

La empresa de generación ante los mercados eléctricos



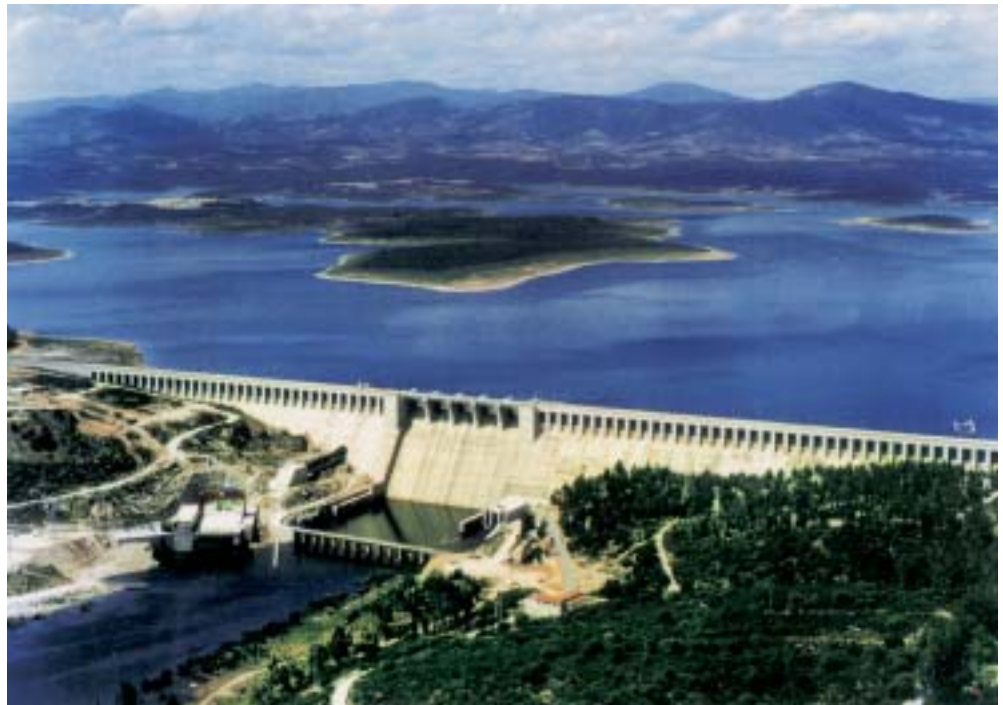
Mariano Ventosa

Dr. Ingeniero del I.C.A.I. (1993). Investigador del Instituto de Investigación Tecnológica y Profesor del Departamento de Electrotecnia y Sistemas de la UPCo.



Gregorio Relaño

Ingeniero del I.C.A.I. (1996). Jefe de la Unidad de Análisis y Procesos de la Dirección de Gestión de la Energía de Iberdrola Generación.



La entrada en funcionamiento de los mercados eléctricos ha modificado profundamente los hábitos de gestión y explotación de las empresas generadoras. Sus departamentos de planificación deben asumir nuevas funciones y nuevas responsabilidades relacionadas con el mercado para las que se requieren nuevas herramientas de ayuda a la toma de decisiones. Este artículo trata de señalar, desde la experiencia de años de colaboración entre un centro de investigación como el IIT y la actual Dirección de Gestión de la Energía de **IBERDROLA GENERACIÓN**, cuáles son los nuevos retos que debe afrontar una empresa generadora, cuáles son los principales cambios funcionales y su impacto en los procedimientos de toma de decisiones.

Introducción

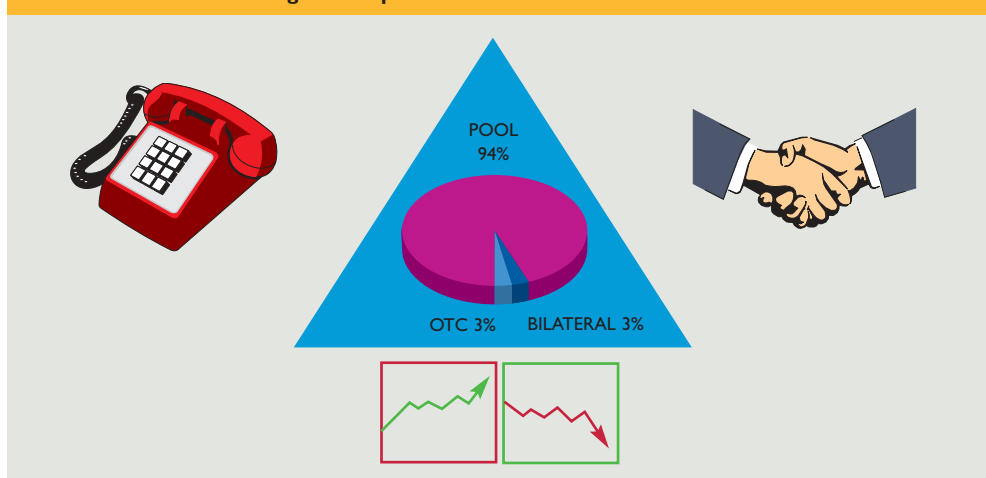
La organización de la industria eléctrica a escala internacional ha experimentado en la última década cambios significativos a un ritmo sin precedentes en su historia dando como resultado el establecimiento de nuevos esquemas regulatorios.

