

**Juan Moreno**  
Ingeniero de Minas y Telecomunicaciones  
Dirección de Operación de Red Eléctrica de España

# CONTROL DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Desde las primeras demandas de los técnicos acerca de la necesidad de protocolos de actuación para garantizar la calidad y validez de los datos de las primeras redes, hasta ahora que está a punto de aprobarse la nueva Directiva de Calidad del Aire, la calidad de los datos se ha asegurado, principalmente, con normas de carácter voluntario.

En la actualidad, cuando alguien actúa sobre uno de los interruptores de casa o del trabajo, no pasa por su mente la posibilidad de que la compañía suministradora lo haya dejado sin "luz". Lejos quedaron los tiempos en los que en todos los hogares había un manojo de velas y una palmaria. Tampoco piensa nadie que, al tiempo que enciende o apaga una lámpara, indirectamente está emitiendo una orden a varias centrales eléctricas, que están obligadas a incrementar o a reducir su generación para atender las necesidades del cliente. La consecuencia inmediata es que la generación producida por el conjunto de generadores del sistema debe ajustarse al consumo de energía demandada en cada uno de estos instantes, lo cual no es un asunto baladí.

Si se divide el año en intervalos infinitesimales se puede asegurar que, a lo largo y ancho de todo el sistema, en cada uno de esos intervalos se oprime el botón del mecanismo

de un gran número de interruptores, que son accionados por los clientes a su libre albedrío para hacer uso, o dejar de utilizar, la energía eléctrica. La suma de todas y cada una de las potencias consumidas en el mismo instante es lo que denominamos Demanda Eléctrica.

Así, se puede hablar de demanda instantánea, que es la potencia eléctrica consumida en todo el sistema en un instante concreto, o de demanda horaria, que es la energía absorbida en el sistema durante una hora. Y también de energía diaria, es decir, el consumo de energía eléctrica a lo largo de un día en el sistema eléctrico. La demanda es el mejor indicador de la carga de trabajo a la que se está sometiendo al conjunto del sistema eléctrico. Pero la importancia de su valor no se queda en un mero dato indicativo, sino que es un claro reflejo de la actividad económica y del bienestar del país. Da idea de asuntos tan distintos como cuántos españoles

están trabajando en agosto o qué sensación de frío tenemos.

## Predicción

Dado que la energía eléctrica no se puede almacenar como tal de forma significativa, y dado que los grupos generadores precisan de tiempos de arranque que pueden ser de muchas horas, es necesario contar con una previsión de demanda lo más ajustada posible a la que vaya a ser la realidad para preparar, programar y disponer la generación necesaria para su satisfacción. Además, tanto los equipos generadores como las redes de transporte y distribución precisan de mantenimiento, por lo que es preciso conocer la evolución futura de la demanda para encajar el mantenimiento, de forma que siempre haya generación y elementos de transporte disponibles para dar el servicio. Finalmente, es necesario prever la evolución creciente de la demanda de energía a lo largo de los años, para ajustar las inversiones en nuevo equipo gene-

rador y de transporte y continuar garantizando la cobertura del servicio. Todo ello buscando el menor coste y, por consiguiente, la mínima repercusión en el precio que han de pagar los consumidores.

En resumen, se han descrito las tres etapas u horizontes básicos que se contemplan en la gestión de demanda eléctrica: etapa de corto plazo o tiempo real, etapa de planificación de la operación y etapa de planificación a largo plazo. En Red Eléctrica de España (REE), como Operador del Sistema Eléctrico, se debe prever el consumo de energía eléctrica. Para ello se han desarrollado tres modelos: el primero es utilizado en planificación para previsiones a largo plazo -de hasta diez años o superior-, el segundo se emplea para previsiones con extensión de varios meses o incluso anual, y con el tercer modelo obtenemos previsiones a corto plazo: semanales, diarias y horarias.

Para obtener previsiones a largo plazo se desglosa primeramente el crecimiento total teniendo en cuenta la laboralidad, el efecto temperatura y el efecto económico y demográfico. Posteriormente, teniendo en consideración las series históricas, este modelo genera una miríada de posibles escenarios futuros para diferentes crecimientos esperados del PIB y elasticidades, así como para diferente climatología, siendo la laboralidad de los escenarios futuros conocida y fija. Se genera así una predicción de demanda con unos ciertos márgenes de confianza.

La previsión con horizonte de varios meses o un año se obtiene de forma similar: el modelo se alimenta igual-

mente de series históricas corregidas, pero considera el crecimiento del PIB y la elasticidad como datos fijos. Los escenarios se generan con un perfil de temperaturas medio.

