

**La operación del sistema eléctrico en España hace posible que la electricidad llegue a tu hogar. Te contamos cómo se consigue, ¡al estilo Dummies!**

¿Te imaginas qué harías si te levantaras un día y no se prendiera la luz, si tu ordenador se negara a funcionar aunque lo encendieras y apagaras como recomiendan los informáticos en estos casos o, si tus electrodomésticos se declararan en huelga por falta de fluido eléctrico?

¿Te has preguntado alguna vez cómo opera el sistema eléctrico? ¿Cómo predice el consumo para satisfacer las necesidades de cada hogar? ¿Cómo interviene la tecnología en la gestión del sistema eléctrico? A estas preguntas te va a dar respuesta este libro.

- **La electricidad es un bien sin el que el mundo, tal como lo tenemos organizado y estructurado hoy, no podría funcionar**
- **Energías renovables:** Es cada día más apremiante usar como fuente de energía primaria recursos renovables. Cecre, entre otras funciones, se encarga de ello. Te invitamos a ponerte al día



Abre el libro y encontrarás

- La presencia constante de la electricidad en nuestro día a día
- Decálogo de principios
- Las necesidades del futuro: cómo generar más energía y cómo gestionar su demanda
- La información como base del control eléctrico
- Los retos para continuar garantizando y asegurando el suministro eléctrico

*¡El libro sobre electricidad para todos!*

*La operación del sistema eléctrico*

PARA

# La operación del sistema eléctrico PARA **DUMMIES®**

PARA  
**DUMMIES®**

## Aprende a:

- Descubrir cómo llega la electricidad a tu casa
- Conocer quién hace esto posible: Cecre y Ccre
- Comprender los retos de futuro de la operación del sistema
- Ser participante activo, puedes obtener información sobre el estado del sistema eléctrico en tiempo real y acercarte a sus iniciativas visitando su web







# *La Operación del Sistema Eléctrico*

PARA

DUMMIES<sup>TM</sup>



# *La Operación del Sistema Eléctrico*

PARA

DUMMIES<sup>TM</sup>

Edición publicada mediante acuerdo con Wiley Publishing Inc.

...For Dummies y los logos de Wiley Publishing, Inc. son marcas registradas utilizadas bajo licencia exclusiva de Wiley Publishing, Inc.

© Centro Libros PAPF, S.L.U., 2013  
Grupo Planeta  
Avda. Diagonal, 662-664  
08034-Barcelona  
© Red Eléctrica de España

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor.

La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal).

Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con CEDRO a través de la web [www.conlicencia.com](http://www.conlicencia.com) o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

Edición especial para Red Eléctrica de España, 2013

Depósito legal: B. 21.028-2013  
Impresión y encuadernación: HUERTAS

Impreso en España – *Printed in Spain*

[www.paradummies.es](http://www.paradummies.es)



## ¡La fórmula del éxito!

**T**omamos un tema de actualidad y de interés general, añadimos el nombre de un autor reconocido, montones de contenido útil y un formato fácil para el lector y a la vez divertido, y ahí tenemos un libro clásico de la colección Para Dummies.

**Millones de lectores satisfechos en todo el mundo coinciden en afirmar que la colección Para Dummies ha revolucionado la forma de aproximarse al conocimiento mediante libros que ofrecen contenido serio y profundo con un toque de informalidad y en lenguaje sencillo.**

**Los libros de la colección Para Dummies** están dirigidos a los lectores de todas las edades y niveles del conocimiento interesados en encontrar una manera profesional, directa y a la vez entretenida de aproximarse a la información que necesitan.



[www.paradummies.es](http://www.paradummies.es)  
[www.facebook.com/paradummies](http://www.facebook.com/paradummies)  
@ParaDummies

## ¡Entra a formar parte de la comunidad Dummies!

El sitio web de la colección Para Dummies está pensado para que tengas a mano toda la información que puedas necesitar sobre los libros publicados. Además, te permite conocer las últimas novedades antes de que se publiquen y acceder a muchos contenidos extra, por ejemplo, los audios de los libros de idiomas.

Desde nuestra página web, también puedes ponerte en contacto con nosotros para comentarnos todo lo que te apetezca, así como resolver tus dudas o consultas.

También puedes seguirnos en Facebook ([www.facebook.com/paradummies](http://www.facebook.com/paradummies)), un espacio donde intercambiar impresiones con otros lectores de la colección, y en Twitter @ParaDummies, para conocer en todo momento las últimas noticias del mundo Para Dummies.

### 10 cosas divertidas que puedes hacer en [www.paradummies.es](http://www.paradummies.es), en nuestra página en Facebook y en Twitter @ParaDummies

1. Consultar la lista completa de libros Para Dummies.
2. Descubrir las novedades que vayan publicándose.
3. Ponerte en contacto con la editorial.
4. Suscribirte a la Newsletter de novedades editoriales.
5. Trabajar con los contenidos extra, como los audios de los libros de idiomas.
6. Ponerte en contacto con otros lectores para intercambiar opiniones.
7. Comprar otros libros de la colección.
8. Publicar tus propias fotos en la página de Facebook.
9. Conocer otros libros publicados por el Grupo Planeta.
10. Informarte sobre promociones, descuentos, presentaciones de libros, etc.

Descubre nuestros interesantes y divertidos vídeos  
en nuestro canal de Youtube:

[www.youtube.com/paradummies](http://www.youtube.com/paradummies)

¡Los libros Para Dummies también están disponibles  
en e-book y en aplicación para iPad!

# Sumario

• • • • • • • • • • • • • • • • •

## *Introducción ..... 1*

Acerca de este libro.....	1
Cómo se organiza este libro .....	2
Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe? .....	2
Parte II: Cómo se opera el sistema eléctrico.....	3
Iconos empleados en este libro .....	3
Adónde ir a partir de aquí .....	4

## *Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe? ..... 5*

### **Capítulo 1: La era de la electricidad..... 7**

Somos electrodependientes .....	8
La chispa que mueve el mundo.....	10
La electricidad, esa gran desconocida.....	11
Se necesita, se produce .....	12

### **Capítulo 2: Cómo llega la energía a casa ..... 15**

Qué es el sistema eléctrico.....	16
El camino de la electricidad .....	18
Líneas de muy alta tensión .....	19
Una fuente de energía prioritaria.....	21
Cuánto hay que producir .....	23

<b>Capítulo 3: Red Eléctrica, una compañía pionera.....</b>	<b>25</b>
Transportista y operador .....	27
La propietaria de la red.....	28
La búsqueda de la excelencia .....	30
El compromiso con el desarrollo sostenible .....	30
Un decálogo de principios .....	32
<b>Capítulo 4: No te aísles, interconecta .....</b>	<b>35</b>
Todo son ventajas en la interconexión.....	35
Si el equilibrio se rompe.....	36
Interconexión es igual a seguridad .....	38
Una salida para las energías renovables .....	39
La puerta al gran sistema europeo .....	40
Un proyecto de interés europeo .....	41
La singularidad de las islas.....	42
El caso balear.....	42
El caso canario .....	44
<b>Parte II: Cómo se opera el sistema eléctrico.....</b>	<b>47</b>
<b>Capítulo 5: Demanda y producción van de la mano .....</b>	<b>49</b>
El equilibrio, que no se pierda .....	50
Nos vamos de pretemporada.....	51
La base de todo, una buena predicción.....	52

Predecir lo impredecible.....	53
La previsión a largo y medio plazo .....	54
La curva de la demanda .....	55
Lo que consumen nuestros hogares .....	56
Cambia tus hábitos .....	60
El caso de los grandes consumidores .....	61
<b>Capítulo 6: Las necesidades del futuro .....</b>	<b>63</b>
Energía, más energía, y más centrales .....	64
La dependencia eléctrica crece.....	64
Hay que adelantarse a los acontecimientos .....	65
Simulaciones para intuir el futuro .....	66
No basta con generar energía, hay que transportarla.....	67
Planificar por ley .....	70
Quién accede a la red .....	71
La programación a medio plazo .....	73
<b>Capítulo 7: Un partido con muchas fases .....</b>	<b>75</b>
La programación diaria.....	76
El mercado de electricidad .....	76
Restricciones técnicas.....	77
Servicios de ajuste del sistema .....	80
Juego en tiempo real .....	81
Los mercados intradiarios .....	83
El mercado de gestión de desvíos .....	84
La reserva de regulación terciaria .....	84
e-sios: una herramienta básica.....	86
El árbitro pita el final.....	87

**Capítulo 8: La frecuencia que no cesa ..... 89**

La magnitud de la repetición.....	90
Todo debe ser medido .....	91
La frecuencia, mejor controlada.....	92
El tandem eléctrico .....	93
El tandem se reduce .....	94
¡El generador se ha desconectado! .....	94
La frecuencia en los sistemas pequeños .....	95
El operador vigila .....	97

**Capítulo 9: El Centro de Control Eléctrico ..... 99**

El gestor del equilibrio del sistema .....	100
La información, la base de todo.....	101
La tecnología al rescate.....	102
“Vacunas” contra las anomalías .....	104
La información llega al centro de control.....	105
Las previsiones de demanda.....	106
El mantenimiento de la red.....	107
Los ojos del operador del sistema en las islas .....	109

**Capítulo 10: El Centro de Control  
de Régimen Especial ..... 113**

Un régimen muy especial.....	114
Y en el principio fue Eolo.....	114
La singularidad eólica.....	115
Una unidad dentro del Cecre.....	117
Cómo opera el Cecre .....	118
Órdenes que no se discuten .....	119
La interconexión no tiene precio.....	121

**Capítulo 11: Cuando acaba el partido..... 123**

Una herramienta llamada Simel .....	123
Los puntos frontera .....	125
De los puntos frontera a los puntos de medida.....	126
Inspeccionar y verificar.....	128
El concentrador recoge la información .....	129
El concentrador principal .....	129
Los concentradores secundarios.....	131
Quién cobra y quién paga. Las liquidaciones ...	133
Los desvíos también cuentan.....	133

**Capítulo 12: Los retos de Red Eléctrica..... 137**

La garantía y seguridad en el suministro eléctrico.....	138
El refuerzo de las interconexiones con Europa .....	139
El desarrollo de las superredes eléctricas .....	139
El vehículo eléctrico .....	140
Las redes inteligentes.....	141
La reducción de la dependencia energética.....	142
El almacenamiento energético .....	143
El incremento del papel del ciudadano .....	144



# Introducción

• • • • • • • • • • • • • • •

**L**a electricidad es un bien indispensable sin el cual el mundo, tal como lo tenemos organizado y estructurado hoy, no podría funcionar. ¿Qué sería de nosotros si al llegar a casa pulsáramos el interruptor y la bombilla permaneciera apagada? ¿O si nuestro ordenador, nuestro frigorífico o internet se quedaran sin vida por falta de fluido eléctrico? No se acabaría el mundo, por supuesto, pues en su larga historia la humanidad ha vivido más tiempo sin electricidad que con ella, pero seguro que nuestra vida iba a experimentar un cambio muy radical.

Vivimos, pues, en un mundo no sólo electrificado, sino que cada vez se electrifica más y más. Y a pesar de ello, ¿te has preguntado alguna vez cómo llega esa energía hasta tu casa? Sí, la respuesta es obvia: por unos enchufes alimentados por unos cables. Pero ¿y éstos? ¿Cómo es ese viaje de la electricidad desde el lugar donde se genera hasta que llega al consumidor? Esa pregunta es la que intenta responder este libro.

## *Acerca de este libro*

En España, la electricidad llega a los hogares, las oficinas, el alumbrado público o cualquier otro punto de consumo desde las centrales generado-

## **2 La Operación del Sistema Eléctrico para Dummies**

ras gracias a Red Eléctrica de España, una compañía que es titular y gestiona la red de transporte y es la responsable de la operación del sistema eléctrico. Esta última función es, precisamente, la que se va a tratar a lo largo de estas páginas y consiste, ni más ni menos, en la búsqueda del equilibrio entre la producción y el consumo eléctricos a fin de garantizar el buen funcionamiento del sistema eléctrico para que éste no se colapse ni se sobrecargue, y para que los consumidores puedan recibir la energía eléctrica que necesitan con calidad y seguridad. Sólo hace falta que pienses en los millones de consumidores que hay en nuestro país para hacerte una idea del alcance de una operación que, por si fuera poco, no conoce tregua: requiere estar al pie del cañón las 24 horas del día y los 365 días del año.

### ***Cómo se organiza este libro***

Los libros de la colección *Para Dummies* siguen todos una estructura similar, que consta de partes independientes entre sí. En este caso, son dos las que vas a encontrar.

#### ***Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe?***

En esta parte vamos a conocer a la empresa responsable tanto del transporte como de la operación del sistema eléctrico, Red Eléctrica de España. En sus diferentes capítulos aprenderás todo lo

que necesitas saber sobre el sistema eléctrico y la electricidad, desde que se genera en las centrales (térmicas, nucleares o de energías renovables) hasta que llega a tu casa.

## *Parte II: Cómo se opera el sistema eléctrico*

En los capítulos que integran esta segunda parte nos detendremos en la operación del sistema eléctrico propiamente dicha. Después de explicarte en qué consiste y de ver cómo funciona la previsión de la demanda, te presentaré dos centros sin los cuales esta operación no podría llevarse a cabo: son el Centro de Control Eléctrico (Cecoe) y el Centro de Control de Régimen Especial (Cecre), este último, una iniciativa pionera en su género dedicada a la gestión de las energías renovables.

## *Iconos empleados en este libro*

En los márgenes de este libro encontrarás unos pequeños iconos a modo de señales de tráfico que, como tales, están ahí para guiarte en la lectura y llamar tu atención sobre distintas cuestiones, algunas relevantes, otras curiosas y otras para nota. Son los siguientes:



Indica algún aspecto en el que la compañía es pionera o líder en su sector.



Bajo este ícono encontrarás informaciones, muchas de ellas curiosas, que te ayudarán a entender

## **4 La Operación del Sistema Eléctrico para Dummies**

y visualizar mejor el tema que se esté tratando en ese momento.



Se trata, como su nombre indica, de especificaciones más técnicas que quizás requieran de ciertos conocimientos previos sobre la materia.



Este ícono marca el compromiso de Red Eléctrica por el desarrollo de un sistema eléctrico sostenible.

### *Adónde ir a partir de aquí*

La estructura de este libro te permite empezar a leerlo de la primera a la última página, o también, si lo deseas, ir directamente a los capítulos que te interesen y comenzar por ahí. Está organizado por partes y capítulos para que puedas leerlo de la manera que más te guste. ¡Tú mandas!

# **Parte I**

---

## **¿Quién está detrás de mi enchufe?**

### ***En esta parte...***

**E**n nuestra vida diaria estamos tan habituados a disponer de electricidad que la sola idea de que nos falte nos parece algo tan imposible como inimaginable. Y, sin embargo, fuera del ámbito especializado, esa energía que pone en marcha nuestro mundo es una gran desconocida. ¿Sabes, por ejemplo, cómo llega a nuestras casas desde las centrales de generación?

Es una pregunta que se contesta rápido: llega gracias a Red Eléctrica de España, una compañía que, además de ser la dueña de la red de transporte de nuestro país, tiene como misión fundamental encargarse de la operación del sistema eléctrico. Pero sobre esto ya habrá tiempo de extenderse en la segunda parte de este libro. En esta primera vamos a conocer quién es Red Eléctrica.



# Capítulo 1

## La era de la electricidad

### ***En este capítulo***

- Un filósofo griego y un trozo de ámbar
- Inventos que cambiaron el mundo
- La electricidad no se puede almacenar

**D**eja que empiece este capítulo con una adivinanza: ¿qué tiene que ver la electricidad con el ámbar? Y no me refiero a la luz intermitente que indica precaución en un semáforo, sino a esa resina vegetal fosilizada que tan bien queda en colgantes, pulseras y vitrinas de museos de ciencias naturales. ¿Te rindes?

La respuesta se halla en el nombre griego de esa resina: *elektron*.

Obviamente, la palabra “electricidad” deriva de ella. Ahora bien, sin duda te preguntarás qué cúmulo de extraordinarias circunstancias fue capaz de provocar que un término referido al ámbar

## 8 Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe? \_\_\_\_\_

acabara por dar nombre a la energía que mueve nuestro mundo.



Para averiguarlo tenemos que retroceder en el tiempo hasta la Grecia del siglo VI a.C. Allí, al filósofo Tales de Mileto, un tipo curioso donde los haya, se le ocurrió un día ponerse a frotar un fragmento de ámbar amarillo con un trozo de tela o de piel. Una absurdidad como cualquier otra, pero que le permitió descubrir un misterioso poder de atracción. Frotaba y frotaba, y la tela (un retal de lana, por ejemplo) era capaz de atraer hacia ella pequeños objetos. Y si frotaba más y más y más, incluso saltaba alguna chispa. Sin él saberlo, había observado por vez primera el fenómeno que hoy conocemos como electricidad.

Pero no acaba aquí la cosa, pues la dichosa resina acabó dando nombre también a la partícula atómica que todos conocemos: el *electrón*.

### **Somos electrodependientes**

Aunque no sabemos qué pensó Tales de Mileto sobre los resultados de su experimento, lo cierto es que difícilmente podría imaginarse lo que la electricidad iba a dar de sí. Y es que, hasta que ésta vino a instalarse para siempre en nuestras vidas, hubo de transcurrir un trecho de varios siglos.



De hecho, es sobre todo a partir del siglo XVIII cuando el estudio de la electricidad empieza a

cobrar brío entre los investigadores, si bien en aquel tiempo sus aplicaciones prácticas no dejaban de ser un tanto variopintas. Es el caso del *galvanismo*, teoría acuñada por el médico y físico italiano Luigi Galvani, que pregonaba que el fluido eléctrico podía ser usado para sanar las enfermedades corporales y espirituales. Sus elucubraciones causaron tanto furor que su eco se percibe en uno de los clásicos de terror de todos los tiempos, el *Frankenstein* de Mary Shelley. Sólo que aquí la aplicación de la electricidad, más que curar, lo que hace es dar vida a un monstruo...

De este mismo período datan también las investigaciones de Alessandro Volta, el inventor de la pila eléctrica; de Benjamin Franklin, que demostró que los rayos de las tormentas son electricidad, o de André-Marie Ampère, quien dio a conocer conceptos hoy tan usuales como *corriente eléctrica* o *tensión eléctrica*, además de dar nombre al *amperio*, la unidad de medida de la intensidad eléctrica.

Los descubrimientos de todos ellos empezaron a tener aplicaciones prácticas ya en el siglo XIX. El telégrafo eléctrico de Samuel Morse, por ejemplo, revolucionó a partir de 1833 el campo de las telecomunicaciones, y otro tanto podría decirse del teléfono patentado por Alexander Graham Bell en 1876, seguido casi de inmediato por el fonógrafo y la bombilla de Thomas Alva Edison.

Estos y otros muchos inventos, unidos a la aplicación de la electricidad a la industria, abrieron paso

## 10 Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe? \_\_\_\_\_

a una nueva era caracterizada por un progreso tecnológico vertiginoso, similar al que encontramos en esta segunda década del siglo XXI.

### *La chispa que mueve el mundo*

Hoy la electricidad es algo tan presente en nuestras vidas que, paradójicamente, se ha vuelto invisible. Sólo nos acordamos de ella cuando nos falta y cuando nos llega la factura. El resto del tiempo ni siquiera reparamos en hasta qué punto dependemos de que ese fluido llegue correctamente a nuestras casas, calles y empresas. Pero sólo hace falta que eches un vistazo a tu alrededor para ver la cantidad de cosas y artilugios absolutamente indispensables que, sin su chispa, no son más que cachivaches inservibles.

En casa, elementos básicos como las lámparas, el frigorífico, el microondas, el aire acondicionado, el lavavajillas, el despertador, la aspiradora, la plancha, el secador o la tostadora tienen sentido gracias a la electricidad, sin olvidar el ordenador, el televisor, el DVD, el aparato de música, el móvil... O el ascensor. Y lo mismo pasa en tu trabajo o en la misma calle: los semáforos, los cajeros automáticos, la iluminación, las estaciones, el metro, el aeropuerto... En fin, ¿para qué seguir? Si incluso podría darse el caso que estuvieras leyendo este libro en un *e-book* que necesite ser periódicamente recargado de energía!

Sin electricidad, las fábricas se paralizarían y las ciudades se apagarían. Dicho en otras palabras,

nuestra vida retrocedería a los estándares de principios del siglo XIX. ¿Te lo imaginas?

Si tenías alguna duda, quítatela: somos electrodependientes.

## *La electricidad, esa gran desconocida*

Sabemos ya de dónde viene su nombre, algunas curiosidades históricas y su importancia en nuestro estilo de vida. Pero, aparte de eso, ¿qué más sabemos de la electricidad?