El ritmo de estas transformaciones varía entre países y también responde a motivaciones distintas. En algunos casos los cam-

bios responden a la necesidad de liberar al sector público de la carga que suponía la gestión del negocio eléctrico, en otros casos fueron motivos ideológicos o políticos de carácter liberal los que impulsaron la desregulación.

En cualquier caso, el objetivo último de estas transformaciones consiste en conseguir una mejora de la eficiencia económica mediante la introducción de mecanismos de

Figura I. Operaciones en diferentes mercados



mercado en aquellas actividades que pueden realizarse en condiciones competitivas. Así, aunque las actividades asociadas al transporte y a la distribución de energía eléctrica han sufrido importantes cambios, son los negocios de producción y comercialización los que más profundas reformas han experimentado.

Estas transformaciones regulatorias y organizativas han traído consigo la aparición de nuevas funciones y actividades relacionadas con la gestión de la energía en un contexto de mercado. En particular aparece una nueva actividad, el *trading*, encargada de las operaciones de compraventa de energía. Las empresas afrontan esta nueva función desde distintos puntos de vista:

- Como *generador*, las empresas tratan de maximizar el valor de sus activos mediante la venta de su producción en el mercado. Dicha operación óptima requiere la combinación de las funciones propias de los mercados con la optimización tradicional de los medios de producción, y en particular, de los recursos limitados como la energía hidráulica disponible.
- Como *comercializador*, las empresas adquieren en los diferentes mercados la energía demandada por sus clientes.
- Y en general, como *intermediario*, obteniendo energía de todas las fuentes disponibles, incluyendo sus propios activos, identificando las diversas componentes de riesgo y gestionándolo mediante la elaboración de productos estructurados que satisfagan las necesidades de los clientes o de los comercializadores.

Cambios en España

España se ha incorporado con decisión a esta tendencia mundial, situándose en el grupo de cabeza en la introducción de mecanismos

de competencia en un sector tradicionalmente regulado y tutelado por el Estado. Esta rápida liberalización del negocio eléctrico ha permitido a las empresas españolas rentabilizar la experiencia adquirida en España mediante la inversión y participación en otros sistemas eléctricos en proceso de liberalización.

Las transformaciones en España culminaron con la entrada en funcionamiento del Mercado de Producción de Energía Eléctrica el 1 de enero de 1998. Este mercado incluye tanto subastas de energía como de servicios complementarios. El elemento central del diseño español es el *pool* o mercado mayorista en el que el precio de la electricidad se determina de acuerdo con la ley de la oferta y la demanda. Además de las operaciones en el mercado organizado, los agentes compran y venden energía a través de la contratación bilateral física. Asimismo, existe un mercado OTC (*over the counter*) de productos financieros que, aunque todavía no presenta excesiva liquidez, está experimentando un rápido desarrollo en cuanto a volumen de contratación y número de agentes participantes.

La experiencia de estos cuatro años de funcionamiento del mercado español debe valorarse como positiva. El impulso liberalizador de la Administración, el celo de la Comisión Nacional de Energía en su función reguladora y la apuesta decidida de las empresas eléctricas para que la liberalización del sector fuera un éxito, ha permitido una transición suave y sin sobresaltos.

Planificación de los medios de producción

En un esquema de regulación tradicional del sector eléctrico, la explotación centralizada de los medios de producción tiene

por objeto maximizar el bienestar social de modo que se operan a mínimo coste las instalaciones de generación para cubrir la demanda con un nivel de fiabilidad satisfactorio. Aunque el objetivo último perseguido con un esquema desregulado sea el mismo, los mecanismos que se articulan para su consecución son notoriamente distintos. Se identifican y diferencian distintos productos y servicios –energía y servicios complementarios– que se negocian en varios mercados. Crece el papel de los agentes más directamente implicados –empresas y consumidores– cuyas decisiones, guiadas por la búsqueda del máximo beneficio individual, llevan al sistema al logro del óptimo económico manteniendo una seguridad y calidad de suministro aceptables. Una consecuencia de todos estos cambios es que la planificación¹ de la generación tiene que sufrir profundos cambios, tanto conceptuales como prácticos, que plantean un interesante y amplio reto de investigación y desarrollo.