En el modelo de predicción de la demanda diaria se modelizan la tendencia creciente y el ciclo estacional de la serie temporal siguiendo la metodología Box-Jenkins. Para los cambios de las condiciones de laboralidad se complementa con un complejo análisis de intervención, tanto por el número y tipo de variables como por sus filtros dinámicos. Este modelo se modifica posteriormente según las variables meteorológicas seleccionadas como representativas: temperaturas máximas y mínimas diarias, nubosidad a mediodía y horas de luz solar.

Ante la necesidad de disponer de una predicción horaria de demanda se utilizan veinticuatro modelos horarios de predicción a muy corto plazo. La metodología es la misma, y la modelización de las variables meteorológicas y de laboralidad se puede adaptar más específicamente al comportamiento de cada hora. En total, unos ciento cincuenta parámetros se ajustan horariamente para la mejor previsión de la demanda de las horas siguientes.

#### Tiempo real

Hasta ahora se ha hablado de qué es y cómo predecir la demanda pero ¿cómo conocemos su valor en tiempo real? Para medir el consumo total real de energía eléctrica en cada momento hay dos opciones:

- Regación de la lectura del valor instantáneo de los contadores de la totalidad de los clientes que consumen energía en todo el sistema

eléctrico o, también, el valor agregado de las diferencias de lecturas en los mismos intervalos regulares de tiempo de todos los contadores, divididos por las longitudes de los intervalos (potencias medias)

- Regación de los valores instantáneos de todos los grupos generadores que producen en dicho sistema.

La primera opción no parece ser la más adecuada, dado que conectar el sinnúmero de registradores distribuidos en todo el sistema con el Operador del Sistema se antoja arduo, dificultoso y, sobre todo, costoso. Por el contrario, ya hemos comentado que en todo momento se tiene que cumplir la siguiente igualdad:

#### Demanda instantánea real = Generación instantánea real

Así podemos decir, sin temor a equivocarnos, que la potencia total generada más/menos la potencia circulante por las líneas de interconexión con los países vecinos es equivalente a la potencia total consumida o, lo que es lo mismo, a la Demanda de energía eléctrica. Pues bien, esto es lo que hace REE por medio de su red de fibra óptica: directamente desde las centrales generadoras, o desde las empresas productoras por los enlaces entre ordenadores, recibe las medidas de potencia activa y reactiva de todos los grupos generadores del sistema. De esta forma, REE calcula la demanda instantánea en barras de central eléctrica incluyendo la que se consume en pérdidas ocasionadas por las redes de transporte y distribución. Del mismo modo conocemos la demanda consumida en los sistemas de Canarias, Baleares, Ceuta y Melilla. ⇒

**La demanda es el mejor indicador de la carga de trabajo a la que se está sometiendo al conjunto del sistema eléctrico, pero también es un claro reflejo de la actividad económica y del bienestar del país.**

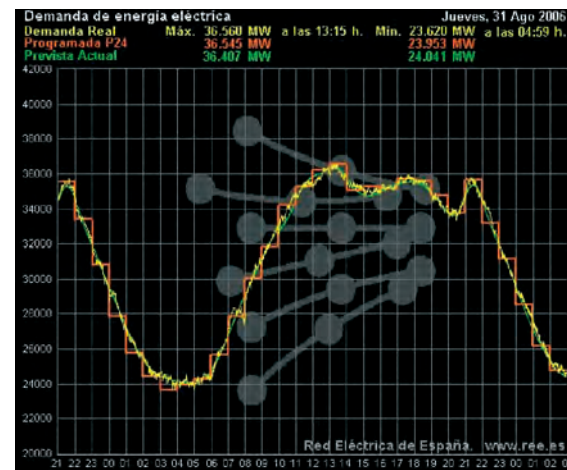
## Seguimiento

Como hemos visto, conocemos la previsión de la demanda y podemos calcular su valor real. Por tanto, lo que procede es realizar un seguimiento de la demanda real respecto a la prevista, con el objeto de prever los desvíos y corregir la previsión. El sistema eléctrico peninsular español se ha dotado de un mercado de energía eléctrica donde los diferentes agentes productores, distribuidores y comercializadores van a efectuar sus ofertas de compra/venta. De este modo, cada día, para las veinticuatro horas del día siguiente, hay un mercado diario en el que se casan las ofertas de demanda de energía con las ofertas de producción de las centrales generadoras y los intercambios internacionales; y seis mercados intradiarios que utilizan los agentes para corregir sus desvíos de previsión de demanda o alteraciones sobrevenidas en los grupos productores. Como resultado de estos mercados, se obtiene un programa de generación equivalente a la demanda casada por los agentes, que podrá aproximarse más o menos a la previsión obtenida por el Operador del Sistema.