Si somos sinceros, la mayoría responderemos que poco más que nada, igual que ocurre con tantas otras cosas que estamos tan habituados a ver (aunque la electricidad en un sentido literal no se vea) y utilizar que ni nos planteamos el porqué de su existencia. Lo único que nos importa es que, cuando pulsemos el interruptor, la bombilla se encienda y que el televisor no se apague justo en el momento en que nuestro equipo va a marcar un gol o en el que el héroe de la película está a punto de ser liquidado por el villano.

Sin embargo, sin duda sí que sabes que la electricidad se genera de distintos modos:

- ✓ A partir de combustibles fósiles (carbón, gas natural, petróleo, etc.), en las centrales térmicas clásicas.
- ✓ Con energía atómica, en las centrales nucleares.

## 12 Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe? \_\_\_\_\_

- ✓ Gracias a fuentes de energía renovables (agua, viento, sol, biomasa, etc.).

Y sabes también que esa electricidad es transportada, distribuida y llevada hasta nuestras casas por unas compañías, del mismo modo que sabes que puntualmente te llega cumplida factura.

Pero, desde que nace hasta que llega a casa, ¿qué pasa con la electricidad?, ¿qué camino sigue? De eso precisamente trata este libro, pues es ahí donde entra en juego una compañía llamada Red Eléctrica de España (REE). Ella es la dueña de la red de transporte de nuestro país y la encargada de la operación del sistema eléctrico.

### *Se necesita, se produce*

Si estás ansioso por saber ya más cosas sobre Red Eléctrica de España, te emplazo a que pases al capítulo 3. Pero jesperal, que este capítulo aún no ha acabado y precisamente quiero hablarte de un detalle muy interesante sin el cual no se entendería el papel crucial desempeñado por esa compañía.



Llámalo inconveniente, si quieras, pero una de las cosas que tiene la electricidad es que no se puede almacenar en grandes cantidades. Así que si pensabas que las centrales se dedican a generar una buena cantidad de electricidad y, acto seguido, a meterla en unos depósitos y a recurrir a ellos cuando es necesario, ya puedes olvidarte. ¡Eso sería muy fácil!

¿Y las pilas? Es verdad, se trata de pequeños depósitos que convierten la energía química en eléctrica. Pero eso sólo funciona en dispositivos a pequeña escala. Y si piensas en una batería, como la del coche o el móvil, olvídate también, porque, como ya sabes, periódicamente hay que recargarla de electricidad.

No, la electricidad no es como la gasolina, que se elabora a partir del petróleo y luego se deposita en tanques y se distribuye por las distintas gasolineras. **La electricidad se genera en el momento en que se necesita.** Por eso, un gesto tan cotidiano como pulsar un interruptor lo que hace es desencadenar un sofisticado proceso que comienza en las centrales de producción donde se genera la energía eléctrica, para después transformarla elevando su tensión para poder transportarla hasta las subestaciones de las redes de distribución, donde es de nuevo transformada bajando su nivel de tensión al necesario para cada tipo de consumo. Es entonces cuando la electricidad llega a tu casa y se obra el milagro de que la luz se encienda en cuanto pulsas el interruptor.

Lo has adivinado: todo ese proceso es posible gracias a Red Eléctrica.



# Capítulo 2

## Cómo llega la energía a casa

---

### *En este capítulo*

- ▶ Qué es eso que llamamos sistema eléctrico
  - ▶ La electricidad, una fuente de energía secundaria
  - ▶ Los tipos de centrales donde se genera la electricidad
- 

**A**ntes de adentrarnos en la gestión de la operación del sistema eléctrico, a la que se dedica toda la segunda parte de este libro, quizás estaría bien empezar por el principio y conocer qué es un sistema eléctrico. Así pues, precisamente el sistema eléctrico va a ser el protagonista de las próximas páginas. (Si lo que quieras es saber más sobre Red Eléctrica, pasa directamente al capítulo 3.)



## Qué es el sistema eléctrico

Un sistema eléctrico es el conjunto de elementos que operan de forma coordinada en un determinado territorio para satisfacer la demanda de energía eléctrica. Así de fácil.

Siete son los componentes básicos de este sistema en España:

- ✓ Los centros o plantas de generación, donde se produce la electricidad y se eleva la tensión para transportarla.
- ✓ Las líneas de transporte de la energía eléctrica de alta tensión, que gestiona, desarrolla y mantiene Red Eléctrica de España.
- ✓ Las estaciones transformadoras (subestaciones de transporte o distribución) que reducen la tensión o el voltaje de la línea.
- ✓ Las líneas de distribución de media y baja tensión que llevan la electricidad hasta los consumidores.
- ✓ Las instalaciones de los clientes o consumidores de energía eléctrica.
- ✓ Los centros de control de las empresas generadoras, distribuidoras y comercializadoras.
- ✓ Un centro de control eléctrico nacional desde el que se gestiona, coordina y opera el sistema eléctrico, y que está gestionado también por Red Eléctrica.

No te creas que con esto está dicho todo, porque un sistema eléctrico no sería tal sin la parti-

pación de los actores de los que te hablo a continuación:

- ✓ **Generadores:** Son los agentes que producen energía eléctrica, independientemente del tipo de tecnología que utilicen para ello. La generación es una actividad liberalizada.
- ✓ **Transportista:** Es la empresa que transporta la electricidad desde las centrales donde se produce hasta los centros de consumo donde se entrega a los distribuidores. En España, por ley, hay un transportista único, que es Red Eléctrica de España.
- ✓ **Operador del sistema:** Es la empresa, en este caso también Red Eléctrica, que se encarga de que todo el proceso de la operación del sistema eléctrico funcione como la seda. La clave, conseguir el equilibrio entre la generación y el consumo de energía.
- ✓ **Distribuidores:** Son las compañías que llevan la electricidad hasta los clientes finales: las calles, los hogares, las empresas, etc., una vez la reciben del transportista en las subestaciones anexas a los grandes centros de consumo. Aunque hay numerosas empresas que ejercen esta actividad, en cada área de España sólo puede haber un distribuidor. O, lo que es lo mismo, hasta nuestra casa sólo pueden llegar los cables de una empresa.
- ✓ **Comercializadores:** Como su propio nombre indica, son los agentes que comercian con la energía. La compran en el mercado eléctrico

## 18 Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe? \_\_\_\_\_

y la venden a los consumidores. Son ellos los que nos pasan el recibo de la luz. La suya también es una actividad liberalizada.

- ✓ **Consumidores:** O sea, tú y cualquier otra persona o empresa que en un momento dado consume electricidad.

Del perfecto funcionamiento y coordinación de todos estos agentes depende que el aparato que has enchufado se encienda o no. Con la dificultad añadida de que el sistema eléctrico opera en tiempo real ¡todos los días del año y las 24 horas del día!, y ello por la sencilla razón de que la energía no se puede almacenar en grandes cantidades, por lo que cualquier pausa en el proceso acarrea una interrupción del suministro.

¿Te puedes imaginar el caos que se formaría?

### *El camino de la electricidad*

Bien, conocemos los elementos básicos y los actores. Pero ¿y el papel que interpretan?

Ponte en situación: imagínate que llegas a casa después de un largo día de trabajo. Te pones cómodo y, bien instalado en el sofá, enciendes el televisor. En ese momento empiezas a consumir energía eléctrica. (Es una licencia poética, porque en realidad habrás empezado antes, pues a lo mejor es de noche y has encendido la luz, o aunque sea de día, hay electrodomésticos, como el frigorífico, que no dejan de consumir, estés o no en casa.)

En el mismo instante en que pulsas el interruptor, una o varias centrales del sistema eléctrico han de incrementar su generación para cubrir tu demanda. Y dado que esas centrales están ubicadas lejos de los centros de consumo, no queda otra que llevar la electricidad desde su origen hasta tu televisor.

### *Líneas de muy alta tensión*

Las autopistas por las que circula esa energía son las grandes líneas de muy alta tensión, que llegan hasta las subestaciones de transformación colindantes con las de la red de distribución. El nombre de subestaciones de transformación no es gratuito, pues en ellas la electricidad efectivamente se transforma en el sentido que reduce el valor de la tensión y comienza a fluir por la red de distribución, ahora a media tensión. De ese modo, llegará hasta el centro de transformación ubicado en tu barrio, donde aún reduce más su tensión para que pueda llegar a tu casa y tu televisor pueda recibir la de forma vivificadora. Es entonces cuando se produce el milagro y la pantalla se enciende.

Red Eléctrica, a través de su Centro de Control Eléctrico (Cecotel), del que te hablaré en el capítulo 9, es la responsable de que ese milagro se produzca sin sorpresas y de ajustar en todo momento el equilibrio entre generación y consumo eléctricos, así como de su transporte hasta las redes de distribución con las máximas condiciones de calidad y seguridad exigibles, y al menor coste posible.



## Los parámetros de la electricidad

La electricidad transportada debe cumplir unos parámetros físicos: la intensidad, la tensión y la frecuencia. Cada uno de ellos se mide de distinto modo.

La **intensidad** es la cantidad de cargas eléctricas que circulan por un conductor por unidad de tiempo. Su unidad de medida en el sistema internacional es el amperio (A).

La **tensión** o **voltaje** es el trabajo que debe aplicarse para mover cargas eléctricas entre dos puntos, es decir, la fuerza que impulsa los electrones. Su unidad de medida es el voltio (V).

La **frecuencia** es el número de veces que se repite la señal en un determinado tiempo. Su unidad de medida es el hercio o Hertz (Hz). En Europa la frecuencia tiene un valor de 50 hercios, mientras que en Estados Unidos y Canadá es de 60 Hz.

¿Y el **vatio**? Representado como W, es la **unidad de potencia**; la potencia se obtiene de multiplicar la tensión por la intensidad. Pero para saber cuánta electricidad se ha consumido, el parámetro es la **energía** (la unidad es el W por el tiempo, por ejemplo Wh), que es lo que registra el contador eléctrico que tienes en casa y a partir del cual la compañía emite la factura de la energía que has gastado.

## Una fuente de energía prioritaria

Aclarado todo esto, creo que estás preparado para acompañar a la electricidad a los sitios donde se genera: las centrales.

A diferencia de otros recursos, como el carbón o el petróleo, no hay minas ni yacimientos de electricidad a los que podamos recurrir. Y su manifestación más espectacular en la naturaleza (los rayos y relámpagos que acompañan toda tormenta digna de tal nombre) no es precisamente algo que pueda llegar a ser considerado una fuente energética atractiva, aunque sólo sea por su imprevisibilidad...



Por tanto, no hay otra: Si queremos electricidad, tenemos que generarla artificialmente y por eso, precisamente, se dice que es una *fuente de energía secundaria*: porque dependemos de una primaria para hacerla realidad. La suerte: que hay muchas formas de producirla, si bien es cierto también que unas son más respetuosas con el medioambiente que otras. Aquí las tienes:

- ✓ **Centrales térmicas:** Las hay de distintos tipos, según el material de que se alimenten: combustibles fósiles (carbón, fuel, gas natural), residuos urbanos o biomasa, sin olvidar las de ciclo combinado. Su quema produce también un vapor a presión que mueve una turbina conectada a un generador.
- ✓ **Centrales nucleares o atómicas:** Operan mediante la fisión de un combustible nuclear (uranio o plutonio, por ejemplo) que, al generar

## 22 Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe? \_\_\_\_\_

vapor a presión, pone en marcha una turbina conectada a un generador que es el que produce la electricidad que luego pasa a la red.

- ✓ **Centrales “atmosféricas”:** Son aquellas que utilizan recursos como el agua embalsada o el viento. En este caso, las paletas de la turbina hidráulica o las hélices del aerogenerador mueven directamente la turbina que alimenta el generador. La electricidad así producida pasa entonces a la red.
- ✓ **Centrales fotovoltaicas:** La energía contenida en los fotones de la luz solar se convierte directamente en electricidad y pasa así a la red.

Si te fijas, excepto el último tipo de central, el resto cuenta con dos elementos clave:

- ✓ **La turbina:** Es la pieza que transforma el calor o el movimiento producido por la fuente de energía primaria en energía mecánica.
- ✓ **El alternador:** Es el que convierte la energía mecánica en electricidad.



Los dos últimos tipos de centrales entran dentro de la categoría de energías renovables y cada vez gozan de más peso dentro de la producción eléctrica. El operador del sistema, por ejemplo, trabaja continuamente en su integración en el sistema, aunque entre las funciones de la compañía no figure la de generar electricidad, sino la de transportarla y encargarse de que la operación de sistema funcione a la perfección.



## Las fuentes de energía renovables en España

En nuestro país, la producción de electricidad recae sobre todo en un tipo de tecnología muy efectiva pero que no favorece al medioambiente: las centrales térmicas de carbón, ciclo combinado y fuel/gas, a las que hay que añadir las centrales nucleares. Todas ellas suman una potencia conjunta de unos 50.000 MW.

Pero en la última década se ha incrementado el papel de las centrales que utilizan otro tipo de recursos energéticos que entran dentro de la categoría de fuentes de energía renovables, como la eólica o la solar, que se suman a la hidráulica, muy arrraigada desde hace décadas. Un dato: la energía eólica ha conocido un desarrollo espectacular, pues en 2012 ya ha representado el 18,1 % de toda la producción.

Las energías renovables suman hoy unos 45.000 MW. Y la intención es que no se queden ahí, sino que su protagonismo vaya en aumento para lograr un desarrollo más sostenible y respetuoso con el planeta.

### *Cuánto hay que producir*

Ahora bien, quizás te preguntes cómo lo hacen las centrales eléctricas para calcular cuánta energía han de producir, pues, como ya sabes, la electri-

## 24 Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe? \_\_\_\_\_

ciudad no se almacena, al menos en grandes cantidades.

Es una buena pregunta. La electricidad hay que producirla justo en el momento en que se está consumiendo. Cuando una bombilla se enciende hay, al menos, una central que incrementará su producción para procurar la energía demandada. Y cuando esa bombilla se apaga, esta misma central u otra reducirá su producción. Para lograr el deseado equilibrio entre generación y consumo no hay más remedio que hacer una buena previsión de la demanda de electricidad, algo que recae en el Centro de Control Eléctrico, el Cecoel, sobre el que te hablaré largo y tendido en el capítulo 9.

# Capítulo 3

## **Red Eléctrica, una compañía pionera**

• •

### ***En este capítulo***

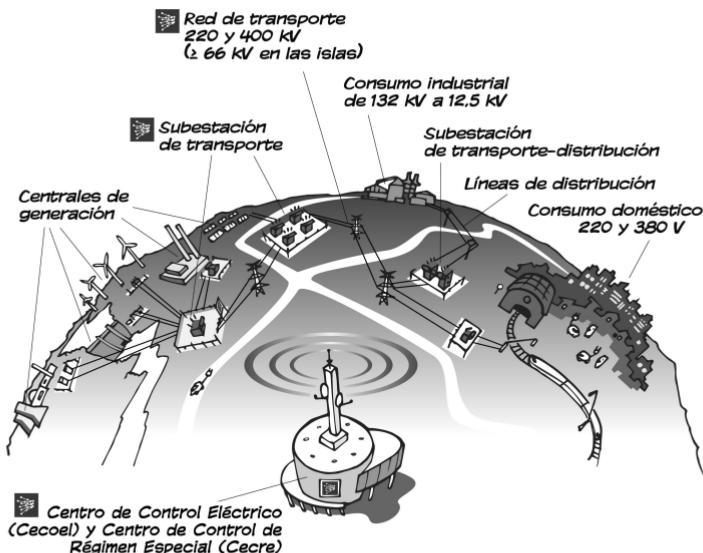
- ▶ La pieza clave del funcionamiento del sistema eléctrico español
  - ▶ La propietaria del tendido eléctrico de la Península y las islas
  - ▶ Una compañía ética, sostenible y responsable
- • • • • • • • • • • • • • • • •

**A**unque hace ya dos capítulos que te hablo de ella, de Red Eléctrica de España, lo cierto es que aún no te la he presentado como es debido. Toca, pues, no demorar más las presentaciones.

Red Eléctrica de España nació en 1985 en aplicación de la Ley 49/1984, de 26 de diciembre. ¿Y qué dice esta ley? Pues establece que la explotación unificada del sistema eléctrico nacional a través de una red de alta tensión es un servicio público de titularidad estatal. Y no se queda ahí, pues encierra la gestión del servicio y la ejecución de las funciones y actividades que comporta a una nueva

## 26 Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe? \_\_\_\_\_

sociedad. Red Eléctrica se convirtió así en la primera empresa en el mundo dedicada en exclusividad al transporte de energía eléctrica y a la operación de sistemas eléctricos. Posteriormente leyes adaptaron la realidad de Red Eléctrica a la normativa europea y confirmaron el papel de la compañía como transportista único y operador del sistema eléctrico español consolidándose así como un TSO (Transmission System Operator).



## Transportista y operador



De todo lo dicho se desprende que dos son las principales funciones de Red Eléctrica:

- ✓ Por un lado, transporta la energía eléctrica en alta tensión. Para ello, gestiona las infraestructuras eléctricas que componen la red de transporte y conectan las centrales de generación con los puntos de distribución a los consumidores. Además, es responsable del desarrollo y ampliación de la red, de mantenerla, de gestionar el tránsito de electricidad entre la Península y sistemas vecinos y de garantizar el acceso de terceros a la red de transporte en condiciones de igualdad.
- ✓ Red Eléctrica opera el sistema eléctrico español, tanto en la Península como en los sistemas insulares y extrapeninsulares, garantizando en todo momento la seguridad y la continuidad del suministro.

Para ayudarte a visualizarlo mejor, imagínate la torre de control de un aeropuerto, donde se coordinan los distintos vuelos, aterrizajes y despegues. En una palabra, el tránsito aéreo. Pues Red Eléctrica hace exactamente lo mismo que esa torre de control pero en la red eléctrica. Desde el Centro de Control Eléctrico, el Cecoel (puedes saber más sobre él en el capítulo 9) se coordina todo el tránsito de energía por nuestro país y con nuestros vecinos.

## 28 Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe? \_\_\_\_\_

### *La propietaria de la red*

Dado que sobre la operación del sistema eléctrico ya habrá ocasión de hablar a partir del capítulo 5, por ahora será interesante detenerse un rato a explicar esa otra función que desarrolla Red Eléctrica, la referida al transporte.



Las cifras son aquí mareantes, pues Red Eléctrica es la propietaria de:

- ✓ 41.229 km de líneas eléctricas de alta tensión, divididas en:
  - 39.886 km de líneas aéreas,
  - 741 km de cables subterráneos,
  - 502 km de cables submarinos,
- ✓ 5.053 posiciones de subestaciones.
- ✓ 78.050 MVA de capacidad de transformación.

Y no se queda ahí la cosa. Además de propietaria de esta red, la compañía es, como decíamos en el apartado anterior, la responsable de su desarrollo y ampliación, de llevar a cabo su mantenimiento, de gestionar el tránsito de electricidad entre sistemas exteriores y la Península, y de garantizar el acceso de terceros a la red de transporte en régimen de igualdad. Es decir, que todas las compañías de generación, distribución y comercialización de electricidad reciban el mismo trato. Entre ellas, en función de las leyes del libre mercado, ya tendrán ocasión de competir, pero Red Eléctrica ha de mantenerse dentro de la más estricta neutralidad.



## Red mallada, los distintos caminos de la electricidad

La electricidad necesita un sistema de transporte para llegar hasta los centros de consumo; en la Península esta red está formada por instalaciones de tensión igual o superior a 220 kV, además de las interconexiones internacionales, independientemente de su nivel de tensión. Este transporte se realiza mediante una extensa red mallada de líneas eléctricas de diferente tensión o voltaje, que conectan los centros de producción con los puntos de consumo distribuidos por todo el territorio.

La red de transporte de electricidad tiene más de 40.000 km de líneas de alta tensión y más de 600 subestaciones que conectan entre sí varias líneas eléctricas para conseguir una red mallada, bien directamente, si son de la misma tensión, o mediante transformadores, si son de tensiones diferentes. Esta red mallada permite que la electricidad pueda fluir por caminos alternativos en el caso de que se produzca un incidente en algún punto de la red, garantizando así la continuidad del suministro eléctrico.

El objetivo último es ofrecer unos índices de calidad de servicio de máximo nivel al sistema eléctrico. Y todo indica que Red Eléctrica de España lo consigue.

## *La búsqueda de la excelencia*



Pero el compromiso de Red Eléctrica va mucho más allá de la mera gestión del transporte y la operación del sistema eléctrico. Desde su creación y, sobre todo, a partir de su **privatización, en 1999**, la compañía se marcó el objetivo de ser un referente en los mercados en los que opera. Así, ese mismo año **adoptó el modelo de gestión EFQM (European Foundation for Quality Management)**, un estándar europeo de medida del liderazgo, la innovación y la competitividad empresarial.

