganará, quedando el que pierde electrones cargado positivamente y el que los gana cargado negativamente; así se genera la electricidad estática. Los cuerpos cargados producen una fuerza de atracción o repulsión sobre los cuerpos que tienen alrededor en función de la carga de estos, de manera que se repelen los cuerpos cargados con el mismo signo y se atraen los de signos distintos. En cierta manera es como si los cuerpos quisiesen volver al estado de equilibrio anulando su carga y para ello buscasen a los de sus cargas contrarias.

Sin embargo, la electricidad estática no tiene muchas utilidades, las aplicaciones prácticas de la electricidad se obtienen gracias a la



Fotografía de un generador de corriente alterna proveniente de una central hidroeléctrica expuesto en el Museo Henry Ford en Michigan. Se pueden observar el rotor (la parte móvil que gira junto al eje central) y el estátor (la carcasa estática). El movimiento del rotor generaba corriente eléctrica en el estátor que posteriormente se inyectaba en la red eléctrica.

electricidad dinámica, que es aquella que se genera por un flujo de electrones permanente. El primer flujo de electricidad constante lo generó Alessandro Volta mediante una reacción química de oxidación-reducción entre el zinc y el cobre en la conocida como «pila de Volta». La pila de Volta era una simple estructura de discos de zinc y cobre apilados y separados por una capa de cartón impregnada en salmuera que generaba una corriente eléctrica gracias a la oxidación del zinc y la reducción del cobre. Esta pila es el origen de todas las pilas y baterías modernas que se basan en el uso de la energía química para conseguir electricidad o bien en el proceso contrario, en usar la electricidad para generar la reacción química inversa con el objetivo de poder almacenar esa energía de forma química y así poder liberarla cuando sea necesaria.

El segundo modo de obtener electricidad dinámica es mediante la transformación de energía mecánica en energía eléctrica, lo que se consigue mediante generadores eléctricos. Los generadores son máquinas rotativas que se componen de una parte fija, llamada «estátor», y una parte móvil, llamada «rotor». Cuando está en funcionamiento, uno de los dos elementos induce una corriente eléctrica en el otro elemento. Hay fundamentalmente de dos tipos: las dinamos, que generan corriente continua, y los alternadores, que generan corriente alterna y que son los que se usan hoy día para generar electricidad a partir de la energía mecánica.

La clave de la transformación de la energía mecánica en eléctrica está en la inducción electromagnética. La inducción electromagnética consiste básicamente en la generación de una corriente en un material conductor cuando este se encuentra en presencia de un campo magnético variable. Fue descubierto por el científico inglés Michael Faraday, que observó que el movimiento de un imán dentro de una espira inducía una corriente eléctrica en la misma y que esta corriente era proporcional a la rapidez con la que se movía el imán, es decir, con la rapidez con la que cambiaba el campo magnético.

En los generadores de corriente alterna, el rotor, con su movimiento, genera un flujo magnético que induce una corriente eléctrica en el estátor mediante inducción electromagnética. Es, por tanto, la energía cinética la que produce el movimiento del rotor y la que genera la electricidad. Imaginemos un ejemplo simple de un molino de agua o de viento que se mueve haciendo girar un eje. Ese eje, convertido en rotor de un generador eléctrico, es el que generaría electricidad inducida en el estátor. Este ejemplo simple nos vale para entender cómo se genera electricidad y aunque parezca mentira, la mayoría de la generación eléctrica del mundo acaba produciéndose mediante máquinas rotativas que comparten fundamentos con este ejemplo. Las turbinas de vapor o de gas de las centrales térmicas y nucleares, las turbinas hidráulicas de las centrales hidroeléctricas o los propios aerogeneradores producen electricidad de esta manera.

7

¿QUÉ SUCEDE CON LA ELECTRICIDAD UNA VEZ SALE DE LA CENTRAL ELÉCTRICA?

Al encender un interruptor de la luz o un electrodoméstico muchas veces no somos conscientes de cómo esa energía llega a nuestros hogares. Esta energía ha sido generada probablemente a centenares de kilómetros de nuestras casas y ha sufrido multitud de transformaciones antes de llegarnos con la intensidad y tensión adecuada para su uso.

El sistema de suministro eléctrico se compone de tres partes: la generación, el transporte y la distribución al consumidor final. Como la electricidad no se puede almacenar como tal, es necesario

que la producción de electricidad y la demanda estén en equilibrio y, por tanto, la generación se debe adaptar al consumo, ya que en caso contrario habría bajadas de tensión o apagones. De forma mayoritaria la electricidad se genera en grandes centrales eléctricas y son estas las que funcionarán en un régimen adecuado para las necesidades de la demanda.

La cuestión es que cada central eléctrica tiene su propia naturaleza y se gestiona de una manera distinta. Las centrales térmicas tienen versatilidad para generar o dejar de generar en función de la demanda, pero una central nuclear funciona de forma casi ininterrumpida y no puede estar parando y reiniciando la generación continuamente por cuestiones de demanda. Las centrales hidroeléctricas con presa pueden gestionar cuándo generan electricidad, sin embargo, se pueden ver limitadas por la cantidad de agua disponible. La energía fotovoltaica y la eólica funcionan solo cuando hay viento y sol, y cuando lo hay no es razonable que no generen electricidad porque esa energía se pierde, aunque los aerogeneradores se pueden parar por cuestiones de saturación de red o por seguridad.

La función de cuadrar la oferta y la demanda la realizan los operadores del sistema eléctrico mediante previsiones primero (se calcula la demanda del país en el día anterior en función de variables como la climatología o la demanda histórica) y después en tiempo real, de manera que dan órdenes a los generadores para que aumenten o disminuyan la generación de energía según oscila la demanda.