La previsión de demanda horaria como tal lleva asociada un error probable, que en el modelo de REE es inferior al 2% medido como desviación cuadrática media. Asimismo, el sistema posee otras incertidumbres, ya que los generadores son susceptibles de desconectar por diferentes motivos y la red de transporte puede sufrir incidencias. Para llevar a cabo la vigilancia y control del equilibrio demanda/generación, REE realiza el seguimiento de todas estas variables desde el Centro de Con-

trol Eléctrico (CECOEL) y, cuando la demanda real no sigue a la prevista, ejecuta una nueva predicción con el modelo. Si es la producción la que no se ajusta al consumo, modifica la generación recurriendo a los mecanismos que, con diferentes horizontes temporales, posee el sistema para asegurar el necesario cumplimiento de la relación Generación igual a Demanda. Dado que la gestión de estos servicios complementarios se ajusta a mecanismos de mercado, su utilización excesiva conlleva costes de generación que se traducen en un incremento del precio que debe pagar el consumidor. Es decir, una mala previsión de la demanda tendrá influencia en los costes sociales e, incluso, en los medioambientales.

En la siguiente gráfica podemos ver el consumo de energía eléctrica en tiempo real, donde la curva roja representa la energía programada que los agentes han casado en el mercado diario reajustado en los distintos mercados intradiarios y corregida a su vez por el Operador del Sistema desde la hora en curso hasta la hora en que comienza el siguiente mercado intradiario, es decir, la generación puesta en juego para cubrir la demanda real. La curva verde es la previsión realizada por REE para ese día, y la de color amarillo representa la demanda real calculada como se ha dicho más arriba, que responde al consumo del sistema en cada instante. De hecho, la curva resulta de una sucesión de puntos cada uno de los cuales responde a un promedio de los valores medidos cada cuatro segundos y recibidos en un intervalo de un minuto.

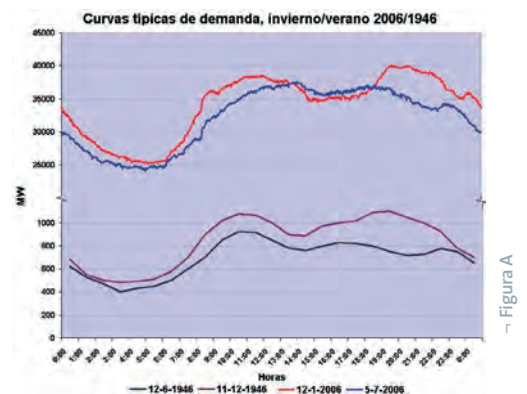


Esta gráfica es accesible en tiempo real en la página web de Red Eléctrica de España: [www.ree.es](http://www.ree.es).

## Estadística

Los valores de demanda peninsular varían fuertemente en nuestro sistema dentro de cada día según la hora y, dentro del año, según la estación, día de la semana, laboralidad, temperatura, luminosidad y otros factores de difícil medición.

De este modo, existen curvas típicas de invierno y de verano. En la figura A podemos ver las curvas de invierno y verano correspondientes al año 1946 y al año 2006. Pues bien, sesenta años después podemos apreciar que responden, prác-



**Las puntas máximas de demanda se producen en invierno, en días laborables y muy fríos. El máximo histórico absoluto de demanda se produjo el jueves 27 de enero de 2005 a las 19:57 h, con 43.708 MW.**



ticamente, al mismo perfil, si exceptuamos el incremento durante las primeras horas de la tarde en los días de verano -debido, principalmente, al aire acondicionado- y el pico de la tarifa nocturna, que en invierno comienza a las 23:00 h y en verano a las 00:00 h.

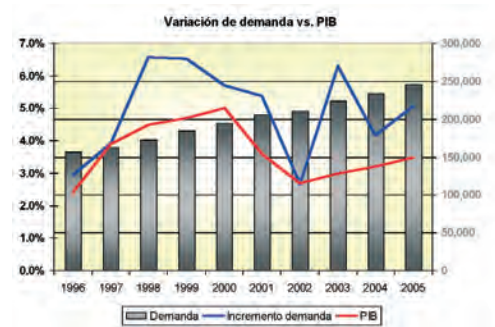
Las puntas máximas de demanda se producen en invierno, en días laborales y muy fríos. El máximo histórico absoluto de demanda se produjo el jueves, 27 de enero de 2005, a las 19:57 h con 43.708 MW, cifra que en el invierno 2005-2006 no fue superada. El record de demanda estival, cuyo valor se acerca cada año más a la punta de invierno, se sitúa en 40.730 MW y se registró el 17 de julio de 2006 a las 13:26 h. Las demandas más bajas del año se observan en las primeras horas de la mañana en festivos navideños o en puentes de primavera. Concretamente en el año 2006 la demanda más baja tuvo lugar el 1 de mayo a las 7:34 h con 16.545 MW.