Los resultados no se hicieron esperar y en 2003 Red Eléctrica se convirtió en la primera empresa eléctrica española en obtener el Sello de Excelencia Europea +500, que renovó en los años 2005, 2007, 2009 y 2011. Y no ha sido la única distinción: en 2005, la compañía recibió el premio Príncipe Felipe a la Excelencia Empresarial. Y en 2011, el Premio Europeo de Excelencia Empresarial, EFQM en la categoría “Asumir la responsabilidad de un futuro sostenible”.

## *El compromiso con el desarrollo sostenible*



Este último premio es especialmente interesante, pues pone de relieve la preocupación de Red Eléctrica por el desarrollo sostenible y la lucha contra el cambio climático. ¿Y cómo se plasma eso? Pues en actuaciones como:

✓ **La integración de las energías renovables:**

La apuesta europea y nacional por estas energías (hidráulica, eólica, solar y biomasa), que generan electricidad sin emisión de gases de efecto invernadero y utilizan recursos autóctonos, permitirá reducir nuestra dependencia energética exterior.

✓ **La eficiencia energética:** El impulso de iniciativas de gestión de la demanda persigue lograr una mayor eficiencia, tanto en la operación del sistema eléctrico como en los propios consumos energéticos.

✓ **La reducción de emisiones:** En 2012, la tasa de emisiones asociadas a los equipos de subestaciones, principalmente de SF<sub>6</sub>, se consiguió reducir hasta el 0,99 %, lo que prácticamente significa alcanzar el objetivo del 1 % marcado para 2015.

✓ **La protección del arbolado:** La compensación de emisiones se lleva a cabo a través del Bosque de Red Eléctrica, un proyecto de reforestación con el que se han compensado más de 60.000 toneladas de CO<sub>2</sub> en sus cinco años de funcionamiento.

✓ **La adaptación al cambio climático:** Red Eléctrica evalúa constantemente los riesgos potenciales que el cambio climático pudiera tener sobre su actividad como transportista y operador del sistema eléctrico, al mismo tiempo que prepara actuaciones para hacer frente a los riesgos ya identificados.

## 32 Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe? \_\_\_\_\_

- ✓ **La extensión del compromiso de la compañía a los grupos de interés:** O lo que es lo mismo, una política de comunicación de la huella de carbono de Red Eléctrica, de colaboración en iniciativas de lucha contra el cambio climático, de desarrollo de acciones de sensibilización...

El reto es cumplir el compromiso europeo del 20/20/20 para el año 2020. Es decir, reducir las emisiones de efecto invernadero en un 20 %, conseguir un 20 % de mejora en la eficiencia energética y lograr que el 20 % de toda la energía que consumimos sea de origen renovable.

### *Un decálogo de principios*



Todo ello se puede resumir en el siguiente decálogo que rige la gestión empresarial de Red Eléctrica:

- ✓ Mantener la independencia del resto de los agentes del sistema eléctrico.
- ✓ Ser neutrales y transparentes.
- ✓ Adoptar las mejores prácticas de buen gobierno corporativo.
- ✓ Buscar la excelencia empresarial.
- ✓ Minimizar el impacto de la actividad en el entorno, manteniendo un firme compromiso con el desarrollo sostenible.
- ✓ Proteger y conservar el entorno natural.
- ✓ Ofrecer a la sociedad un servicio de calidad, seguro y eficiente.

- ✓ Crear valor para todos los grupos de interés.
- ✓ Impulsar el diálogo, la integración y el desarrollo social.
- ✓ Construir una compañía basada en las personas.

Un equipo de 1.646 empleados altamente cualificados trabaja cada día para que esos principios sean una realidad y Red Eléctrica sea considerada una empresa puntera en su sector y cuya repercusión vaya más allá de su función de garantizar el transporte y la operación del suministro eléctrico. Es decir, de hacer posible el siempre renovado milagro de que la bombilla se encienda cuando pulsas el interruptor.



## Capítulo 4

# No te aísles, interconecta

### ***En este capítulo***

- ▶ Razones por las que es recomendable la interconexión internacional
- ▶ El proyecto de interconexión eléctrica con Francia
- ▶ La conexión eléctrica de la Península con los archipiélagos balear y canario

Cualquier desarrollo o actuación en el territorio, ya sea la apertura de una nueva línea de tren de alta velocidad o el crecimiento urbanístico, residencial o industrial, lleva consigo un incremento del consumo de energía eléctrica. ¡No podría ser de otro modo! ¿Y qué viene a decir eso? Pues que no queda otra que ampliar las redes de transporte de electricidad para dar cobertura a esas nuevas necesidades.

### ***Todo son ventajas en la interconexión***

Esa ampliación de las redes eléctricas a la que hacía referencia se da no sólo en el interior de la

## 36 Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe? \_\_\_\_\_

Península, sino también hacia el exterior. Y ello en dos direcciones: por un lado, hacia los países con los que compartimos fronteras y, por otro, hacia los dos grandes archipiélagos nacionales, el balear y el canario.



La razón de esa ampliación hacia el exterior es sencilla: un sistema eléctrico es más fuerte y seguro cuanto mayor tamaño tiene y cuanto mejor interconectado está. De ahí la necesidad de unir unos sistemas con otros. Eso, la interconexión entre sistemas eléctricos, es lo que permite garantizar el suministro eléctrico en un determinado territorio, bien ante contingencias importantes en el sistema, bien cuando un sistema no puede generar energía suficiente para cubrir la demanda, ya sea por una punta extraordinaria e imprevista de consumo (una ola de frío, por ejemplo) o por alguna avería grave en un centro de producción clave.

### *Si el equilibrio se rompe*

Te lo explico con un ejemplo: si un sistema se encuentra aislado y sufre la parada imprevista de un generador, la consecuencia lógica e inmediata es que se rompa el equilibrio que ha de existir entre la producción y la demanda de energía eléctrica.

En una situación así, los parámetros del sistema se ven alterados y pueden incluso provocar que la electricidad llegue a tu casa en unas condiciones de calidad inadecuada que afecten al correcto funcionamiento de tus electrodomésticos.

Es cierto que, en un caso así, el resto de generadores que sigue en funcionamiento intentará cubrir el déficit de modo instantáneo. Pero no es menos cierto que su trabajo será insuficiente para satisfacer toda la demanda. Es necesario, pues, que entre en funcionamiento un nuevo generador, y como estas máquinas, en función de su tecnología, no pueden arrancar de manera instantánea, el sistema permanecería en estas condiciones de régimen perturbado hasta que otro generador lograra estar por fin en situación de aportar la generación perdida. Algo que puede ser cosa de unos cuantos minutos o de varias horas...

Al final, y dado que el sistema es incapaz de mantenerse en un escenario así durante un tiempo indefinido, el procedimiento usual es el de desconectar temporalmente a los clientes, comenzando por los consumidores industriales que prestan dicho servicio de gestión de la demanda al sistema, hasta que el generador haya sido arrancado de nuevo.

Veamos un ejemplo: si el sistema eléctrico peninsular español no estuviera conectado a ningún país, tras la parada no prevista de un generador, sólo quedarían los generadores que estuvieran en funcionamiento para intentar cubrir el déficit de generación ocasionado. Los parámetros del sistema se verían alterados de una manera importante.

Pues esto es lo que pasa si se depende de un sistema aislado.

## ***Interconexión es igual a seguridad***

En cambio, si en lugar de tratarse de un sistema aislado hubiera sido uno interconectado, el panorama habría sido completamente otro. Y entenderás rápidamente el porqué.

En un sistema interconectado con otros muchos sistemas, la parada imprevista de un generador también provoca una alteración de los parámetros eléctricos, faltaría más. Pero en esta ocasión, como todos los sistemas están unidos en una misma red, todos aportarán su granito de arena para suplir la pérdida de producción del generador averiado. Es decir, que serán tantos los generadores que arrimarán el hombro que los parámetros del sistema apenas se verán afectados. Y lo más importante de todo es que tú ni siquiera lo notarás, pues seguirás disponiendo de electricidad para tu consumo con la seguridad y calidad fijadas en la regulación. Y sin miedo a que te desconecten.

Ahí radica la necesidad de la interconexión. Y es por ello que el sistema peninsular español está conectado con nuestros vecinos europeos, Francia y Portugal, y con el de Marruecos y, a través de él, con el resto del Magreb.

Volviendo al ejemplo del apartado anterior, al estar el sistema eléctrico peninsular interconectado a la red europea y a la norteafricana, la pérdida de un generador es cubierta en una pequeña proporción por todos y cada uno de los generadores europeos y norteafricanos que en ese momento

están arrancados. De este modo, los parámetros se ven alterados mínimamente y ni los consumidores ni los generadores corren riesgo alguno, es decir, el sistema es seguro.

Cuanto mayor sea la interconexión de los sistemas eléctricos, mayor será su capacidad de intercambio de energía, lo que redundará en beneficio de la seguridad y la calidad del servicio.

### *Una salida para las energías renovables*

Pero no es ésa la única ventaja de la interconexión internacional. Otra no menos interesante es que permite evacuar electricidad generada de fuentes renovables en momentos en que esta generación no puede ser absorbida por el sistema eléctrico español y, en consecuencia, no se aprovecha, lo que obliga, por ejemplo, a desconectar parques eólicos.

Gracias a la interconexión no es necesario llegar a tales extremos. Y los resultados están ahí: en 2010, el saldo de intercambios eléctricos con Francia fue por primera vez favorable a España debido, precisamente, al gran incremento de generación con renovables. Y todo gracias a la interconexión.



Piensa que el europeo es uno de los mayores sistemas eléctricos interconectados del mundo. Y si no te lo crees, ojo a los datos: su red de operadores del sistema de transporte se extiende por 34 países e incluye a 41 operadores del sistema, entre

ellos Red Eléctrica de España. Y estos operadores, en total, gestionan más de 300.000 km de líneas y dan servicio a más de 530 millones de usuarios. Uno de ellos, tú.

## *La puerta al gran sistema europeo*

Según lo dicho un poco más arriba, cualquier interconexión es de suma importancia para un sistema eléctrico. La España peninsular hace frontera con **Francia, Portugal y Andorra**. En consecuencia, el sistema eléctrico peninsular español está interconectado con esos países a través de varios circuitos. La interconexión de la frontera portuguesa es sólida, lo que permite al vecino atlántico ser un sistema seguro, pues a través del sistema peninsular español está conectado al resto del sistema europeo. También permite, a modo de simbiosis, compartir el transporte de energía de ambos países.

La interconexión por la frontera francesa nos permite unirnos al país galo, y, a través de él, con todos los demás países europeos; es decir, es la puerta de entrada al resto del continente europeo, no sólo para el sistema peninsular español, sino, como acabamos de ver, para nuestro vecino lusitano. Por tanto, adquiere una gran importancia para ambos sistemas.

**En el momento de escribir estas líneas, la capacidad de esta interconexión de España se situaba en**

el 3 % de la capacidad de producción instalada, un porcentaje muy por debajo del 10 % mínimo recomendado por la Unión Europea en las conclusiones del Consejo Europeo de Barcelona de marzo de 2002. Sin embargo, se está trabajando en la construcción de una nueva línea (descubrirás cuál es en el próximo apartado) y el operador del sistema está estudiando la posibilidad de incluir otras nuevas en futuras planificaciones, lo que, obviamente, elevará este porcentaje y, por tanto, la calidad y seguridad de suministro en los dos sistemas peninsulares ibéricos.

Asimismo, la interconexión con Marruecos es fundamental para este país africano, pues le permite, tanto a él como a Argelia y Túnez (con los que está interconectado), disfrutar de las ventajas de estar unido a la gran red eléctrica de Europa.

### *Un proyecto de interés europeo*

Para acercarse a ese mínimo del 10 %, en 2008 Red Eléctrica y su homóloga francesa, el Réseau de Transport d'Electricité (RTE), firmaron un acuerdo para la construcción de una nueva línea por el este de los Pirineos (la de Bescanó-Santa Llogaia-Baixàs), cuya puesta en servicio está prevista para el año 2015.

Este eje duplicará la capacidad de intercambio de electricidad entre España y Francia, reforzará la seguridad de los dos sistemas eléctricos y favorecerá la integración de un mayor volumen de energía renovable, especialmente de energía eólica.

## 42 Parte I: ¿Quién está detrás de mi enchufe? \_\_\_\_\_

procedente del sistema ibérico. Además, garantizará la alimentación eléctrica de la provincia de Girona y del tren de alta velocidad.

### *La singularidad de las islas*

Por supuesto, la acción de Red Eléctrica no se extiende sólo por lo que es la geografía peninsular, sino también por los archipiélagos de Baleares y Canarias, y por las ciudades autónomas de Ceuta y Melilla, donde ejerce sus funciones como operador del sistema desde el año 2006. Y lo hace a través de dos centros independientes del Centro de Control Eléctrico, el Cecoel: el Centro de Control de las Islas Baleares (Cecoib) y el Centro de Control de las Islas Canarias (Cecocic). De todo ello te hablaré más extensamente en el capítulo 9, cuando trate el tema de la operación del sistema.

La actividad de transportista en Baleares y Canarias (en Ceuta y Melilla no hay red de transporte) comienza en el año 2010, una vez que Red Eléctrica, al ser declarado por la ley como transportista único, acuerda la adquisición de los activos de la red de transporte en ambos archipiélagos con el anterior propietario.

### *El caso balear*

Red Eléctrica está presente en Baleares desde 2004, aunque, como ya te he dicho, no fue sino hasta 2010 cuando se hizo cargo de la gestión de toda la red de transporte insular.



Esta red está formada por:

- ✓ Líneas de tensión igual o superior a 66 kV.
- ✓ Parques o subestaciones de tensión igual o superior a 66 kV.
- ✓ Enlaces eléctricos entre las islas y del archipiélago con la Península, independientemente del nivel de tensión.
- ✓ Transformadores de 220/132/66 kV.

La singularidad de este archipiélago es que está dividido en dos subsistemas de pequeño tamaño y eléctricamente aislados:

- ✓ **Mallorca-Menorca:** Estas dos islas están unidas mediante un circuito submarino de 132 kV.
- ✓ **Ibiza-Formentera:** Estas dos islas están interconectadas por dos enlaces submarinos de 30 kV.

Ahora bien, el pequeño tamaño y el aislamiento de estos subsistemas impiden que se den unos índices de estabilidad y calidad de servicio equivalentes a los de un sistema interconectado con otros. Por eso, el objetivo de Red Eléctrica es el de igualar esos índices a los del sistema eléctrico peninsular mediante la unión de éste con ambos subsistemas a través de enlaces submarinos. Es el Proyecto Rómulo. (Para saber más sobre él, puedes leer el recuadro así titulado de este mismo capítulo.)



## El Proyecto Rómulo

En cumplimiento de la Planificación de los sectores de electricidad y gas 2008-2016, aprobada por el Consejo de Ministros en mayo de 2006, Red Eléctrica ha emprendido el proyecto de unir los dos subsistemas baleares, el de Mallorca-Menorca y el de Ibiza-Formentera, con el sistema eléctrico de la Península. De este modo se mejorará la fiabilidad y calidad del suministro eléctrico del sistema balear y se garantizará la cobertura de la demanda en las islas.

Es el Proyecto Rómulo, la mayor inversión de Red Eléctrica en un único proyecto (420 millones de euros) y un hito por su singularidad y complejidad técnica: una conexión submarina de alta tensión de 250 kV, compuesta por tres cables, dos de ida y uno de retorno, de 237 km de longitud y a una profundidad máxima de 1.485 m.

En funcionamiento desde agosto de 2012, proporciona desde el sistema ibérico el equivalente al 25 % de la electricidad que se consume en las islas. Ya desde sus primeros meses de pleno funcionamiento, el enlace demostró en varias ocasiones su efectividad para estabilizar la red eléctrica balear ante incidentes.

## El caso canario



¿Y qué pasa con Canarias? En el caso de las Islas Afortunadas, la red eléctrica está formada por:

- ✓ Líneas y subestaciones de tensión igual o superior a 66 kV.
- ✓ Cable submarino entre las islas de Lanzarote y Fuerteventura.
- ✓ Transformadores de 220/132/66 kV.

Al igual que el archipiélago mediterráneo, el canario cuenta también con subsistemas aislados y de pequeño tamaño, sólo que no son dos como allí, sino ¡seis! Eso hace que la calidad de servicio y la estabilidad de los mismos sea más complicada que si se tratara de un gran sistema interconectado. En la actualidad, sólo los subsistemas de Lanzarote y Fuerteventura están interconectados; el resto, sigue aún aislado.

La solución aquí no es fácil dados los límites tecnológicos al tendido de cables submarinos que imponen las grandes profundidades del océano Atlántico.

Ahora bien, todo este tránsito de energía arriba y abajo a lo largo de miles de kilómetros de cable precisa de alguien que ponga un poco de orden. De lo contrario, se corre el peligro de que el sistema se sobrecargue o que la circulación se interrumpa cuando más se necesita. Evitar que esto sea así es lo que se conoce como *operación de sistema*, labor que, como ya sabes, corre a cargo de Red Eléctrica de España cuando ejerce como operador del sistema eléctrico.

De ello es precisamente de lo que trata la segunda parte de este libro, que está a punto ya de comenzar.



# Parte II

---

## Cómo se opera el sistema eléctrico

### *En esta parte...*

**E**n la primera parte de este libro hemos presentado a Red Eléctrica de España, la compañía que se encarga de gestionar la red de transporte y de la operación del sistema eléctrico en nuestro país. Pues bien, ahora quiero centrarme en esa segunda función, gracias a la cual la energía llega sin problemas allá donde se necesita.

A lo largo de estas páginas verás en qué consiste la operación del sistema eléctrico y cuáles son los dos centros que hacen posible que el flujo energético se mantenga en todo momento equilibrado con la demanda, el Centro de Control Eléctrico (Cecooel) y el Centro de Control de Régimen Especial (Cecre).



## Capítulo 5

# Demanda y producción van de la mano

### *En este capítulo*

- ▶ El difícil arte de prever la demanda eléctrica
- ▶ El consumo eléctrico a medio y largo plazo
- ▶ Ideas para mejorar los hábitos de consumo eléctrico en casa

**E**n el capítulo 3 te comparaba la labor de Red Eléctrica de España con la de la torre de control de un aeropuerto. Como operadora del sistema eléctrico que es, ella es la que se encarga de controlar todo lo referido al tránsito de la energía, el de dónde viene y a dónde va, el cuánto, el cuándo y el cómo. Y todo ello organizado desde el Centro de Control Eléctrico, el Cecoel. (Pasa al capítulo 9 si quieres saber más sobre este centro.)

Ahora bien, si esa imagen no es lo suficientemente gráfica, a ver qué te parece esta otra: El sistema eléctrico es como un equipo de fútbol. Y como tal, debe entrenar para el partido, jugarlo con la máxi-

ma entrega y, cuando éste acaba, analizar qué ha pasado, si se ha jugado bien o si la derrota ha sido más que merecida para, a continuación, con el objeto de que no se repita, emprender las acciones adecuadas. Y todo eso en un contexto más amplio como el de la Liga, en el que, a medida que se suceden los partidos, surgen toda clase de complicaciones que el equipo ha de ir sorteando mediante su condición física, talento, conocimientos y habilidades técnicas y estratégicas, aunque, por supuesto, siempre desde el respeto a las reglas del juego.

Bien es verdad que el partido en el que Red Eléctrica tiene un papel fundamental dura las 24 horas del día y los 365 días del año, pero por eso mismo la preparación y el análisis se hacen más necesarios que nunca para afrontar el juego con garantías. Un juego que tiene nombre propio: *operación del sistema eléctrico*.

## *El equilibrio, que no se pierda*

Si el objetivo de un equipo de fútbol es ganar la Liga, el del equipo del sistema eléctrico, en particular, el de Red Eléctrica, como operador del sistema, es cubrir toda la demanda energética que los clientes hagan. Y para lograrlo, pone en juego una táctica que persigue por encima de todo la coordinación entre el conjunto de participantes. Porque sólo de la correcta y equilibrada estrategia entre los centros productores de energía, la red de transporte en alta tensión, las subestaciones que

rebajan esa tensión y la red de distribución a cada hogar, empresa y calle, la electricidad llegará allí donde es necesaria en el momento preciso.

Para que eso sea posible, hay que prepararse a conciencia, pues aquí no basta el talento o la genialidad de un jugador concreto, sino la labor conjunta de todo el equipo. Y si uno falla, ya sea por avería de una central de generación o de una línea, o por exceso puntual de demanda, el sistema tiene que estar lo suficientemente engrasado y entrenando como para cambiar de estrategia de inmediato sin que el objetivo final se resienta. Lo contrario sería un gol en contra en toda regla y difícil de remontar.