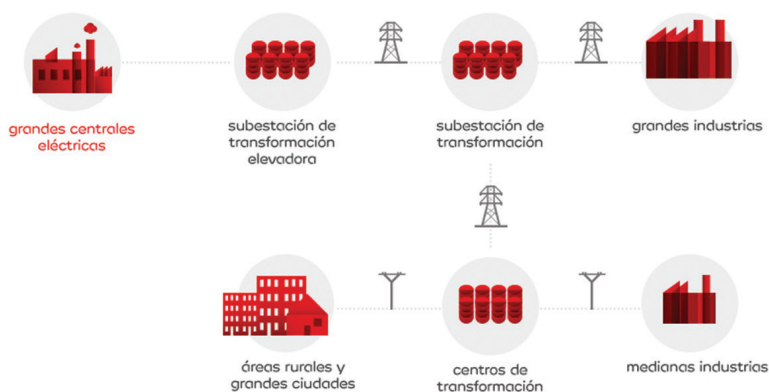
Una vez que la energía se genera en una central, se produce una conversión de voltaje mediante una subestación eléctrica elevadora con el objetivo de subir el mismo antes de entregar la energía a la red eléctrica. Este aumento de voltaje se realiza para evitar, en la medida de lo posible, las pérdidas de energía en forma de calor que se producen en el transporte y que son proporcionales a la intensidad de la corriente. Al aumentar la tensión se puede disminuir la intensidad de corriente transmitiendo la misma potencia eléctrica, así que se consiguen menos pérdidas con el mismo resultado. Normalmente la tensión se eleva a entre 110 000 y 400 000 V dependiendo la distancia a la que se quiera transportar y se inyecta en la red de transporte. La red de transporte se compone de un mallado de cables fabricados con un material conductor, generalmente cobre o aluminio, sujetos por torres de alta tensión, en el caso de la transmisión aérea, o de cables donde el metal conductor

está cubierto por un aislante, en el caso de la transmisión subterránea o subacuática.

Cuando se ha transportado la energía hacia el lugar donde están los consumidores finales, esta se debe reducir de tensión para poder ser distribuida en condiciones adecuadas. Son las subestaciones eléctricas reductoras las encargadas de hacer esa reducción de tensión y la posterior distribución a toda la zona de consumo. Una vez reducida la tensión, la electricidad pasa a la red de reparto donde se distribuye hacia otras estaciones de transformación más pequeñas que se llaman estaciones de distribución, que nuevamente reducen la tensión hasta valores de media tensión, entre 1000 y 36000 V. Con este nivel de tensión ya se entrega electricidad a algunos consumidores finales, generalmente empresas y grandes consumidores, que reciben la electricidad con ese voltaje, aunque luego dentro de sus propias instalaciones deberán tener un transformador propio para transformar la electricidad a baja tensión, entre 110 y 240 V dependiendo el país, y poder realizar así sus actividades. Sin embargo, para los clientes domésticos se requiere todavía de una transformación más que se hace en centros de transformación, parte de la propia red de distribución, que serán los que generen corriente en baja tensión para distribuir a los hogares.

Como hemos comentado, todo este tránsito de electricidad desde los generadores a los consumidores finales genera pérdidas de electricidad. El transporte genera pérdidas en forma de calor y la transformación de la tensión también genera pérdidas, así que cuantos más procesos de transformación se produzcan más pérdidas habrá. Por tanto, un consumidor que reciba electricidad en media tensión habrá sufrido menores pérdidas respecto a la energía en origen que un consumidor doméstico que reciba la electricidad en baja tensión. También existen otras pérdidas que no son reales, sino que provienen de la energía que no se contabiliza como gastada al no medirse, por enganches ilegales, fraudes, errores en la medición u otras razones. Generalmente a los usuarios se les cobra estas pérdidas en función del nivel de tensión al que reciban la energía, aunque esto en cualquier caso es una decisión económica de distribución de costes.

No todos los países tienen las mismas pérdidas de electricidad, de hecho, son muy distintas. España, por ejemplo, tiene unas pérdidas medias del 10%, pero América Latina las tiene del 17%, la región del mundo que más pérdidas de electricidad padece. Generalmente los países más desarrollados y que tienen mejores



Esquema simplificado de una red de transporte y distribución eléctrica que muestra el tránsito de la corriente eléctrica desde su generación hasta su recepción por los consumidores finales. En este ejemplo solo hay dos reducciones de tensión antes de llegar al usuario final, algo que sucede en muchas ocasiones. Imagen cedida por EDP.

infraestructuras eléctricas, tienen menos pérdidas. Los países más pequeños también deberían tener menos pérdida por transporte, pero este efecto queda bastante diluido debido a que el 80% de las pérdidas se producen en la distribución eléctrica.

Existe un cuarto proceso en todo sistema eléctrico que es la comercialización de electricidad, donde los consumidores finales pagan por la energía consumida en función de sus contratos y del consumo que marcan sus aparatos de medida. Dependiendo de la legislación del país y la tipología de cliente, la comercialización puede hacerse bien con una compañía comercializadora a elección del cliente, bien con la compañía que distribuye la electricidad en esa zona, a precios regulados o a precios liberalizados (o parcialmente liberalizados, pues siempre hay partes reguladas).

En todo caso, el pago de la electricidad suele tener un componente fijo y uno variable. El fijo depende de la capacidad de demandar potencia, que puede ser un precio por KW contratado o bien una tasa fija en función de la tipología de cliente, mientras que el coste variable depende de los kWh consumidos. Para grandes clientes los contratos pueden ser más complejos y tener cláusulas de consumos mínimos, compromisos a largo plazo o fórmulas complejas para el cálculo de los precios finales.