Si observamos los máximos de potencia de demanda de los últimos años, la media de crecimiento de éstos ha sido de alrededor del 7%, con un destacable 14,39% en 2005. Habida cuenta que la electricidad se debe suministrar con seguridad y calidad de servicio en todo momento durante el año, es necesario dimensionar el sistema eléctrico para poder entregar estos últimos valores aunque se presenten muy pocas horas al año. Esto se puede ver en la figura B, donde se representa la curva monótona de

carga correspondiente al año 2005. En ella se puede apreciar la participación de las distintas tecnologías de generación en la cobertura de la demanda y cómo el consumo más elevado se registra en un número de horas muy reducido. Sin embargo, el sistema tiene la obligación de disponer del parque generador suficiente para atender dicha demanda.

Por supuesto, aún siendo menores, son cruciales los máximos de demanda alcanzados en el estío, ya que la capacidad de los elementos de la red de transporte de electricidad en el verano se ve reducida debido a que está sometida a unas temperaturas más elevadas.

Si integramos la demanda para todos los instantes de todos los días de un año, obtenemos la energía eléctrica total consumida en ese año. Esta cifra fue de 245.435 GWh en 2005, lo que supone un aumento del 4,3% respecto a la energía total consumida en 2004. Corrigiendo este crecimiento con la influencia de la laboralidad y la temperatura, obtenemos un incremento del 3,3% en 2005, cifra muy parecida al crecimiento del PIB de este año en España. Este crecimiento es moderado en comparación con años anteriores, donde se observaron crecimientos corregidos de demanda de en torno al 5-6,5% anual con un crecimiento del PIB similar. En la figura C se representa el crecimiento anual de la demanda de energía eléctrica desde 1995.

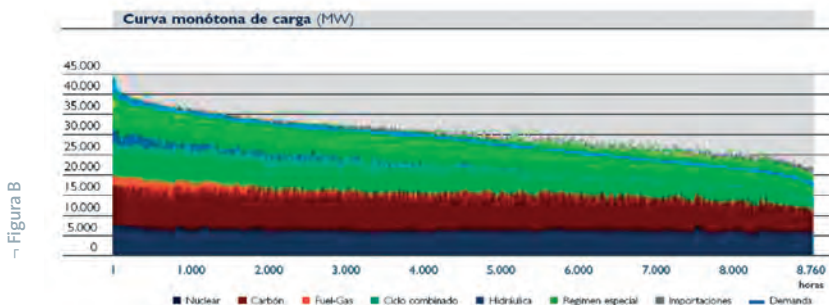


- Figura C

**En resumen**

Como se ha expuesto, la previsión y medición de la demanda de energía eléctrica es de vital importancia para gestionar el sistema eléctrico, a la vez que su evolución es un buen indicador del comportamiento de la sociedad y su crecimiento económico. El cálculo de la demanda depende de cientos de equipos de medida simultáneamente, lo que confiere a éstos, y a las vías y equipos de transmisión de las medidas de potencia, una importante responsabilidad exigiéndoles, consecuentemente, una alta fiabilidad.

A su vez, esta fiabilidad, unida al buen funcionamiento de modelos de previsión cada vez más complejos y que contemplan un número creciente de factores de influencia, genera predicciones en distintos horizontes futuros que, junto con los diversos mecanismos de Mercado y de Operación, permiten satisfacer esa demanda con costes razonablemente bajos -los mínimos, teóricamente- manteniendo, no obstante, unos niveles de calidad y seguridad de suministro acordes con las exigencias de una sociedad moderna y dinámica como la nuestra. ■



- Figura B

**Agradecimientos.**

Tengo el deber y el placer de expresar mi agradecimiento a José Manuel de la Torre Campos, Miguel de la Torre Rodríguez y Rosmarie Grafe Arias, todos ellos colaboradores de la Dirección de Operación de Red Eléctrica de España, sin cuyo concurso este artículo no se hubiera publicado y, en todo caso, no habría sido el mismo.