Toca, pues, ir al fútbol. ¿Estás preparado?

## *Nos vamos de pretemporada*

Como todo equipo que se precie, sin que importe la categoría en que milita ni el renombre o anonimato de sus jugadores, el equipo del sistema eléctrico necesita una preparación previa con sus jugadores sin la cual sería imposible afrontar con las garantías pertinentes el campeonato que se avecina. Es lo que llamaríamos la “pretemporada”.

Esta pretemporada consta de distintas fases, de las cuales tres son absolutamente indispensables. Son las siguientes:

- ✓ **La previsión del consumo eléctrico futuro:** Se trata de un aspecto esencial para calcular las necesidades de generación y de red a largo plazo. Luego, en el día a día y hora a hora se realizarán reajustes en función de la caprichosa realidad.
- ✓ **La determinación de la potencia de generación que instalar:** Es decir, cuáles serán las necesidades de producción requeridas por una sociedad que cada día se presenta más dependiente de la electricidad.
- ✓ **La planificación de la red de transporte:** Relacionado con el punto anterior, aquí de lo que se trata es de tener presente cómo se va a llevar esa energía que se necesitará en el futuro desde los centros donde se genera hasta los consumidores.

En este capítulo te explicaré el primero de esos tres puntos. Si lo que quieras es saber más sobre los otros dos, no esperes más y pasa al capítulo 6.

## *La base de todo, una buena predicción*



En ese gran partido que es la operación del sistema eléctrico el secreto del éxito consiste en prever la evolución de la demanda energética. No hay otra: hay que atinar en su previsión. ¿Y por qué? Pues porque preverla permite al operador del sistema identificar las necesidades de generación de energía y planificar en consecuencia la red de

transporte, de modo que ni falte potencia para cubrir el consumo, ni se construyan generadores de más, ni las líneas se colapsen y provoquen una falta de cobertura del suministro.

“¡Bah! ¿Y dónde está el problema? Se programa la generación necesaria y todo resuelto”, dirás a lo mejor. Cierto. Pero hay una pequeña pega: que es imposible saber a ciencia cierta cuándo la totalidad de los clientes van a encender el horno, el aire acondicionado, todas las luces de casa, la lavadora, la plancha, el torno, la fresadora, el coche eléctrico, el ordenador...

### *Predecir lo impredecible*

Como te puedes imaginar, en un país con 47 millones de habitantes que son a su vez consumidores y con industrias y empresas grandes, medianas, pequeñas y minúsculas, comercios y todo tipo de infraestructuras, desde carreteras hasta aeropuertos, un cálculo como es el de predecir esa demanda de energía no ha de ser tarea fácil.

Y no lo es, para qué voy a engañarte. Porque la electricidad sirve para todo y está en todos sitios; es lo que pone en marcha los motores de las fábricas y lo que ilumina nuestras calles y hogares.

En verdad, no es posible conocer la demanda hasta que la energía no se ha consumido realmente. Suena descorazonador, lo sé, pero, aun así, el operador del sistema no se rinde e intenta predecir qué demanda habrá en el sistema eléctrico a

largo, medio, corto plazo y en tiempo real, por este orden.

Con esta previsión de consumo se podrá estudiar qué potencia de generación hace falta para cubrirla, qué redes de transporte o distribución son necesarias y qué medidas de operación hay que tomar para que los clientes reciban la energía eléctrica con la máxima seguridad y calidad, y al menor coste posible.

Para esta labor de pitonisa, el operador del sistema dispone de su particular bola de cristal: unas aplicaciones informáticas con las que es capaz de predecir la demanda en los diferentes períodos de tiempo. Basadas en algoritmos matemáticos, estas aplicaciones deben ser alimentadas con datos históricos de demanda real, previsiones de evolución de la economía, previsiones de temperatura y nubosidad, e incluso datos sobre régimen y horarios laborales en todo el territorio nacional, ya que, a efectos energéticos, no es lo mismo un día festivo que un día en el que se trabaje.

### *La previsión a largo y medio plazo*

La previsión de la demanda, pues, es la base de todo. Es tan importante como la pretemporada para un equipo de fútbol. Ya sabes, esas semanas dedicadas a la preparación táctica y física. Durante su particular pretemporada, el operador del sistema realiza las previsiones de demanda a largo plazo, aquellas que le permitirán posteriormente estimar las necesidades de generación y red de

transporte. En estas previsiones de largo plazo, tiene mucha influencia las previsiones de evolución de la economía y los nuevos usos eléctricos.

Pero no sólo es necesario prever a largo plazo, también para cada año el operador del sistema actualiza esas previsiones, para asegurar que la demanda podrá ser suministrada con la generación existente, porque en este plazo tan breve no resulta posible contar con nuevas instalaciones. En este horizonte, ¡la previsión de la temperatura y la laboralidad son claves para acertar!

Y cada semana y cada día y cada hora... La previsión de la demanda es un ejercicio continuo.

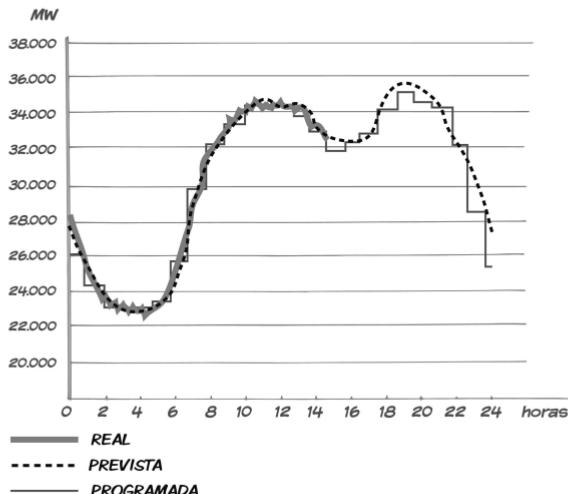
## *La curva de la demanda*

Pero ¿cómo conoce el operador del sistema el consumo de energía eléctrica en todo el sistema eléctrico en tiempo real? Pues, gracias a una tecnología muy avanzada y a la colaboración de los agentes del sistema eléctrico, el operador del sistema es capaz de captar los datos precisos para conocer en tiempo real el consumo instantáneo de energía eléctrica. Y lo representa en unos gráficos especiales, la curva de demanda.

En la página web de Red Eléctrica de España, [www.ree.es](http://www.ree.es), puedes ver las curvas de la demanda del sistema eléctrico peninsular, de Baleares y de Canarias en tiempo real y cualquier día anterior. También, la cantidad de CO<sub>2</sub>, emitida a la atmósfera por todos los generadores para satisfa-

cer la demanda de la totalidad de los consumidores del sistema eléctrico.

### DEMANDA DE ENERGÍA EN TIEMPO REAL.



## *Lo que consumen nuestros hogares*

Y ya que estamos con la demanda, quizás te interese saber algunas cosas relacionadas con el consumo, sobre todo porque hablan de ti como consumidor de electricidad.



A pesar de que la previsión de la demanda es imposible con un cien por cien de fiabilidad, sí que hay ciertos datos que se pueden cuantificar estadísticamente y que, consecuentemente, son tenidos en



## Las horas valle y las horas punta

En la curva de demanda se reflejan los cambios experimentados por la demanda de energía a lo largo del día, por ejemplo, en el inicio de la jornada laboral, el cierre de los comercios a mediodía o la mayor ocupación de los hogares en las horas finales del día. Como es de esperar, la demanda mínima se registra durante las horas nocturnas, cuando sólo las necesidades de las industrias y algunos servicios básicos, como hospitales o alumbrado público, mantienen un consumo importante. Durante esas horas es cuando la energía se puede contratar más barata. Son las *horas valle*.

En el otro extremo se sitúan las *horas punta*. En un día de invierno, un valor máximo de demanda se sitúa entre las 11.00 y las 12.00 h, cuando la actividad de las empresas de servicios es máxima y en los hogares empiezan a entrar en funcionamiento hornos y cocinas, además de aparatos de calefacción. Y no es el único momento álgido. El otro, el máximo del día, es entre las 19.00 y las 20.00, por la confluencia de la actividad comercial con el aumento de la ocupación de los hogares.

En verano, coincidiendo con las horas más calurosas, se registra un tercer pico entre las 16.00 y las 18.00 h, como consecuencia del uso de cocinas, lavavajillas, televisores y los inevitables aparatos de aire acondicionado, si bien la punta de consumo diario se sitúa entre las 13.00 y las 14.00 h. El pico de la tarde se retrasa una hora como consecuencia del horario de verano. Durante esas horas punta es más costoso producir energía porque es necesario que funcionen las centrales de producción más caras.

consideración por el operador del sistema a la hora de realizar su trabajo. Por ejemplo, ¿sabías que la demanda del sector residencial representa aproximadamente el 25 % del consumo eléctrico total en España? Eso significa que tú, en tu propia casa, puedes hacer mucho para que el consumo energético sea más sostenible.



## **Un consumo responsable es posible**

Ahí va eso: para atender la demanda de las 300 horas de mayor consumo del año son necesarios 4.000 MW (el equivalente a la energía producida por cuatro centrales nucleares o diez centrales de ciclo combinado). La cifra es una barbaridad, pero demuestra la complejidad de la gestión de la demanda a la que ha de hacer frente el operador del sistema.

Pero el mundo no está para despilfarros. La energía tiene un coste y, si encima hemos de recurrir a centrales más contaminantes, porque otro tipo de generadores de electricidad son incapaces de dar abasto, no sólo lo pagará nuestro bolsillo, sino también el medioambiente.

Por eso, Red Eléctrica trabaja por un uso sostenible de la energía con el objetivo de fomentar cambios en los comportamientos a la hora de consumir energía. Todo para lograr una mayor eficiencia en el conjunto del sistema y una mejor integración de las energías renovables.

Bien es cierto que hay variables que condicionan cada caso, pues la cantidad de energía que consume un hogar varía de forma considerable según sea su tamaño, ubicación, tipo de vivienda y número de habitantes. Aun así, hay algunos datos de los que se puede hacer una media:

- ✓ Potencia media contratada por hogar: 4 kW.
- ✓ Consumo medio de un hogar español: 7 kWh (día)/ 2.500 kWh (año).
- ✓ Facturación media: 1,65 euro (día)/ 600 euros (año).
- ✓ Emisiones de CO<sub>2</sub> medias por hogar: 2 kg (día)/ 750 (año).

Otra variación en el consumo la da la época del año. Así, el consumo de los hogares es más elevado en los meses de invierno a causa de un mayor uso de la calefacción y la iluminación, mientras que en los meses de verano el consumo se incrementa debido al uso de equipos de aire acondicionado.



Y, antes de pasar a hablar de los hábitos de consumo, otro dato a tener en cuenta que seguro te interesarás: quiénes son los grandes consumidores de electricidad en nuestros hogares. ¿Te atreves a dar nombres? Ahí van: el primero de todos, algo bastante obvio, es la iluminación, con un 16 % del consumo anual de electricidad, seguida del frigorífico con un 14 %, la calefacción con un 11 % y... el sempiterno televisor, con un 10 %.

## Cambia tus hábitos

Lo que quizá no sabes, o no te has planteado seriamente, es que es posible disminuir progresivamente el consumo de energía en el hogar, e incluso en el trabajo, sin que ello suponga una pérdida de confort. Basta con introducir pequeños cambios en los hábitos de uso de los distintos aparatos y sistemas eléctricos.

He aquí algunas ideas:



- ✓ Adquiere aparatos eficientes. Los electrodomésticos con calificación energética A++, A+ o A son los que mayor eficiencia energética ofrecen.
- ✓ Desconecta los equipos cuando no los estés utilizando. Asegúrate de que no mantienes conectado ningún equipo en modo de espera (*stand by*). Piensa que ese modo representa un 2% del consumo anual de electricidad de tu hogar.
- ✓ Regula la temperatura. No es eficiente ni económico estar en manga corta en invierno y con chaqueta en verano. Una temperatura de 24 °C en verano y una de 21 °C en invierno es más que suficiente. Recuerda que reducir la temperatura del aire acondicionado o aumentar la de la calefacción un grado representa un incremento del consumo del 8%.
- ✓ Utiliza los temporizadores. Si tienes contratada una tarifa con discriminación horaria, programa el funcionamiento de los electrodomésticos.

ticos en las horas valle del día, que coinciden con las horas de menor coste de la energía.

- ✓ Haz un uso racional de la energía. El consumo de energía es más gestionable de lo que crees. Trata de no utilizar simultáneamente equipos que demanden una gran cantidad de energía y lograrás reducir tu necesidad de potencia.

Como puedes ver, muchos de estos gestos no sólo no te costarán dinero, sino que supondrán un ahorro en tu factura eléctrica. Piensa que cada gesto individual supone un gran avance. Cuando estos pequeños gestos son además asumidos por el conjunto de los ciudadanos el ahorro crece y se consolida.

## *El caso de los grandes consumidores*

Si, como te decía más arriba, el 25 % del consumo energético se hace en el hogar, queda claro que el 75 % restante corre a cargo de las industrias (un 30 %) y servicios (un 45 %).

También ahí se pueden aplicar muchos de los consejos que te daba para una mayor eficiencia del consumo de electricidad en el hogar, si bien es verdad que hay muchas industrias que no descansan nunca.



Por ejemplo, se estima que si las empresas y hogares usaran bombillas de bajo consumo, se ahorrarían diariamente unos 32 millones de kWh, el equi-

## **62 Parte II: Cómo se opera el sistema eléctrico**

valente al consumo de 4,5 millones de hogares en un día. Igualmente, apagando el *stand by*, el ahorro estimado de energía se situaría alrededor de los 3,7 millones de kWh, lo que equivale al consumo de un día de más de 500.000 hogares, mientras que, regulando la climatización, el ahorro diario es de alrededor de 8,5 millones de kWh, equivalente al consumo de 1,25 millones de hogares en un día.

Como puedes ver, son cifras más que respetables.

## Capítulo 6

# Las necesidades del futuro

### *En este capítulo*

- ▶ El aumento de la dependencia eléctrica de la sociedad
- ▶ Cómo se afronta la demanda energética a largo plazo
- ▶ La planificación de la red de transporte a años vista
- ▶ El procedimiento de acceso a la red

**E**n el capítulo anterior habíamos dejado al equipo del operador de sistema eléctrico empezando su particular pretemporada. Es decir, preparando la estrategia sobre la que se basa toda la operación del sistema: la previsión de la demanda, el tratar de adivinar el consumo de electricidad a largo y medio plazo.

Pues bien, entonces te avanzaba que había otras dos planificaciones no menos importantes, como son la de la generación de electricidad y la de la red de transporte. Si el cálculo de la previsión de la demanda eléctrica es correcto, Red Eléctrica tiene entonces todo en su mano para identificar las necesidades de generación y planificar la red de transporte, de modo que producción y consumo vayan de la mano.

De eso es precisamente de lo que voy a hablarte aquí.

## *Energía, más energía, y más centrales*

Igual que en un equipo de fútbol hay un portero y unos defensas, centrocampistas y delanteros, cada uno con unas labores específicas en el terreno de juego, el equipo del sistema eléctrico tiene también sus jugadores especialistas. Así, los hay que se dedican a producir energía y los hay también que se encargan de conducir la pelota hacia la portería, perdón, la electricidad hasta nuestros hogares.

Pero lo que funciona hoy no tiene por qué ser válido mañana. Las tecnologías cambian, pero también lo hace el papel que la electricidad juega en nuestras vidas. Un papel que no hace más que crecer día a día. ¡Quién se lo iba a decir al bueno de Tales de Mileto cuando, hace la friolera de veintisiete siglos, experimentaba con un trozo de ámbar!

## *La dependencia eléctrica crece*

No es broma, si ahora dependemos para todo de la energía eléctrica, en un futuro nada lejano aún dependeremos más. Y si no te lo crees, piensa en algunos de los nuevos usos de la electricidad que están ya ahí, como quien dice, a la vuelta de la

esquina. Por ejemplo, el coche eléctrico. De acuerdo, su presencia es hoy (y remarco lo de *hoy*) insignificante. Pero todo indica que es sólo cuestión de tiempo, que sólo hay que esperar a que su tecnología mejore, a que se instalen más puntos de recarga y que su precio sea de verdad competitivo para que empiece a ser una presencia real en nuestras calles. Es el futuro.

“Genial, pero lo que yo escucho es que lo que hay que hacer es apostar por un consumo eficiente”, me dirás. Y tienes toda la razón del mundo. En los próximos años se prevé que se incremente la eficiencia energética de los aparatos eléctricos (bombillas de bajo consumo, electrodomésticos de alta eficiencia, reducción del consumo en *stand by* de los aparatos electrónicos...), de los procesos industriales e incluso del consumo energético de los edificios. Todo esto llevaría a un aprovechamiento más sostenible y totalmente compatible con el crecimiento del que te hablaba antes.

### *Hay que adelantarse a los acontecimientos*

La creciente importancia de la electricidad es un hecho. Y lo que le toca al operador del sistema eléctrico es abordarlo con decisión y adelantándose a los acontecimientos. Lo que significa no sólo calcular la demanda energética del futuro, sino también cómo hacerle frente. Es decir, que hay que prever cómo se va a producir esa energía, aunque sólo sea porque una central de generación no se construye de un día para otro. Dependiendo de la

tecnología elegida por la empresa productora de electricidad, puede tardar entre un año y un lustro. Tiempo que ni tú, ni yo ni nadie estamos dispuestos a aguantar sin electricidad, iluminándonos como antaño a base de velas y calentándonos con leña o carbón.

Dada nuestra creciente dependencia de la electricidad, se hace especialmente necesario prever el consumo con varios años de antelación, pues, de lo contrario, sufriríamos apagones continuos. Así, periódicamente en cada ejercicio de planificación, con la previsión de demanda obtenida, el operador del sistema indica la potencia de generación que se necesita instalar para los siguientes diez años. Aunque no fijará ni la tecnología ni la ubicación, y mucho menos construirá central alguna. Todo esto correrá a cargo de las compañías generadoras en función del marco regulatorio, de las expectativas de negocio y de sus intereses como empresas, puesto que en España la planificación de la generación es "indicativa".



### *Simulaciones para intuir el futuro*

En esta mirada a largo plazo, el operador del sistema tiene en cuenta las centrales de producción de energía ya existentes, siempre que en ese escenario futuro esté previsto que sigan en funcionamiento, pues bien podría ser que para entonces hubieran llegado al fin de su vida útil.

A estas centrales que ya se tiene se añaden las que están en construcción o aquellas otras que se po-

drían instalar, bien porque hay promotores que han presentado su solicitud de acceso o porque las autoridades estatales o autonómicas prevean su construcción. Y como la información sobre la nueva generación no es firme, se deberán analizar distintos “escenarios” que representen distintas posibilidades de instalación de generación.

Con esta información en la mano, el operador del sistema realiza simulaciones con diversas hipótesis que valoran tanto datos de consumo como de producción de esas distintas centrales, teniendo incluso en cuenta variables como si se espera un año cálido y lluvioso, lo que podría afectar al total de la producción hidráulica. En función de los resultados, la compañía es capaz de concluir si el número de centrales y generadores previsto es o no suficiente, o incluso si es excesivo, lo que haría innecesaria su instalación.

Toda esta información el operador del sistema la facilita a quienes serán los encargados de tomar las decisiones pertinentes: el gobierno estatal, el regulador, los gobiernos autonómicos y los agentes del mercado.

## *No basta con generar energía, hay que transportarla*

Como operador del sistema, Red Eléctrica no se conforma con hacer un análisis de las centrales de producción de electricidad que harán falta en los

próximos años. Básicamente porque de nada sirve generar energía si luego no se puede trasladar allá donde es necesaria. Por tanto, hay que prever y planificar también la red de transporte y distribución para que pueda abastecer a nuevos clientes.

Las redes de distribución son potestad de cada uno de los distribuidores y a ellos corresponde su diseño, construcción y mantenimiento en función de los nuevos consumos que tengan solicitados.

Prevista la demanda y ubicada ésta por parte de los distribuidores, el operador del sistema estudia entonces qué red de transporte se necesitará a corto, medio y largo plazo.

En general, la red existente, incluyendo las líneas que estén en proceso de construcción, no será suficiente puesto que habrá que construir las líneas que permitan la conexión de las nuevas centrales a la red. Dependiendo de la zona en que se realicen estas conexiones, serán necesarios también refuerzos adicionales en la red mallada existente para poder transportar la energía producida en esas nuevas centrales y en las ya existentes hasta los centros de consumo.

Además, puede ser también necesario instalar nuevos transformadores y nuevas líneas de suministro en nudos de la redes de transporte y de distribución hasta los lugares en que se ha previsto el consumo energético. Todo ello ha de hacerse con los márgenes de seguridad suficientes, de manera que sea posible afrontar situaciones inesperadas (por ejemplo, averías por tormentas) sin

que se produzcan cortes de suministro o que éstos, caso de producirse, sean mínimos y de la menor duración posible. Todo ello, teniendo en cuenta que no se pueden cubrir todos los riesgos posibles, pues el coste de una red 100 % segura sería prohibitivo.

Encontrar el adecuado equilibrio entre el coste, la seguridad y el impacto medioambiental es el objetivo principal de la planificación de la red.



### Una larga vida útil

El proceso de planificación de las instalaciones de la red de transporte presenta dos características básicas a tener en cuenta. La primera, lo prolongado del período de construcción (de dos a diez años); la segunda, su larga vida útil (más de 40 años).

Se trata, pues, de infraestructuras cuya construcción ha de decidirse varios años antes de que sean realmente necesarias. Por eso, lo recomendable es llevar a cabo estudios a medio y largo plazo a fin de garantizar la viabilidad económica y práctica de la infraestructura.

Los estudios a medio plazo incluirían la decisión de la construcción propiamente dicha y propuestas concretas de desarrollo de la red de transporte en horizontes de ocho a diez años. Los estudios a largo plazo vendrían posteriormente a completar éstos y tendrían en cuenta elementos como las posibilidades de mallado y las consecuentes necesidades territoriales y económicas asociadas a la creación de nuevos corredores y subestaciones.

## Planificar por ley

La planificación de la red de transporte establece las nuevas instalaciones a incorporar a la red (líneas o cables, subestaciones, transformadores, elementos de compensación), así como también el refuerzo de las instalaciones existentes (incremento de potencia de líneas), definiendo en todo momento cuándo, cómo y dónde debe llevarse a cabo todo.



El proceso es el siguiente: el gobierno de España, por medio del Ministerio de Industria, Energía y Turismo, abre cada cuatro años un plazo de planificación para un tiempo no inferior a los siguientes ocho años. Durante este plazo, las empresas distribuidoras y las comunidades autónomas comunican al operador del sistema las potencias que prevén consumirán los futuros nuevos clientes y las ubicarán en su territorio. Directrices de ordenación urbanística o planes de desarrollo de la red de transportes son en este ámbito algunas de las informaciones básicas con las que ha de contar el operador del sistema para realizar sus análisis.

Con la información recibida, y con su propia previsión de demanda a largo plazo, el operador del sistema analiza, estudia y propone al ministerio las ampliaciones de la red de transporte necesarias para cubrir las nuevas necesidades. La pelota pasa así al gobierno, que, previa consulta a las comunidades autónomas, a los distribuidores, al operador del sistema y a la Comisión Nacional de los Merca-

dos y la Competencia (CNMC), decide y publica en el Boletín Oficial del Estado la red que el transportista estará obligado a construir en el periodo de planificación para el que ha sido aprobada.

De acuerdo con la normativa actual, los ejercicios completos de planificación con un nuevo horizonte temporal se realizan cada cuatro años. Adicionalmente, se realiza una revisión anual sobre el mismo horizonte temporal, incluyendo variaciones en el plan de expansión de la red derivadas de circunstancias sobrevenidas.

### *Quién accede a la red*

La red, no obstante, es un inútil amasijo de hierros y cables si nadie se conecta a ella. Ahora bien, ¿cómo se lleva a cabo ese acceso?

El operador del sistema es también el encargado de gestionar la solicitud de acceso a la red de transporte. Por ejemplo, la de un distribuidor que requiere un apoyo desde la red, la de un generador que prevé la conexión de una nueva planta o la de un gran consumidor que inaugura una nueva fábrica, que quiera conectarse directamente a la red de transporte. El operador del sistema recibe la solicitud, analiza la aceptabilidad de su propuesta y emite el correspondiente informe de viabilidad de acceso que puede incluir la correspondiente autorización con las condiciones que procedan.

Los análisis de acceso están orientados a comprobar que la nueva instalación de distribución, consumo

o generación solicitada (sobre la base de una información básica: potencia, tipo de instalación y otros detalles estimados para su modelado en los estudios de simulación) tiene un funcionamiento adecuado y cumple con los criterios técnicos y de diseño de red. Estos análisis, por tanto, tienen una perspectiva particular, a diferencia de los estudios de planificación, que se realizan con una perspectiva general del conjunto del sistema.

Una vez que se ha cumplimentado el procedimiento de acceso y obtenido la correspondiente autorización, el distribuidor, generador o consumidor debe elaborar el proyecto básico de su instalación para presentarlo a Red Eléctrica, esta vez en su función de transportista, no en la de operador del sistema. Y será la compañía la que realizará el correspondiente análisis de viabilidad, en el que se evalúan cuestiones como la viabilidad física para llevar a cabo la conexión en una subestación existente o planificada, todo ello bajo la supervisión del operador del sistema. Si el resultado es positivo, se consigue la autorización de conexión y sólo queda firmar el preceptivo contrato técnico de acceso.

Aquí acaba el proceso de acceso y conexión, aunque empieza otra carrera: la de la construcción de las instalaciones de transporte por parte de Red Eléctrica (como transportista) y la de las propias instalaciones (de distribución, generación o consumo) del solicitante. Pero ésa es otra historia.

## *La programación a medio plazo*

Una vez acabada la pretemporada del equipo del sistema eléctrico y pasado el tiempo de decidir ampliar la plantilla (es decir, de tomar decisiones de inversión de red), la preparación del equipo no acaba aquí. Todavía es necesario seguir entrenando para alcanzar una preparación perfecta antes de comenzar a jugar. Recuerda, hasta ahora has visto la previsión de la demanda, la planificación de la red de transporte y la indicación de las necesidades de generación para los siguientes diez años, incluso, para un año.

Además, durante la pretemporada, **cada año, con actualizaciones trimestrales**, el operador del sistema programa los trabajos de mantenimiento que el transportista prevé ejecutar sobre la red de transporte a lo largo de ese período. Asimismo, programa el mantenimiento de los generadores de tal manera que el sistema no corra riesgo alguno de falta de potencia para satisfacer la demanda. Es la programación anual. Como puedes ver, ¡no se deja nada a la improvisación!

Cada semana, además, el operador del sistema realiza estudios equivalentes a los efectuados para la programación anual, en este caso, aplicados a una semana eléctrica que comienza a las 00.00 h del sábado y finaliza a las 24.00 h del viernes siguiente. En estos **estudios ratifica o rectifica el programa anual**, e identifica situaciones de riesgo que podrían presentarse en la operación en

## **74 Parte II: Cómo se opera el sistema eléctrico**

---

tiempo real para proponer planes de actuación o salvaguarda.

Todo esto sin olvidar otra programación, la diaria y la de tiempo real, tan relacionada ya con la propia operación del sistema eléctrico que la encontrarás explicada con más detalle en el capítulo 7.

# Capítulo 7

## Un partido con muchas fases

### *En este capítulo*

- ▶ Qué es la operación del sistema eléctrico
- ▶ La búsqueda del equilibrio entre la producción y la demanda eléctrica
- ▶ Los mercados en los que se compra y se vende la energía

**E**n los capítulos 5 y 6 hemos asistido a la preparación del equipo del operador eléctrico para el gran partido que le toca jugar. En ellos se incidía en la trascendencia de la preparación a largo y medio plazo. Pero este partido se juega en tiempo real y eso es precisamente lo que vamos a ver ahora: la operación del sistema eléctrico paso a paso, teniendo en cuenta la previsión de la demanda y ajustando a ella la generación, contando con la capacidad de transporte de energía eléctrica.

## *La programación diaria*

Del mismo modo que realiza las programaciones anuales, mensuales y semanales, el operador del sistema debe prever cada día qué demanda va a alcanzarse para cada una de las horas del día siguiente. Pero a diferencia de lo hecho en aquellas programaciones de las que te hablaba en el capítulo 6, en ésta no se fija a priori el programa horario que han de producir los generadores.

Es aquí cuando hace su entrada un nuevo jugador: el mercado de electricidad.

## *El mercado de electricidad*

En el sistema eléctrico peninsular, la cobertura de la demanda se lleva a cabo mediante un mercado de energía eléctrica denominado Mercado Ibérico de la Electricidad (MIBEL). A él concurren:

- ✓ **Los generadores**, que presentan ofertas de venta de toda la energía que tienen disponible al precio que consideran conveniente.
- ✓ **Las empresas comercializadoras** (las que nos pasan el recibo por la electricidad que consumimos), que presentan sus ofertas de compra de la energía que, según sus previsiones, necesitarán, también al precio que estimen conveniente.
- ✓ **Los sujetos usuarios de las interconexiones internacionales**, que acuden a comprar o vender la energía, con autorización para establecer intercambios internacionales.

- ✓ **Los consumidores directos**, grandes clientes que acuden a comprar energía directamente al mercado.

El mercado diario, que es gestionado por la empresa que ejerce las funciones de operador del mercado, el Operador del Mercado Ibérico de Energía (OMIE), establece los programas de producción y consumo para cada hora del día siguiente. Arrancarán aquellos grupos que mejor precio hayan ofertado, y quedarán parados los de ofertas más elevadas.

El precio del mercado diario se establece teniendo en cuenta la última oferta casada en cada hora. Todos los generadores programados son retribuidos al precio marginal de cada hora, independientemente de las ofertas presentadas, y con él también se calculan las liquidaciones.

A los programas de entrega y toma de energía establecidos en el mercado diario de electricidad se añaden también los programas establecidos mediante contratación bilateral con entrega física entre agentes vendedores y compradores de energía, dando lugar al llamado programa diario base de funcionamiento para el día siguiente.

### ***Restricciones técnicas***

Una vez que OMIE publica el resultado del programa diario base de funcionamiento para el día siguiente, no te creas que está ya todo hecho. Qué va, la cosa no ha hecho más que empezar, pues en

este programa de generación sólo se han tomado en consideración factores económicos. Y claro, surgen varios interrogantes. Por ejemplo, ¿este programa se podrá ejecutar desde el punto de vista técnico? o ¿se podrá transportar a través de la red de transporte?

No son preguntas retóricas, porque los elementos de la red son mecanismos complejos cuyo funcionamiento a veces se ve alterado, por ejemplo, cuando hay que parar para realizar labores de mantenimiento preventivo o cuando, sencillamente, se averían. Razones que pueden llevar al traste parte del programa obtenido en el mercado diario.

Pero todo está previsto. O al menos es lo que se intenta, y más en un momento como éste en que, no lo olvides, aún no hemos empezado a jugar el partido propiamente dicho. ¡Seguimos en pretemporada! Así, tras el mercado diario, el operador del sistema lleva a cabo un análisis con ayuda de unas aplicaciones de simulación, en las que introduce los datos del programa diario base sobre la red de transporte disponible para determinar si el sistema eléctrico es seguro o si, por el contrario, se da una situación de riesgo en la que podrían producirse apagones.

Si el programa no es viable técnicamente, el operador del sistema lo modificará, por ejemplo, reduciendo la producción de los generadores que provocan las sobrecargas en la red e incrementando en la misma proporción la carga de otros. Este proceso se denomina *gestión de las restricciones*.

*técnicas del sistema*, y tiene por objeto que el programa económico resultante de la libre contratación en los mercados sea factible desde el punto de vista de la seguridad del sistema.



## **El Criterio N-1**

Según la legislación vigente, todos los estudios de seguridad que lleva a cabo el operador del sistema deben ejecutarse teniendo en cuenta el Criterio N-1 que ha de cumplirse las 24 horas del día. Rápidamente entenderás de qué se trata.

Todo empieza en cuanto se dispone del programa base. En ese momento se procede a realizar un análisis de seguridad que considera todos los generadores y líneas disponibles. En este análisis, el operador del sistema recurre a unas aplicaciones que le permiten simular la avería, uno a uno, de todos los elementos que componen el sistema eléctrico a fin de comprobar si su pérdida afectaría al conjunto.

Si del resultado se dedujera que la pérdida de un elemento sí afecta a la seguridad del sistema, el operador del sistema estaría obligado a tomar medidas por si acaso. Lo que hasta entonces era una simulación se convertiría en un hecho cierto en la vida real. Es aquello de “hombre prevenido vale por dos”.

## *Servicios de ajuste del sistema*

El programa se complementa con la reserva de potencia necesaria para que los generadores puedan atender la pérdida de uno de ellos o una caída brusca del consumo. Es lo que se conoce, respectivamente, como *reserva a subir* y *reserva a bajar*.

Dicho de forma fácil, se trata de fijar un valor intermedio entre la potencia nominal y el mínimo técnico de un determinado número de generadores para que puedan mover su producción en tiempo real, bien incrementándola o bien disminuyéndola de forma automática para que el equilibrio entre la demanda y la generación se mantenga. A esta reserva se le denomina *regulación secundaria* y es aquella producción que pueden aportar los generadores entre los 2 y los 15 minutos después de ocurrido un incidente. Por esta regulación los generadores reciben una retribución económica.

Existe también una *regulación primaria*, que es la que los generadores aportan por su propia inercia, puesto que son máquinas muy grandes con una gran masa que gira a una velocidad elevada. Esta regulación es obligatoria y no tiene retribución.

Una vez se ha programado la reserva secundaria, ahora sí, el programa del día siguiente está listo. Se ha obtenido el plan de producción diario que deberá ejecutarse en el día siguiente.

Hecho lo cual, el equipo estará preparado para saltar al campo y dejarse la piel para ganar el partido. Sólo falta que el árbitro haga sonar su silbato.



## La regulación automática

En un mundo perfecto, el Centro de Control Eléctrico (Cecoe) lograría igualar exactamente y en todo instante la generación y el consumo mediante la modificación de los programas de producción. Pero la perfección no existe, de ahí que el sistema eléctrico español disponga de un sistema de regulación automática, la Regulación Compartida Peninsular (RCP), que modifica la potencia generada por los grupos dentro de ciertos márgenes y cuya operatividad requiere que se mantenga una determinada reserva rodante en los grupos generadores.

El Cecoe programa y controla dicha reserva rodante, y genera y envía automáticamente las consignas de incremento o reducción de generación a los centros de control de las empresas de generación que, a su vez, reenvían estas señales a los generadores para conseguir el necesario equilibrio entre producción y consumo.

## Juego en tiempo real

Igual que el trencilla de turno da la orden de comienzo del partido a la hora en punto prevista, a las 00.00 h de cada día el Centro de Control de Eléctrico (Cecoe) realiza el saque de centro y empieza a jugar. Desde este puente de mando se vigila, controla, coordina y se teleopera todo el sistema eléctrico. (En el capítulo 9 encontrarás más información sobre él.)

Los jugadores (generadores, elementos de la red de transporte, líneas y subestaciones) se hallan dispuestos en sus sitios. Están dónde y cómo se había programado. Pero, del mismo modo que durante el partido los jugadores de fútbol pueden lesionarse o ser expulsados o, simplemente, el contrincante opta por cambiar la táctica, el equipo del sistema eléctrico también pasa por circunstancias similares.



Averías sobrevenidas o cambios no previstos en la demanda, tanto al alza como a la baja, obligan al entrenador a corregir su propia táctica o a mover el banquillo sobre la marcha. Es decir, que el Cecoel debe estar vigilante las 24 horas del día y los 365 días del año para atender todas las incidencias de la operación en tiempo real. Que un generador se detiene, pues a dar de inmediato instrucciones para arrancar otro. Que una línea se desconecta, pues al instante identificar la causa y restituirla, si no ha quedado averiada. Y si es el caso, pues a avisar a los retenes de mantenimiento de la red para que se desplacen hasta la instalación y solucionen el problema lo antes posible.

Paralelamente, el Cecoel analiza la situación para ver si es necesario tomar medidas de operación adicionales para que se continúe cumpliendo el Criterio N-1 (para saber qué es, consulta el recuadro así titulado en este mismo capítulo) en el sistema o, en caso contrario, cambiar la táctica.

## *Los mercados intradiarios*

Una avería es como una lesión seria: te retira del juego y para más de un partido. En este caso, que la avería de un generador se prolongue en el tiempo significa no poder cumplir con el programa asignado en el plan de producción diario durante varias horas o días. La compañía que lo gestiona debe entonces retirarlo y dejar su sitio a otro generador que sí pueda producir lo comprometido.

En este momento, hacen su entrada a escena seis sesiones del mercado intradiario gestionadas por el operador del mercado. A ellas acuden los generadores a retirar su energía programada o a vender más energía, si fuera el caso de un grupo que está parado y quisiera arrancar. También concurren los agentes comercializadores a comprar más energía eléctrica o a deshacerse de parte de la que habían comprado ya que no han acertado en su previsión de consumo. Estos mercados funcionan exactamente igual que el diario.

Tras cada una de estas seis sesiones, el Cecoel procede del mismo modo en que actúa después del mercado diario, es decir, estudia y analiza el nuevo escenario para verificar que continúa cumpliéndose el Criterio N-1. De no ser así, tomará las medidas de operación que cada situación requiera hasta dejar programado el sistema en las mejores condiciones de seguridad.

## *El mercado de gestión de desvíos*

Ya sabes que hay un mercado diario de electricidad y seis sesiones del mercado intradiarias para ajustar los programas. Esto significa que, de media, cada cuatro horas el operador del mercado convoca una sesión del mercado intradiario. O sea que, una vez cerrada una de estas sesiones han de pasar cuatro horas hasta la apertura de la siguiente. Entonces, ¿qué puede hacer un productor de energía si pierde un generador nada más haber cerrado una de las sesiones intradiarias?

Aquí surge un nuevo mercado, el mercado de gestión de desvíos, que no es convocado por el operador del mercado, si no por el propio operador del sistema a través del Cecoel cuando se prevé un desequilibrio superior a los 300 MWh entre la generación y la demanda en uno o más períodos horarios consecutivos. A él acudirán los generadores a reducir los programas establecidos o a incrementar su producción de energía eléctrica. Estos mercados, dedicados a la gestión de desvíos, sólo pueden ser convocados por el operador del sistema en los períodos que transcurren entre dos sesiones consecutivas del mercado intradiario

## *La reserva de regulación terciaria*

El sistema eléctrico, al igual que el fútbol, es caprichoso. El equipo se prepara durante un largo periodo de tiempo y todo parece estar en su sitio. Se ha pasado por un mercado diario, por los intradiarios y por el mercado de gestión de desvíos, si

bien todos son sólo programaciones a más o menos horas vista. Luego llega el tiempo real y con él, la dura realidad. Uno de los jugadores es expulsado, es decir, un generador detiene su producción por una avería provocando un déficit de generación hasta la siguiente sesión del mercado intradiario. En el equipo de fútbol el resto de jugadores tiene que hacer un esfuerzo para llegar hasta el final con éxito.

En el partido del sistema eléctrico, automáticamente, el resto de generadores arrima el hombro y sube su producción para cubrir el déficit y restablecer el equilibrio. Hecho esto, la reserva secundaria a subir habrá quedado por debajo de los valores de consigna, pues se ha hecho uso de ella. Es necesario volver a dichos valores sin dilación, puesto que siempre existe el riesgo de perder un segundo generador.

El sistema eléctrico juega con una pequeña ventaja frente al equipo del fútbol, pues un generador siempre puede ser sustituido por otro independientemente de la causa por la que haya abandonado el terreno de juego. El Cecoel reprograma la producción de los generadores en funcionamiento y, si no fuera suficiente, daría instrucciones para arrancar a alguno de los generadores que están parados. Pero no lo hace a su libre albedrío, sino haciendo uso de las ofertas que han pasado los sujetos productores después de cerrados todos los mercados. Este proceso recibe el nombre de *regulación terciaria*.

## e-sios: una herramienta básica

Para llevar a cabo las tareas de información y gestión de los procesos detallados a lo largo de este capítulo, es decir, para poder realizar una operación segura y económica del sistema eléctrico español, el operador del sistema ha desarrollado un sistema de información con un nombre muy original: Sistema de Información del Operador del Sistema (e-sios).



De forma muy resumida, el e-sios permite hacer lo siguiente:

- ✓ Comunicarse con el operador del mercado, con quien intercambia los resultados de la casación del mercado diario y las sucesivas sesiones del mercado intradiario.
- ✓ Comunicarse con los sujetos del mercado, quienes acuden a los mercados de servicios de ajuste del sistema con ofertas de compra o venta de energía, para notificarles a continuación la aceptación o rechazo de dichas ofertas, de forma transparente y confidencial.
- ✓ Comunicarse con los técnicos del propio operador del sistema, de quienes recibe órdenes de validación y tratamiento de ofertas, ajustes como consecuencia de alteraciones técnicas o situaciones excepcionales en la red de transporte, asignación de servicios de ajuste, etc. que darán lugar al establecimiento de cada una de las programaciones horarias.

- ✓ Comunicarse con los operadores de los sistemas eléctricos de países vecinos, con el fin de evaluar la capacidad técnica de las líneas de interconexión, así como la capacidad disponible para uso comercial una vez aplicados los criterios de seguridad establecidos en ambos sistemas, y de gestionar las congestiones en las interconexiones internacionales.
- ✓ Publicar los resultados de los distintos mercados y programaciones, con el fin de que cada destinatario de los mismos actúe según corresponda.
- ✓ Almacenar en su base de datos histórica tanto la información que entra en el sistema como la resultante de los distintos procesos.

## *El árbitro pita el final*

Hasta que acaba el partido, el Cecoel está ahí organizando y dirigiendo el equipo del sistema eléctrico. Y si la jornada finaliza habiendo mantenido todos los parámetros del sistema eléctrico dentro de los límites establecidos y los clientes han podido consumir la energía que requerían, entonces no hay duda: se ha obtenido la victoria.

Ha sido un partido duro, pues sus jugadores, llevados por el operador del sistema, han luchado para conseguir que el sistema eléctrico funcione de forma correcta y de modo permanente, coordinando para ello todos los elementos que lo componen

y previendo las contingencias que pudieran darse. Y con una visión de juego que abarca desde la planificación a largo plazo hasta el tiempo real.

Pero el fin del partido no significa que el operador del sistema se vaya a descansar. No, pues aún tiene que hacer la lectura de las medidas para conocer el consumo y la producción reales. Los valores que obtenga de ahí serán utilizados para la obtención de las liquidaciones. Pero ésa es otra historia que te explicaré en el capítulo 11. De momento, saboreemos el gran espectáculo que hemos vivido.

## Capítulo 8

# La frecuencia que no cesa

### *En este capítulo*

- ▶ La frecuencia, la magnitud clave del suministro eléctrico
- ▶ 50 Hz en Europa, 60 en Estados Unidos y Canadá
- ▶ La importancia de tener la frecuencia bien controlada

Todo lo que rodea el mundo de la electricidad está lleno de palabras cuyo significado resulta intrincado para quienes no están metidos en el tema. Y no porque suenen raras o resulten impronunciables. Al contrario, pues son de lo más normal. Me refiero a palabras como potencia, intensidad o frecuencia, todas ellas con aplicaciones y usos que no se quedan en el ámbito de la energía eléctrica. Están presentes en el habla cotidiana y es precisamente su relación con la electricidad lo que las vuelve un tanto misteriosas.

En este capítulo quiero hablarte en concreto de una de ellas: la frecuencia. Como rápidamente verás, no hay de qué asustarse.

## *La magnitud de la repetición*

La frecuencia es una de las variables que controla y supervisa el operador del sistema que afecta a todos los usuarios, los domésticos y los del ámbito industrial. Es tan importante que de un control inadecuado de la misma se podrían derivar efectos perniciosos, cuando no destructivos, sobre equipos e instalaciones. Por eso es interesante dedicarle un capítulo entero.

Pero no avancemos acontecimientos y empiezemos por el principio. ¿Qué es la frecuencia?



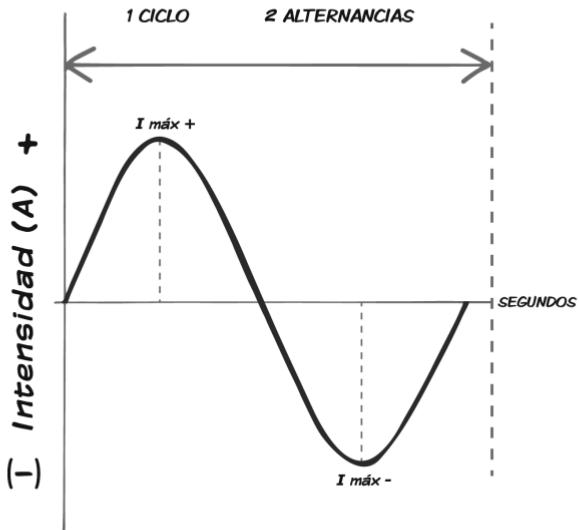
Si buscas en internet, el primer enlace que te aparecerá es el de la enciclopedia virtual Wikipedia. Vamos a aprovecharlo: “frecuencia es una magnitud que mide el número de repeticiones por unidad de tiempo de cualquier fenómeno o suceso periódico”.

¿Te ha quedado claro? Bien, hay que reconocer que esta definición no ayuda demasiado a la hora de entender el concepto de frecuencia aplicado a la transmisión de la energía eléctrica, que es lo que nos interesa. Pero si cambiamos la expresión “número de repeticiones” por “número de cambios de signo” es más fácil deducir que la frecuencia de un sistema eléctrico se refiere al número de veces que cambia de polaridad. Sin necesidad de profundizar en conceptos de electrotecnia, ahí está la clave del suministro eléctrico en corriente alterna, la misma que ha permitido la electrificación a nivel

globalizado gracias a la posibilidad de transportar energía eléctrica a diferentes tensiones o voltajes.

## *Todo debe ser medido*

Al igual que pasa con el resto de parámetros de la energía (puedes consultar al respecto el recuadro “Los parámetros de la electricidad”, en el capítulo 2), la frecuencia se mide. Su unidad de medida es el hercio (Hz), así bautizada en honor a un físico alemán, Heinrich Rudolf Hertz, que en el siglo XIX descubrió la propagación de las ondas electromagnéticas.



Frecuencia: 50 ciclos / seg



Los hercios se entienden como ciclos por segundo. Así, si hablamos de 50 Hz, estamos hablando de 50 ciclos en cada segundo. 50 Hz es precisamente la frecuencia de referencia del sistema eléctrico con la que se trabaja en Europa, pero no la única existente. Otros países prefieren jugar con cifras diferentes. Así, en Estados Unidos y Canadá la frecuencia de referencia es de 60 Hz. Y los electrodomésticos no por ello funcionan peor. Ni mejor tampoco.

¿Y qué determinan esos 50 Hz o 60 Hz? Pues, por ejemplo, la velocidad de giro de los rotores de los generadores de las centrales eléctricas, así como la velocidad de rotación de los motores eléctricos presentes en las industrias y en los hogares. Además, la frecuencia constante de 50 Hz permite contar los pulsos en mediciones de tiempo, si bien esta función es menos necesaria hoy dado que existen otros mecanismos que hacen lo mismo.

## *La frecuencia, mejor controlada*

De lo que se trata, pues, es de mantener un valor constante e inmutable de frecuencia. Pero mantenerlo en un sistema complejo como es el eléctrico no es tarea fácil. Es necesario contar con dispositivos destinados a controlarlo y rectificar las posibles desviaciones.

No te voy a explicar aquí con pelos y señales (es decir, física y matemáticamente) el concepto de *control de frecuencia*, porque lo más seguro es que

cerraras el libro a la primera fórmula que te encontraras. Pero dado que entender ese concepto es básico, a ver qué te parece esta otra explicación más gráfica.

### *El tandem eléctrico*

Cierra los ojos e imagina que un sistema eléctrico es una gran bicicleta de esas tipo tandem. Es un armatoste antiguo y bastante pesado y, para que avance, necesita de la acción combinada de, pongamos, cuatro ciclistas. Pues bien, si no quieren irse al suelo, todos ellos seguirán la misma cadencia de pedaleo. Ésa es la frecuencia de referencia.

Ahora bien, uno de esos ciclistas, por falta de práctica o porque no ha desayunado bien, no puede seguir el ritmo de los demás y deja de pedalear. Pero el resto se ha propuesto llegar a una determinada hora al merendero y la única opción que tienen para conseguirlo es mantener la velocidad. Por eso, los tres ciclistas que quedan aumentan la potencia de pedaleo para cubrir al compañero que se ha perdido sin reducir por eso la cadencia.

Esta reacción no sería instantánea, ya que los ciclistas necesitarían un cierto tiempo de adecuación a la nueva situación. Durante este lapso de tiempo, la velocidad del tandem (es decir, la frecuencia) se habría resentido y disminuido de forma proporcional a la fuerza que aportaba el ciclista que prefiere viajar de paquete.

## *El tandem se reduce*

El número de ciclistas que siguen pedaleando y el ciclista que permanece inactivo condicionan esa disminución de la velocidad. Pero al menos quedan tres para seguir tirando, mal que bien. Por eso, vamos ahora a una situación un tanto más extrema. Sin necesidad de movernos de esa misma carretera, vemos ahora otro tandem, sólo que más pequeño. Dos son sus ocupantes.

Al principio, miel sobre hojuelas, van devorando kilómetros y kilómetros. Pero en éas uno se para de repente. No puede más. Pues bien, es fácil imaginarse cómo afectará su dejación de funciones a su sufrido compañero. Para empezar, la parada del primer ciclista conlleva una reducción drástica de la velocidad, seguramente seguida por un frenazo en seco ante la imposibilidad del segundo ciclista para sostener la marcha. Sencillamente se ha quedado exhausto, sin fuerzas para sostener por sí solo el sistema.



Pues ése es un peligro que se cierne sobre todo sistema eléctrico. Y cuanto más pequeño y aislado sea, mayores son las posibilidades de que eso ocurra. De ahí la importancia del tamaño de un sistema eléctrico en términos de estabilidad de frecuencia y la necesidad de las interconexiones con sistemas mayores.

## *¡El generador se ha desconectado!*

Pero dejémonos de tanto pedaleo y volvamos a la frecuencia en los sistemas eléctricos. En ellos, la

desconexión imprevista de un generador se traduce en un descenso brusco de la frecuencia, que rápidamente intenta ser compensado por el resto de generadores hasta llegar de nuevo a la frecuencia de referencia que te indicaba antes de 50 Hz.

Esta recuperación presenta dos fases diferenciadas:

- ✓ Una muy rápida, fruto de los mecanismos intrínsecos de regulación de potencia de los generadores.
- ✓ Otra más lenta, condicionada por las consignas establecidas por el control de frecuencia.

Dicho lo cual, he de confesarte algo que hasta ahora no te he dicho y que espero que no te decepcione demasiado: el valor de la frecuencia no es estrictamente constante... Es decir, que no es un inmutable 50 Hz, sino que fluctúa de forma ligera en torno a ese valor de referencia.

¡Qué le vamos a hacer! Estas fluctuaciones son inevitables y obedecen, por un lado, a la variación constante del balance entre la demanda y la generación, y por otro, a la acción de los distintos dispositivos de control de frecuencia.

## *La frecuencia en los sistemas pequeños*

Cuanto menor sea el tamaño del sistema eléctrico y más aislado se encuentre, tanto más acusada

será la fluctuación. De ahí que sea precisamente en estos sistemas donde la necesidad de controlar la frecuencia sea más acuciante a fin de garantizar la seguridad y calidad del suministro eléctrico.

Es lo mismo que pasaba en el ejemplo del tandem: si tenemos un grupo de generadores (ciclistas) y uno de ellos, por avería o lo que fuere, se desconecta, el resto intentará cubrir la potencia perdida mediante un incremento de su propia potencia.

Hasta ahí bien. Pero ¿qué pasa? Pues que los generadores son máquinas que tienen sus propias limitaciones mecánicas y eléctricas, y no pueden aportar más potencia o mayor velocidad de respuesta que la prevista en su diseño. Esto significa que si el incidente es lo suficientemente grave, los generadores podrían alcanzar situaciones críticas de funcionamiento que los llevarían a desconectarse del sistema para su propia protección.

Teniendo esto en cuenta, en los sistemas eléctricos más pequeños y aislados de nuestro país (los insulares de Baleares y Canarias, y los extrapeninsulares de Ceuta y Melilla) se ha establecido un límite de frecuencia mínima asumible inferior al de la Península, es decir, que sus fluctuaciones pueden alcanzar valores mayores. Superados estos valores, se desconectarían todos los generadores del sistema, lo que conduciría inevitablemente a un cero de tensión. Lo que comúnmente se conoce como “apagón total”.

## *El operador vigila*

Por consiguiente, con objeto de anticiparse a la gravedad de determinados incidentes que pudieran conllevar caídas en cascada del todo el sistema eléctrico, el operador del sistema:

- ✓ Estudia los máximos desequilibrios asumibles entre demanda y generación, desde el punto de estabilidad de frecuencia.
- ✓ Dimensiona las reservas de generación necesarias para cubrir dichos desequilibrios en tiempo y grado suficiente.
- ✓ Establece sistemas de desconexión selectiva y automática de demanda, para que cuando se produzca la pérdida de un generador grande que pueda poner en riesgo el sistema, se desconecte a clientes con el único objeto de restablecer el equilibrio entre la demanda y la generación de forma instantánea.

Con estos elementos en mano, el operador del sistema establece la demanda prevista futura, el número de generadores que deben estar acoplados al sistema en cada período horario, el tamaño máximo de los mismos, las reservas de generación necesarias y los planes de salvaguarda que sean menester. Todo para evitar que, en caso de incidente, no se superen las limitaciones mecánicas y eléctricas de los generadores restantes, ni las limitaciones térmicas y eléctricas de las líneas y transformadores del sistema.

Por supuesto, igual que la frecuencia del sistema puede disminuir, también puede aumentar.

## **98 Parte II: Cómo se opera el sistema eléctrico**

Por ejemplo, cuando se da un exceso de generación respecto a la demanda. En un caso así, los rotores de los generadores experimentan una aceleración que, si supera determinado umbral, provoca también una desconexión como medida de protección ante los efectos mecánicos de dicha sobrevelocidad.

En resumidas cuentas, la variación de la frecuencia de un sistema eléctrico es un indicador objetivo de que se está produciendo alguna perturbación y que debe ser contrarrestada. Ahí radica la necesidad del control de la frecuencia: es la vía para garantizar la estabilidad del sistema eléctrico.

Tú, en tu día a día como consumidor de electricidad, no eres consciente de todo este proceso. ¡Ni falta que te hace! Pero para eso está ahí el operador del sistema de Red Eléctrica. Para velar por que todo esté en orden y dispongas de energía eléctrica siempre que la necesites.

# Capítulo 9

## El Centro de Control Eléctrico

### *En este capítulo*

- ▶ El órgano que vela por la correcta operación del sistema eléctrico
- ▶ Recursos informáticos y de telecomunicación de gran potencia
- ▶ El control del estado de la red y sus parámetros eléctricos
- ▶ El sistema eléctrico en los archipiélagos balear y canario

Ten presente este nombre: Centro de Control Eléctrico. Sí, en principio es un tanto anodino, nada rimbombante, sino todo lo contrario: puramente informativo. Y, sin embargo, se refiere a un elemento de una importancia primordial en lo que atañe al correcto funcionamiento de todo el sistema eléctrico de nuestro país.

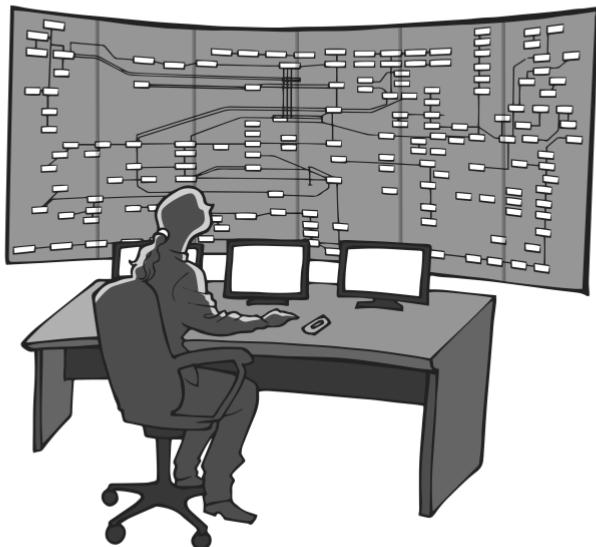
Porque el Cecoel, como se le conoce en el sistema eléctrico peninsular y allende nuestras fronteras, es la pieza clave de la operación del sistema, el organismo desde el que se emiten las instrucciones de operación del sistema de producción y transporte con el fin de garantizar la seguridad y calidad del suministro eléctrico.

Es, recuperando el símil futbolístico de los anteriores capítulos, el organizador del juego.

## *El gestor del equilibrio del sistema*

Como ya sabes, de tanto repetirlo, la electricidad tiene el pequeño inconveniente de que no se puede almacenar. Por eso es necesario que exista un equilibrio constante entre la demanda y la generación, lo que obliga a realizar previsiones de demanda y a mantener márgenes de generación suficientes para hacer frente a posibles contingencias o cambios del consumo previsto. Y eso entra dentro de las competencias de Red Eléctrica: como operador del sistema eléctrico, debe analizar y adoptar las medidas precisas para mantener ese equilibrio.

El Centro de Control Eléctrico, o Cecoel, es el lugar donde se gesta esa labor tan vital de coordinación y control de la generación y el transporte del sistema eléctrico. Y ello durante las 24 horas del día los 365 días del año.



## *La información, la base de todo*

Para que todo el proceso se desarrolle sin sobresaltos es vital gestionar correctamente el intercambio de información con el resto de agentes eléctricos (productores y distribuidores), pues si este falla, el sistema puede llegar a colapsarse o a no cubrir toda la demanda.

A fin de que todo esté controlado, el Cecoel está constituido por dos centros de control redundantes (extendiendo, así, el Criterio N-1 a los centros

de control) que trabajan en paralelo y en comunicación directa con los despachos de las empresas de generación y distribución. Además, el Cecoel cuenta con los correspondientes equipos de operadores que, bajo la dirección del jefe de turno, constituyen una unidad operativa denominada *turno de operación*, que rota en turnos de mañana, tarde y noche durante todos los días del año. Cada uno de estos centros de control, cuenta con un equipo de técnicos que realiza tareas de desarrollo de nuevos métodos operativos, de preparación de la operación para el tiempo real, de estudio y análisis de seguridad y, una vez ejecutada la operación, de seguimiento de lo realizado, etc.

### *La tecnología al rescate*



Como puedes imaginarte, la tarea que desarrolla el Cecoel ha de tener en cuenta un volumen tal de información y variables que sería imposible de gestionar sin la ayuda de la tecnología. De la última, ultimísima tecnología cabría añadir. Y el operador del sistema cuenta con ella. Gracias al soporte de recursos informáticos y de telecomunicación de gran potencia, el Cecoel puede gestionar la información recibida en tiempo real desde las centrales y las instalaciones de la red para presentarla a los operadores en una forma gráfica fácilmente comprensible y efectuar los estudios que permitan garantizar la seguridad del sistema eléctrico.

Algunas cifras te permitirán hacerte una idea de la escala de la que estamos hablando. Por ejemplo,

que la prestación de servicios de telemando, telecontrol y teleprotección goce de una excelente fiabilidad se debe a una extensa red formada por más de 21.300 kilómetros de cable de fibra óptica y alrededor de 19.000 equipos. Se trata de una red troncal en la que las fibras ópticas se alojan en el interior de los cables de acero y aluminio que forman parte del tendido eléctrico de alta tensión, lo que le confiere una robustez y seguridad excepcionales.

### *Para amantes de lo tecnológico*



Pero hay más, pues los dos centros de control del operador del sistema se encuentran soportados por un sistema de control de última generación basado en sistemas abiertos sobre estaciones de trabajo de tecnología RISC y software de avanzadas prestaciones sobre UNIX, incluyendo bases de datos relacionales orientadas a objetos y soportando protocolos de comunicaciones ICCP, BCN y MBCN, entre otros, con acceso remoto a la información y presentación gráfica completa.

Gracias a todo ese maremágnum de siglas y programas informáticos, el sistema de control es capaz de supervisar y controlar el conjunto de la red de transporte a partir del tratamiento en ciclos de 4, 8 y 12 segundos de más de 40.000 señales correspondientes a variables analógicas (potencias activas y reactivas en la red y en los nudos de generación y consumo, valores de la tensión, etc.), 25.000 de variables digitales (posición de interrup-

tores y seccionadores, etc.) y la emisión de órdenes de telemando correspondientes a 4.500 variables.

A todas esas cifras hay que añadir otra característica básica de la red de telecomunicaciones de Red Eléctrica: su estructura mallada, la cual permite establecer sistemas de transmisión resistentes a fallos, con unos excepcionales índices de seguridad y disponibilidad. De ese modo, los dos centros de control de que te hablaba más arriba están conectados entre sí y con las instalaciones de la red.

### ***“Vacunas” contra las anomalías***



Además de los equipos y aplicaciones informáticas propios del sistema de control, los operadores disponen también de varios sistemas desarrollados por el operador del sistema para prevenir y resolver las situaciones anómalas que puedan presentarse en un momento dado. Entre ellos se encuentran:

- ✓ El modelo de previsión de la demanda diaria y horaria.
- ✓ El sistema de control de energía, con aplicaciones que van desde la captación de las medidas y señales de todos los elementos del sistema eléctrico en tiempo real hasta la realización de análisis de seguridad periódicos, pasando por la estimación de todas y cada una de las medidas y señales mencionadas. Es la ventana que tiene el Cecoel para ver qué pasa en el sistema eléctrico en tiempo real.

- ✓ Los sistemas en modo estudio, que permiten a los operadores simular cualquier incidencia en el sistema eléctrico y adelantarse así a cualquier posible perturbación anulando o minimizando su repercusión.
- ✓ El sistema de control dispone igualmente de un OTS (Operator Training Simulator) de inestimable ayuda en el entrenamiento de operadores y en la realización de simulacros de reposición del servicio y de diversas actividades de formación. Esta funcionalidad reviste especial importancia dado que la existencia de perturbaciones reales en la red de transporte del sistema español peninsular es, afortunadamente, escasa, lo que dificulta que los operadores adquieran la experiencia necesaria para afrontar este tipo de situaciones.

### ***La información llega al centro de control***

El intercambio de información entre los dos centros de control del operador del sistema se produce directamente desde o hacia las propias instalaciones o a través de las vías de comunicación con los ordenadores de control de las empresas eléctricas y de otros operadores de sistema. Toda esta información es gestionada por el sistema de control, que se encarga de supervisar los cambios de estado que se producen en la configuración de la red, actualizar las alarmas necesarias, estimar el estado del sistema, analizar la seguridad del mismo, actuar como regulador maestro, enviar información al panel sinóptico, etc.

Igualmente, el sistema de control proporciona al operador una inestimable ayuda en la toma de decisiones de operación a través de los programas de simulación que se ejecutan en tiempo real, capaces de procesar todas las contingencias en el sistema eléctrico que los procedimientos de operación contemplan.

El sistema de control incorpora un gran panel sinóptico para la proyección de imágenes digitales generadas en matrices de cristal líquido. En dicho panel se representan los esquemas de la red de transporte y los grupos de generación con su situación de disponibilidad y cargas en tiempo real, lo que permite una visión de conjunto del sistema eléctrico en todo momento, especialmente útil en situaciones de alerta, emergencia y reposición.

## *Las previsiones de demanda*

Como puedes imaginarte, contar con una información completa, fiable y lo más precisa posible es básico para prever la demanda energética en cada momento y así producir la cantidad de energía adecuada. Sólo de este modo se conseguirá el deseado, y necesario, equilibrio entre demanda y generación.



Para llevar a cabo esa previsión, el operador del sistema ha desarrollado una aplicación cuyos resultados presentan una precisión lo suficientemente elevada como para actualizar las previsiones de demanda a la evolución real del consumo.

Tras ajustar esas previsiones, el Cecoel reprograma las potencias de cada grupo generador de acuerdo con las ofertas que de ellos recibe de forma continua para que se logre el deseado equilibrio con la demanda real, cualquiera que sea la evolución de esta, compensando, además, los posibles fallos de los generadores. Esto es esencial para el control de las variables fundamentales del sistema, los valores de la tensión y la frecuencia.

Pero el Cecoel no se queda en los centros generadores locales, sino que para ajustar ese equilibrio, cuando la situación lo requiere, recurre también a los programas de intercambio internacional (encontrarás más información al respecto en el capítulo 4).

## *El mantenimiento de la red*

Por supuesto, para que el sistema funcione es primordial que la red de transporte de energía, propiedad de Red Eléctrica, esté en perfectas condiciones. Y no sólo eso, sino que el mantenimiento de esta red debe coordinarse con el de los grupos de generación, a fin de garantizar una disponibilidad suficiente del conjunto de las instalaciones del sistema que satisfaga las exigencias de seguridad y de cobertura de la demanda.

Sobre el Cecoel recae también la responsabilidad de controlar de forma permanente el estado de la red y sus parámetros eléctricos, actuando sobre las variables de control para mantener la seguri-

dad y calidad del suministro o para restablecer el servicio en caso de que se haya producido un incidente.

¿Qué significa eso? Pues que en caso de presentarse situaciones de riesgo para la seguridad del sistema por el fallo simultáneo de algunos elementos importantes (averías simultáneas en varias centrales causadas por una tormenta, por ejemplo), cabe la posibilidad de reducir el consumo aplicando la normativa legal establecida para la gestión de la demanda.



Es lo que se conoce como *servicio de interrupibilidad*. En vigor desde 2008, consiste en reducir la potencia activa demandada hasta el valor de potencia residual requerida, en respuesta a una orden de reducción de potencia dada por el operador del sistema a los consumidores que sean proveedores de este servicio. Es, en suma, una herramienta de gestión de la demanda que da una respuesta rápida y eficiente a las necesidades del sistema eléctrico en situaciones de emergencia.

En caso de que se produjera un incidente grave en el sistema, con corte de suministro afectando a una amplia área geográfica, sería preciso activar los planes de reposición del servicio. El Cecoel actúa aquí de coordinador de las actuaciones para la maniobra de la red de transporte y el arranque y toma de carga de las centrales generadoras a fin de restablecer el suministro de energía en el plazo más corto posible.

## *Los ojos del operador del sistema en las islas*

La operación del sistema eléctrico en Baleares y Canarias tiene nombres propios: en el primero de esos archipiélagos es responsabilidad del Centro de Control de las Islas Baleares (Cecoib), ubicado en Palma de Mallorca, mientras que en el segundo lo es del Centro de Control de las Islas Canarias (Cecoic) que, a su vez, cuenta con dos centros, uno en Gran Canaria y otro en Tenerife.

Ambos son los responsables de supervisar en tiempo real el sistema eléctrico de forma coordinada con los centros de control de las empresas eléctricas que generan y distribuyen la electricidad en sus respectivos archipiélagos. Y, al igual que el Cecoel en el ámbito peninsular:

- ✓ Efectúan previsiones de la energía que los usuarios insulares van a demandar en cada período, así como su distribución horaria.
- ✓ Programan la producción de las diferentes centrales para cubrir la demanda eléctrica prevista, asegurando el equilibrio entre demanda y generación.



## Despacho económico de energía

En los sistemas no peninsulares, la programación de la generación (dicho en términos más técnicos, la obtención del plan de cobertura de la demanda de energía eléctrica) no se consigue mediante un mercado eléctrico, sino gracias a un despacho económico.

Y es que, aunque suene raro, en estos sistemas no hay un mercado en el que los productores oferten su energía, debido a que por su tamaño no hay competencia, y los comercializadores su demanda. Aquí es el operador del sistema quien prevé el consumo y programa la generación mediante un algoritmo que, ordenando los grupos de menor a mayor coste, arranca los más baratos hasta cubrir la demanda prevista, mientras los de coste más elevado restan parados hasta que son necesarios.

Este despacho económico lo realizan el Cecoib, el Cecoic y el Cecoel para Baleares, Canarias y Ceuta y Melilla, respectivamente. Eso sí, han de obtener un despacho económico para cada uno de los subsistemas eléctricos que constituyen los sistemas eléctricos de los archipiélagos y de las ciudades autónomas.

- ✓ Establecen los planes de mantenimiento de las instalaciones de transporte, coordinándolos con los de las centrales de producción y autorizan su ejecución.
- ✓ Aseguran el cumplimiento de los criterios de funcionamiento y seguridad.

- ✓ Supervisan, controlan y operan el sistema de producción y transporte, impartiendo las instrucciones necesarias a las empresas de transporte, distribución y generación.
- ✓ Aplican los instrumentos legales disponibles para la gestión de la demanda.
- ✓ Establecen los planes de salvaguarda y reposición, y dirigen el restablecimiento del servicio en caso de incidente parcial o total.

Y todo ello teniendo en cuenta las singularidades de estas islas, divididas en distintos subsistemas eléctricamente aislados. (Si quieres saber más al respecto, puedes volver al capítulo 4.)



Además, tanto el Cecoib como el Cecoic supervisan y controlan la integración en sus respectivos sistemas eléctricos de las energías renovables, siempre tan difíciles de gestionar por su carácter intermitente debido a su dependencia del viento o el sol. (Si quieres saber cómo se gestionan éstas, pasa al capítulo 10, en el que te hablaré del Cecre.)



# Capítulo 10

## **El Centro de Control de Régimen Especial**

---

### ***En este capítulo***

- El crecimiento de las energías renovables en España
  - Las singularidades de la energía eólica
  - El papel del Cecre y de los centros de control de generación
- 

**E**l gran desarrollo experimentado en los últimos años en España por las energías renovables, sobre todo la eólica, llevó al operador del sistema a emprender en 2006 una iniciativa pionera: el Centro de Control de Régimen Especial (Cecre).



Se trata de un centro único en el mundo, cuyo objetivo no es otro que el de integrar en el sistema eléctrico la máxima producción de energía de origen renovable en condiciones de seguridad, lo que le valió en 2008 el Premio Europeo de Medio Ambiente al mejor proyecto empresarial en la categoría “Producto para el desarrollo sostenible”. Tres años más tarde, un 33 % de la demanda

eléctrica española se cubría ya con energías renovables.

## *Un régimen muy especial*



El Cecre se encarga de la generación de origen renovable. ¿Y eso qué es?, te preguntarás. Pues aquella producción de energía eléctrica realizada en instalaciones que usan como fuente de energía primaria recursos respetuosos con el medio ambiente. Es decir, la energía hidráulica, eólica y solar, además de aquella basada en el tratamiento de residuos, biomasa o cogeneración.

Recordemos que el Plan de Energías Renovables 2011-2020 aspira a que estas energías alcancen en España una producción equivalente al 42,3 % de la producción de energía eléctrica.

## *Y en el principio fue Eolo*



Más que la hidráulica o la solar, es la energía eólica la gran protagonista del Cecre. Y tiene sentido, pues en los últimos años se ha producido un auge extraordinario de la generación eólica en España, tanto como para que esta energía ocupe hoy un papel significativo en la cobertura de la demanda eléctrica.



Unas cifras para que te quede más claro: si en el año 2000 la potencia eólica instalada en nuestro país apenas superaba los 2.000 MW, sólo doce años más tarde, en 2012, alcanzaba ya los 22.573 MW, lo que supone una contribución a la producción anual peninsular de energía del 18,1 %.

Sumando todas las energías renovables, a finales de 2012 la potencia instalada se situó en 31.866 MW. Dentro de esos resultados, el parque solar mantuvo su fuerte crecimiento, alcanzando los 6.298 MW de potencia (4.298 MW fotovoltaicos y 2.000 MW termoeléctricos) a finales de ese mismo año, una cifra, no obstante, alejada de la eólica.

Como puedes ver, el crecimiento de la energía eólica ha sido espectacular. Eolo, el dios griego de los vientos, reina en España.

### ***La singularidad eólica***

Pero la gestión de la energía eólica presenta algunas singularidades a la hora de llevar a cabo una operación segura del sistema eléctrico, y por esa razón el operador del sistema creó el Cecre.

¿A qué singularidades nos referimos? Pues a algunas como éstas:

- | ✓ El elevado número de productores eólicos existentes en el sistema eléctrico, con más de 700 parques, por otro lado, muy disper-

sos por toda la geografía peninsular, lo que dificulta la interlocución en tiempo real entre estos generadores y el operador del sistema.

- ✓ Su variabilidad: la generación eólica se produce cuando sopla el viento, y no cuando los consumidores requieren esa energía. Esto hace especialmente compleja su operación, ya que no ofrece garantía de potencia, lo que obliga a disponer de otras centrales que puedan hacer frente a la demanda con una producción eólica reducida.
- ✓ Su imprevisibilidad: dado que su producción depende del viento, es difícil conocer con antelación y exactitud la energía que se puede producir, con lo que es necesario disponer también de una reserva de potencia adicional de otras fuentes de generación preparadas para compensar las variaciones no previstas de producción eólica.
- ✓ Algunos tipos de aerogeneradores se desconectan de forma instantánea ante los denominados *huecos de tensión*, es decir, descensos bruscos de tensión que se restablecen en un corto período de tiempo. Eso puede provocar pérdidas súbitas de generación eólica.

La misión del Cecre es anticiparse a estas posibles incidencias y plantear soluciones cuando suceden. Para ello, hace diagnósticos y evaluaciones en tiempo real sobre los efectos que tendrían estas singularidades con el fin de prever y ejecutar las medidas de operación que deberían aplicarse en

cada caso para mantener el sistema en un estado seguro.

## *Una unidad dentro del Cecoel*

Asociado al Centro de Control Eléctrico (Cecoel), del que te hablaba en el capítulo 9, el Cecre es el encargado de:

- ✓ Gestionar y controlar la generación de todos los productores de energías renovables instalados en nuestro país.
- ✓ Articular la integración de su producción en el sistema eléctrico de forma compatible con la seguridad de éste.

Los resultados de la buena labor del Cecre no tardaron en llegar, sobre todo una vez que, en el año 2011 y en cumplimiento de la normativa vigente, se iniciara el proceso por el que las instalaciones de potencia superior a 1 MW o pertenecientes a una agrupación de instalaciones de potencia superior a 1 MW debían enviar información de su producción de energía en tiempo real a este centro de control.



Así, gracias a esta herramienta de gestión de las energías renovables, España se convirtió en el primer país del mundo en tener todos sus parques eólicos de más de 10 MW conectados a un único centro de control.

## Cómo opera el Cecre

Para incrementar la eficacia de la gestión y los recursos, el Cecre es el interlocutor único en tiempo real entre el Cecoel y los centros de control de generación (CCG) habilitados por el operador del sistema a los que están conectados los parques de generación de origen renovable.

Estos centros de control de generación deben contar con la suficiente capacidad de control, mando y seguimiento sobre la generación a ellos adscrita, y tener la capacitación apropiada de sus recursos humanos para garantizar una interlocución segura con el operador del sistema y su funcionalidad las 24 horas al día, todos los días del año. Y para que así sea, ahí está como supervisor el Cecre.

Dentro de esa función de supervisar y controlar a los generadores cuya fuente de energía primaria es de origen renovable, el Cecre:

- ✓ Recibe información en tiempo real sobre las unidades de producción necesarias para la operación en tiempo real. En concreto, cada 12 segundos recibe de cada parque eólico los datos relativos a la potencia activa, reactiva, tensión, conectividad, temperatura, estado de conexión a la red, velocidad del viento...
- ✓ A partir de esta información, calcula la producción eólica que en cada momento puede

integrarse en el sistema eléctrico en función de las características de los generadores y del propio estado del sistema.

- ✓ El cálculo se realiza con un desglose por parque eólico y con una agregación para cada nudo de la red de transporte, y es enviado a los centros de control de generación que, a su vez, lo comunican a los productores para que procedan a la modificación de la consigna de la potencia cargada a la red.

De esta manera, y gracias a sofisticadas herramientas informáticas, se puede comprobar en cada instante si el total de generación de las energías renovables puede integrarse en el sistema eléctrico sin afectar a la seguridad del suministro.



Queda claro, pues, que desde el Cecre se está haciendo posible la integración creciente de la energía renovable en el sistema, sin que se vean comprometidas ni la seguridad ni la calidad del suministro. La reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera es el efecto más inmediato de esta labor.

### ***Órdenes que no se discuten***

Ahora bien, pongamos por caso que hay superproducción de energía porque en toda la península hay rachas de viento tales que hacen que los generadores funcionen a pleno rendimiento. En un caso así es evidente que no es posible integrar en el sistema toda la producción eólica disponible. ¡Y más si resulta que es de noche y estamos en ple-

nas horas valle, las de consumo más bajo! Para acabarlo de complicar, no se puede disminuir más la generación convencional porque ésta ya trabaja al mínimo técnico y porque puede necesitarse en cuanto deje de soplar el viento o aumente el consumo de electricidad. Y aún más a lo largo del día siguiente, cuando la generación de origen renovable no será suficiente para cubrir toda la demanda.

En un caso así, lo que hace el Cecre es emitir órdenes para reducir esa producción, órdenes que deben cumplirse en menos de 15 minutos para equilibrar lo antes posible la generación con la demanda. De esa forma, cualquier situación inadmisible en el sistema debido a la alta producción eólica se puede corregir rápidamente.

¡Y ojo con que no se corrija! Una alta generación eólica puede llevar a desequilibrios entre demanda y generación inadmisibles para el sistema o a sobrecargas o valores de la tensión que la red de transporte o de distribución no puedan soportar. De ahí la importancia de que el Cecre esté siempre ojo avizor y actúe de inmediato nada más detectar un problema.

No lo negaremos, lo ideal sería aprovechar esos fuertes vientos, generar toda la energía posible y luego almacenar la que no se distribuyera en el momento. Pero, lamentablemente, y como bien sabes, la electricidad no se puede almacenar, al menos en grandes cantidades. Por ahora...

## *La interconexión no tiene precio*

La labor del Cecre es aún más importante vista la reducida interconexión energética con los países vecinos, especialmente con Francia. Piensa que el nivel mínimo que establece la Unión Europea es de un 10 % de la capacidad de generación instalada, pero el de España y Francia sólo alcanza un 3 %... (En el capítulo 4 puedes repasar más información al respecto.)

No es lo deseable. Y no lo es porque cuanto mayor sea la capacidad de intercambio eléctrico entre los sistemas, más preparados estaremos para responder a las variaciones de este tipo de energías renovables y mejor aprovecharemos todo el potencial eólico del que disponemos. Por ejemplo, para enviarlo a Francia. De esa forma, la energía producida tendría siempre una salida.

El Cecre, pues, juega un papel determinante en la integración de las energías renovables en un panorama tan poco interconectado como es el español.



## Capítulo 11

# Cuando acaba el partido

### *En este capítulo*

- ▶ La labor del Sistema de Información de Medidas Eléctricas
- ▶ Qué son los puntos frontera y los puntos de medida
- ▶ Cómo se recogen los datos para realizar la liquidación del sistema eléctrico

**E**n el capítulo 5 te comparaba la operación del sistema eléctrico con un partido de fútbol en tres etapas: preparación (o pretemporada), el juego en sí y el análisis final.

Pues bien, toca ahora hablar de la última de ellas, la que nos lleva al tema de las medidas eléctricas y las liquidaciones. O, dicho lisa y llanamente, a saber quién cobra y quién paga en todo esto.

### *Una herramienta llamada Simel*

El protagonista aquí lleva por nombre Simel, es decir, Sistema de Información de Medidas Eléctri-

cas, que no es sino una herramienta concebida para obtener los datos reales de la energía que se consume y se genera en el sistema eléctrico para la liquidación correspondiente a las distintas empresas implicadas (generadores, comercializadores y clientes, fundamentalmente), así como para el cálculo de la facturación de las tarifas de acceso.

Simel está formado por:

- ✓ **Los equipos de medida:** Son básicamente contadores de energía eléctrica instalados en distintos puntos del sistema eléctrico, denominados puntos frontera del sistema de medidas.
- ✓ **Los concentradores de medidas:** Son sistemas de información y comunicaciones necesarios para almacenar los datos de energía, procesarlos convenientemente y ponerlos a disposición de las empresas eléctricas.

El operador del sistema es el responsable del correcto funcionamiento de todo el Simel, además de ser el propietario de uno de los concentradores de medidas, el concentrador principal. Además, el operador del sistema es el encargado de la lectura de una parte de los contadores de energía instalados en el sistema (de la lectura del resto de contadores se ocupan los distribuidores), así como de efectuar inspecciones y verificaciones en las instalaciones de las que es encargado de lectura para comprobar que estos contadores de energía funcionan correctamente y cumplen los requisitos exigidos por la normativa.

De los equipos y de los concentradores de medidas te hablaré en este mismo capítulo con más detalle. Pero antes, una pequeña explicación sobre algo sin lo cual es difícil entender cómo está estructurado todo el sistema de medidas.

## ***Los puntos frontera***

En el primero de los puntos que comentábamos en el apartado anterior, el de los equipos de medida, quizás te haya sorprendido una expresión un tanto críptica: puntos frontera. Tienes todo el derecho, pues aunque las palabras que la componen son de uso común, juntas y aplicadas al sector eléctrico dicen poco o nada a los que no pertenecen a él.

No hay de qué espantarse, como verás rápidamente, porque *puntos frontera* no son más que los puntos de conexión entre dos actividades eléctricas distintas en las que se debe medir el intercambio de energía realizado. Por ejemplo, las instalaciones de generación que están conectadas a la red de transporte o a la red de un distribuidor, o aquellas otras donde existe una interconexión con un país vecino.

Para entenderlo, lo más fácil es observar las actividades que llevan a cabo ambos lados de estos puntos frontera y que se pueden clasificar así:

- ✓ Generación – transporte.
- ✓ Generación – distribución.
- ✓ Distribución – transporte.
- ✓ Distribución – distribución.

- ✓ Clientes – transporte.
- ✓ Clientes – distribución.
- ✓ Transporte – internacional.



El punto frontera, pues, no es más que aquel punto en que coinciden estas actividades. Y es que la electricidad siempre se halla transitando entre una actividad y otra en su camino desde la central generadora hasta que pone en marcha tu ordenador o enciende la luz de tu sala de estar.

## *De los puntos frontera a los puntos de medida*

Para llevar a cabo su función, el Simel requiere los puntos de medida.

Un punto de medida consiste en un conjunto formado por un contador de energía y todos los equipos auxiliares necesarios para obtener registros precisos de energía, tales como un registrador horario, transformadores de medida, cableados o sistemas de comunicación.

¿Y dónde? Pues en esos puntos frontera entre actividades para, como su propio nombre indica, medir la transacción de energía que tiene lugar entre los mismos. Si tienes en cuenta que el número de puntos frontera entre las actividades clientes-transporte y clientes-distribución suman la friolera de casi 29 millones, te darás cuenta de lo ímprobo de este trabajo. Aunque también es verdad que no

todas las actividades cuentan con tantos puntos frontera. La de distribución-transporte suma 1.300, mientras que la de transporte-internacional, sólo 21.



Estos puntos de medida se clasifican en cinco tipos diferentes de acuerdo a la potencia de la instalación o a la energía intercambiada, y dependiendo del tipo de punto frontera. De este modo, se encuentran:

- ✓ **Puntos tipo 1:** Son aquellos puntos de medida en puntos frontera de clientes con potencia contratada igual o superior a 10 MW; en puntos frontera de generación con potencia igual o superior a 12 MVA, y en el resto de puntos de medida en cualquier otro tipo de puntos frontera con energía intercambiada anual igual o superior a 5 GWh.
- ✓ **Puntos tipo 2:** Se incluyen aquí los puntos de medida en puntos frontera de clientes con potencia contratada igual o superar a 450 kW; en puntos frontera de generación igual o superior a 450 kVA, y en puntos de medida en cualquier otro tipo de frontera con energía intercambiada anual igual o superior a 750 MWh.
- ✓ **Puntos tipo 3:** Son los que no pueden incluirse en otra categoría.
- ✓ **Puntos tipo 4:** Son los puntos de medida en puntos frontera de clientes cuya potencia contratada en cualquier período es igual o inferior a 50 kW y superior a 15 kW.

- ✓ **Puntos tipo 5:** Son los puntos de medida en puntos frontera de clientes cuya potencia contratada es inferior o igual a 15 kW, y en puntos frontera de generación cuya potencia nominal es inferior o igual a 15 kVA.

El encargado de su lectura es distinto según el tipo de punto de medida y el tipo de punto frontera.

Para fronteras de clientes y de generación tipo 3 y 5 es la empresa distribuidora la que lleva a cabo esa lectura, mientras que el resto de puntos corre a cuenta del operador del sistema. También cambian las exigencias de precisión de sus equipos de medida según el tipo, por ejemplo, las de los equipos de medida de los tipo 1 son mucho más exactas que para los tipo 5.

### *Inspeccionar y verificar*

Por supuesto, todos estos puntos de medida están sujetos a inspecciones que comprueban que su instalación se ajusta a lo reglamentariamente establecido. Igualmente, se llevan a cabo verificaciones, es decir, ensayos que tienen como objetivo comprobar que un contador de energía mide con la precisión requerida.

El encargado de esta labor es el verificador de medidas eléctricas, que es el propio operador del sistema en aquellos puntos de cuya lectura se encarga.

Además, las instalaciones de medida deben ser inspeccionadas y verificadas antes de que transcu-

rnan tres meses desde su entrada en servicio. Posteriormente, deben ser inspeccionadas y verificadas con una periodicidad que depende del tipo del punto de medida:

- ✓ Tipo 1: cada dos años.
- ✓ Tipo 2: cada cinco años.
- ✓ Tipo 3: cada cinco años.

Todo, en fin, para que las lecturas estén dentro de un margen de error admisible.

## *El concentrador recoge la información*

Pero todavía no está todo dicho, no te vayas a creer. Porque, además de los puntos de medida, el Simel necesita de otros instrumentos básicos, sin los cuales la lectura de los datos sería poco menos que imposible. Me refiero a los concentradores. Los hay de dos tipos: el concentrador principal y los concentradores secundarios.

### *El concentrador principal*

Se trata de un sistema informático que recibe, trata, almacena y difunde los datos de todos los puntos de medida. Esta información la puede recibir de forma individualizada del contador de energía (por ejemplo, en una instalación de generación de gran potencia) o de varios contadores de forma agregada (por ejemplo, para clientes domésticos).

Además, realiza las siguientes tareas:

- ✓ Gestiona el alta, modificación y baja de los puntos frontera de los que el operador del sistema es el encargado de la lectura.
- ✓ Recibe todas las medidas procedentes de los puntos frontera de los que el operador del sistema es el encargado de la lectura.
- ✓ Recibe las medidas individualizadas de los puntos frontera de clientes tipo 1 y 2 desde los concentradores secundarios de los distribuidores.
- ✓ Recibe las medidas agregadas del resto de puntos frontera de los que los distribuidores son los encargados de lectura desde sus concentradores secundarios.
- ✓ Estima las medidas de los puntos de medida cuando no es posible disponer de las medidas de los contadores de energía.
- ✓ Publica periódicamente los datos de medida disponibles para las empresas eléctricas y el sistema de liquidaciones a fin de efectuar las liquidaciones del sistema eléctrico, así como para otros organismos públicos en el ámbito de sus competencias.
- ✓ Recibe y resuelve las reclamaciones a estas publicaciones.

El concentrador principal, no obstante, poco podría hacer si no contara con la ayuda de los concentradores secundarios.

## *Los concentradores secundarios*

Estos otros concentradores son también sistemas informáticos para la captura y almacenamiento de las lecturas de energía de los contadores para su posterior envío al concentrador principal.

Cualquier empresa eléctrica puede instalar y operar de forma voluntaria un concentrador secundario, por ejemplo para los contadores de sus instalaciones, siempre que haya garantía, a través de un mecanismo de firma electrónica, de que no se manipulen sus medidas de energía. De esta forma, el concentrador principal, en vez de leer directamente el contador recibe su medida desde uno de estos concentradores secundarios.

Además, los distribuidores disponen obligatoriamente de un concentrador secundario para los puntos frontera de los que son encargados de lectura. De este modo, el propio distribuidor lee los contadores y envía sus medidas al concentrador principal.



## El proyecto PERFILA

En el mercado eléctrico, toda la energía se negocia y se liquida de forma horaria. Por ello, es necesario estimar cómo se comporta cada hora la demanda de la parte correspondiente a los hogares y pequeños comercios y servicios, una fracción importante del consumo. Dicha estimación se realiza utilizando los denominados *perfils de consumo* que asignan a los consumidores un patrón de comportamiento.

Pero hay un problema. Y es que, todavía hoy, más de la mitad de la energía que se consume en nuestro país no puede medirse en tiempo real. Ni los hogares ni una parte importante de los pequeños comercios y servicios disponen de *contadores inteligentes* y, por tanto, de medida en tiempo real.

Es ahí donde entra el proyecto PERFILA, liderado por Red Eléctrica y que cuenta con la participación de las empresas distribuidoras de electricidad (Endesa, Iberdrola, Unión Fenosa Distribución, Eon, EDP Hidrocantábrico Energía y ASEME) y el Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Su objetivo es mejorar el servicio de perfilado actual basándose en un panel de consumidores que dispongan de contadores inteligentes, que progresivamente sustituirán al parque actual de contadores según el Plan Nacional de Sustitución de Contadores.

Con la información obtenida de esos contadores se optimizará la gestión del sistema y se obtendrá una mayor eficiencia del sistema eléctrico. Y en lo que se refiere a la operación del sistema, se avanzará hacia una menor necesidad de uso de los servicios de ajuste del sistema debido a un cierre de energía final más real y con menos descuadres horarios.

## *Quién cobra y quién paga. Las liquidaciones*

Bien lo sabes por experiencia propia: la electricidad no es gratis. Y si no lo es para ti o para mí, que sólo somos consumidores, tampoco lo es para el conjunto de los actores del sistema eléctrico. Sólo los ajustes que realiza la compañía en tiempo real para garantizar la seguridad del sistema ya suponen un coste, que se reparte entre todos los comercializadores proporcionalmente a su consumo.

Además, para garantizar la estabilidad del sistema es necesario contar con una reserva suficiente de instalaciones de producción que estén disponibles en el corto, medio y largo plazo. Por supuesto, estas disponibilidades se remuneran y su coste se asigna a los comercializadores según su consumo.

### *Los desvíos también cuentan*

Y no queda ahí la cosa. Hay que compensar también los desvíos entre el consumo real de energía y la previsión que los comercializadores compraron en el mercado antes de empezar cada hora, y lo mismo cuando hay desfase entre la producción real y el programa de producción que se vendió en el mercado antes de empezar la hora...

El sistema de medidas de que te hablaba antes permite conocer en cada hora cuál ha sido el desvío entre la producción de los generadores y su previsión enviada y cuál ha sido el desvío entre el

consumo de los clientes de cada comercializador y su previsión enviada. Los costes de compensar los desfases entre lo real y lo previsto en el mercado se asignan a los generadores y comercializadores que han tenido desvíos.

Con esos datos en mano, el operador del sistema puede calcular el importe de todos los cobros y pagos horarios que se facturan cada mes.

El sistema de medidas (SIMEL) permite conocer más del 99 % de la producción real horaria de las 65.000 instalaciones de producción en los primeros días del mes siguiente. Esta increíble rapidez permite que la liquidación de los desvíos de producción de cada hora de un mes esté prácticamente terminada al mes siguiente.

No ocurre lo mismo con la medida del consumo horario de los casi 29 millones de consumidores. El consumo real se conoce provisionalmente siete meses después del mes de consumo. Y, definitivamente, once meses después del mes de consumo, una vez finalizado el plazo de reclamaciones a las mismas. Te puede parecer mucho retraso, pero 29 millones de contadores son muchos, y hay un montón de horas cada mes. A pesar de estas dificultades, España es uno de los países europeos donde menos se tarda en liquidar el consumo. Pero esto va a cambiar en los próximos años porque todos los consumidores tendremos contadores electrónicos que podrán leerse de forma remota por un ordenador. Esto permitirá disponer del consumo de millones de consumidores al mes

siguiente y adelantar las liquidaciones del consumo real.

Hay una diferencia importante entre el sistema eléctrico peninsular y los sistemas de Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla: en estos sistemas no existe un mercado como en la Península. Por este motivo el operador del sistema tiene encomendada la tarea de liquidar toda la energía que se produce y que se consume en estos sistemas: tanto la que se programa el día antes como la que resulta del desvío entre la medida y el programa.

El paisaje de las liquidaciones no estará completo si no hablamos de las garantías de pago. Son muy importantes para asegurar la estabilidad financiera de las liquidaciones del operador del sistema si se diera el caso de que un comercializador no efectuara el pago de su liquidación. Para cubrir este riesgo, el operador del sistema requiere a los comercializadores avales u otros instrumentos financieros según su volumen de compras y de desvíos. En caso de impago se ejecutarían estas garantías para poder pagar a los acreedores de la liquidación.



## Capítulo 12

# Los retos de Red Eléctrica

### *En este capítulo*

- ▶ Intensificar las interconexiones con el resto de Europa
- ▶ El desarrollo de las redes inteligentes
- ▶ Una apuesta decidida por el vehículo eléctrico
- ▶ El ciudadano, protagonista del sistema eléctrico

**M**ucho tiempo ha pasado desde que, allá por el siglo vi a.C., un curioso filósofo griego constataría con asombro un fenómeno que acabaría siendo el auténtico fluido vital del mundo moderno: la electricidad. Y todo por la ocurrencia de frotar un trozo de ámbar con un poco de lana... Ese filósofo era Tales de Mileto, y precisamente con su ansia de conocer empezamos la andadura de este libro.

Veintisiete siglos después de aquel experimento, nos encontramos en un momento de transición hacia un nuevo modelo energético que dé servicio a una sociedad cada vez más electrodependiente. Porque la electricidad, nadie lo duda, es el motor del presente y aún más del futuro. Y lo es, sobre todo, por el creciente desarrollo de las energías

renovables, con todo lo que eso significa en la reducción de la dependencia de las fuentes de energías fósiles, como el petróleo o el carbón, y la lucha contra el cambio climático.

En el nuevo modelo energético que se avecina, Red Eléctrica de España está llamada a jugar un papel clave. Y para certificarlo, se ha impuesto los siguientes ocho retos.

## *La garantía y seguridad en el suministro eléctrico*



Para garantizar la seguridad en el suministro eléctrico, Red Eléctrica ha proyectado un plan de inversión importante para los próximos años, tanto en el sistema peninsular como en los no peninsulares, así como para las interconexiones internacionales y con los archipiélagos, también entre islas.

En este ámbito, uno de los proyectos más destacados desde el punto de vista de la garantía de suministro y la vertebración del territorio es la interconexión submarina entre Mallorca e Ibiza, que unirá los dos subsistemas eléctricos presentes en la actualidad en Baleares, el de Mallorca-Menorca y el de Ibiza-Formentera, que te explicamos en el capítulo 4.

## *El refuerzo de las interconexiones con Europa*

Es un hecho: el sistema eléctrico español no alcanza el nivel mínimo del 10 % de interconexión internacional que recomienda la Unión Europea. Se queda en un 3 %.

Por ello, Red Eléctrica lleva a cabo una nueva interconexión por los Pirineos Orientales que, en 2015, duplicará el nivel de interconexión actual de 1.400 a 2.800 MW.

Pero no es suficiente. Por ello, se apunta a una nueva interconexión en el horizonte de 2020 y desde el País Vasco, que sería submarina e iría por el golfo de Vizcaya.

## *El desarrollo de las superredes eléctricas*

Los ambiciosos objetivos para 2020 (el llamado “compromiso 20/20/20”, es decir, reducir para ese año las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20%; ahorrar el 20 % del consumo de energía mediante una mayor eficiencia energética, y promover las energías renovables hasta un 20 %), sumados a la hoja de ruta para 2050 de la Unión Europea, pasan por el desarrollo creciente de la electrificación y las superredes, entendidas éstas como redes supranacionales con gran capa-

ciudad de transporte a largas distancias y que pueden equilibrar las fluctuaciones inherentes a las energías renovables.

Red Eléctrica juega un papel importante en la conformación de esas autopistas eléctricas, que no sólo permitirán la utilización óptima del recurso renovable marino y terrestre, sino que también facilitarán un apoyo entre sistemas eléctricos en función de la situación de la generación, la red de transporte y la demanda de cada uno de ellos.

## *El vehículo eléctrico*



Dentro de la apuesta de Red Eléctrica por un desarrollo energético más sostenible destaca con luz propia el vehículo eléctrico. Es cierto, todavía es una rareza en nuestras carreteras, pero a medida que su presencia vaya aumentando se convertirá en un aliado para operar de forma más eficiente el sistema eléctrico y facilitar una mayor integración de energías renovables. Con la recarga inteligente, los vehículos eléctricos se convertirán en un gran aliado para la operación del sistema, puesto que la recarga se podrá realizar de manera flexible, aprovechando la energía renovable que en ocasiones se deja de producir por la noche al no haber suficiente demanda para integrarla en el sistema.

Pero éste no es el único beneficio del vehículo eléctrico. Otro no menos importante es que su uso reduce la dependencia energética del petróleo y disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> y de otros gases de efecto

invernadero a la atmósfera. La primera consecuencia será la mejora de la calidad del aire de las ciudades. Todo un regalo para nosotros, sus habitantes.

## *Las redes inteligentes*

Una red inteligente. Suena bien, pero ¿a qué nos referimos con esta expresión? ¿Es que las redes actuales acaso son “tontas”?

En absoluto. Lo que pasa es que una red es inteligente cuando es capaz de integrar de forma eficiente el comportamiento y las acciones de todos los usuarios conectados a ella. Es decir, de los generadores, de los consumidores y de aquellos otros que hacen ambas cosas. Y todo de tal forma que se asegura un sistema energético sostenible y económicamente eficiente, en el que las pérdidas son reducidas a la mínima expresión y los niveles de calidad y seguridad de suministro se mantienen, como debe ser, altos.

Además, una red merece el apelativo de inteligente cuando es:

- ✓ **Flexible y adaptable** a las necesidades cambiantes del sistema.
- ✓ **Segura**, capaz de operarse y protegerse de manera sencilla y de ofrecer la información necesaria en tiempo real.
- ✓ **Eficiente** hasta el punto de satisfacer las necesidades energéticas minimizando las necesidades de nuevas infraestructuras.

- ✓ **Abierta** al permitir integrar de forma segura las energías renovables, facilitar el desarrollo de los mercados eléctricos y permitir crear nuevas oportunidades de negocio.
- ✓ **Sostenible** y, como tal, respetuosa con el medio ambiente y socialmente aceptada.



No es algo nuevo, pues desde hace años la red de transporte de energía en alta tensión disfruta de inteligencia asociada a sus dispositivos. Pero no por ello Red Eléctrica ha dejado de avanzar en pos de una mayor automatización, integración y coordinación de todos los intervenientes que se encuentran conectados a ella. El objetivo ya te lo puedes imaginar: la seguridad, calidad y eficiencia en el suministro de electricidad.

Para conseguirlo, Red Eléctrica desarrolla más de 25 iniciativas en los ámbitos de sistemas de control en tiempo real, seguridad y fiabilidad del sistema, sistemas de predicción y cobertura, gestión de la demanda, ciberseguridad e instalaciones singulares.

## *La reducción de la dependencia energética*

Red Eléctrica continúa potenciando las funcionalidades de su centro de control de renovables, el Cecre, y aportando nuevas soluciones de operación del sistema con el fin de integrar estas energías de difícil gestionabilidad en condiciones de seguridad.

Esto está permitiendo que las energías autóctonas tengan cada vez más protagonismo en la cobertura de la demanda, con la consiguiente reducción de la dependencia energética exterior.

## *El almacenamiento energético*

Vale, ahora dirás que me contradigo. Que después de haberte dicho por activa y por pasiva que la energía no se puede almacenar ahora resulta que sí.

Todo tiene una explicación. Y la que viene al caso es muy sencilla: la energía sí se puede almacenar, pero hacerlo en grandes cantidades resulta muy complicado, al menos en el nivel tecnológico en el que actualmente nos movemos. Éstos son algunos de los métodos que existen a lo largo de la cadena de suministro:

- ✓ **A gran escala (GW):** Hidroeléctrica reversible (bombeo), almacenamiento térmico.
- ✓ **Almacenamiento en redes (MW):** Pilas y baterías; condensadores y superconductores; volantes de inercia.
- ✓ **A nivel de usuario final (kW):** Baterías, superconductores, volantes de inercia.

No cabe duda que en un futuro más cercano que lejano, las nuevas tecnologías de almacenamiento de energía se convertirán en elementos fundamentales de los sistemas eléctricos, de tal forma que el almacenamiento eléctrico aporte valor en todos y

cada uno de los eslabones de la cadena de suministro de electricidad.



Consciente de ello, Red Eléctrica apuesta por la incorporación del almacenamiento de energía en toda la cadena de suministro de electricidad, con el objetivo de maximizar la integración de renovables y dotar de una mayor eficiencia al conjunto del sistema eléctrico.

Esa apuesta tiene nombre y apellido: el proyecto ALMACENA, consistente en una solución de almacenamiento electroquímico de energía conectada a la red. Y no es el único proyecto en marcha, pues en las islas Canarias hay previsto instalar un prototipo de volante de inercia, un sistema de almacenamiento de energía mediante una masa giratoria.

## *El incremento del papel del ciudadano*

Por último, otro reto que se plantea Red Eléctrica es el de convertir al ciudadano de a pie, a ti, en uno de los protagonistas del sistema eléctrico. Piensa que éste se encuentra en una fase de transición hacia un modelo energético más dinámico en el que dominarán nuevos factores que reclamarán una participación activa de tu parte. La introducción masiva del vehículo eléctrico del que te acabó de hablar es uno de ellos. Y no es el único, pues asistimos a un proceso de progresiva electrifica-

ción de la sociedad, por el cual cada vez más cosas dependen de esa energía.

De lo que se trata, pues, es de acabar con el modelo de consumidor pasivo y sustituirlo por otro que conozca mejor todo lo referido al funcionamiento del sistema eléctrico y, con ese conocimiento en mano, se implique en un consumo más eficiente y respetuoso con el medio ambiente. Para conseguirlo, Red Eléctrica de España lleva a cabo iniciativas para poner a tu disposición información sobre el estado del sistema eléctrico en tiempo real y acercarte sus iniciativas a través de la página web [www.ree.es](http://www.ree.es).