Los planificadores han buscado, desde que las tecnologías de la computación lo han permitido, el respaldo de modelos matemáticos de optimización y simulación que faciliten sus procesos de toma de decisiones. Esto se ha debido a los elevados costes de inversión y a los no despreciables costes de explotación que están en juego, así como a la complejidad de las limitaciones técnicas que afectan a la operación de los medios de generación. Además, en un esquema desregulado, los hábitos de funcionamiento y gestión de los sistemas eléctricos se modifican profundamente. Las empresas deben asumir nuevas funciones y responsabilidades que modifican sus procedimientos de toma de decisiones, percibiendo con mayor intensidad si cabe la necesidad de contar con herramientas de apoyo a la planificación. Las decisiones de compra y venta de energía en el corto plazo tienen que responder a estrategias bien definidas de medio y largo plazo en las que se analice el comportamiento del mercado y, en consecuencia, se decida la posición óptima de la empresa.

Este artículo trata de responder, desde la perspectiva de varios años de funcionamiento del mercado eléctrico español, a cuestiones

tales como ¿qué cambios ha sufrido la cultura empresarial del sector eléctrico?, ¿cuáles son los retos que una empresa generadora debe afrontar en el campo de la operación y oferta de sus medios de producción en un marco regulatorio competitivo?, ¿cuáles son las principales funciones que la planificación de la generación debe cubrir?, ¿cómo se deben articular las diferentes herramientas y modelos de ayuda a la toma de decisiones? o ¿de qué mecanismos disponen las empresas generadoras para gestionar el riesgo al que están expuestas?

Además, también se responde a algunas de estas preguntas desde la experiencia de IBERDROLA. En particular se discute la gestión integrada de los medios de producción que tiene por objeto optimizar tanto la operación de sus centrales de generación en los distintos segmentos del mercado (diario, intradiarios y servicios complementarios), como la gestión óptima de los derechos de cobro por la capacidad instalada. También se presentan las reformas estructurales y procedimentales que se han llevado a cabo para conseguir esta operación óptima.

Evolución de la cultura empresarial

El nuevo entorno exige a las empresas eléctricas un notable esfuerzo de dirección para hacer frente a los continuos cambios de los mercados los cuales suponen una fuente importante de oportunidades. También se hace necesaria una mayor flexibilidad en sus organizaciones que deben adaptarse a unas necesidades cambiantes. En consecuencia, cobra gran importancia la correcta anticipación de las oportunidades de negocio a medio plazo para desarrollar las capacidades necesarias que permitan obtener ventajas competitivas en el futuro.

Por otro lado, la visión del negocio es, quizás, el cambio más importante que han experimentado las empresas con la liberalización del sector. El objetivo de las empresas varía con el establecimiento de mercados.

Minimización de costes

Antes de la liberalización, las empresas eléctricas tenían asegurada la recuperación de las inversiones a través de ingresos regulados y, en consecuencia, su política ópti-

¹ En este artículo el término “planificación” se emplea en su sentido más amplio incluyendo la planificación de la expansión a largo plazo, la planificación de la explotación a medio plazo y la planificación de la operación a corto plazo.

ma era la minimización de costes. En el caso español, el Marco Legal Estable (MLE) establecía una serie de incentivos a la reducción de costes que suponían cierta competencia entre centrales de la misma tecnología. La explotación y operación del sistema se realizaba de forma centralizada considerando unos costes estándares reconocidos.

Maximización de beneficios

Con la introducción de competencia, las empresas ven aparecer nuevas incertidumbres y, por tanto, riesgos. Sin embargo, en las fases iniciales las compañías eléctricas no han utilizado complejos sistemas de control y gestión de riesgos. Esto se ha debido, entre otras razones, a aspectos regulatorios como el cobro de los costes de transición a la competencia y, sobre todo, la existencia de tarifas reguladas para los clientes lo cual limita la percepción del riesgo de los agentes. Como consecuencia, en esta etapa, las consideraciones de riesgo no influyen drásticamente en las decisiones y, por tanto, no existe un desarrollo considerable de instrumentos de gestión de riesgos (variedad de productos, plazos...).

En este primer nivel de madurez del mercado y de las empresas, las decisiones han estado guiadas por la búsqueda del máximo beneficio. Obviamente, esta maximización del beneficio implica que los procesos de decisión deben considerar tanto los costes como los ingresos del mercado.

Compromiso riesgo-beneficio

La siguiente etapa de desarrollo del mercado se caracteriza por la existencia de nuevos entrantes y el crecimiento en número y variedad de las posibilidades de contratación: bilateral, organizado, a plazo, etc. En esta fase se plantean una serie de retos tales como la decisión de dónde, cuándo, y en qué condiciones se negocia la producción presente y futura.

Las decisiones en este estadio de madurez se basan en criterios más sofisticados que la simple maximización del beneficio, siendo preciso considerar el compromiso entre riesgo y beneficio.

En consecuencia parece evidente que los anteriores cambios en la forma en la que las empresas generadoras entienden y afrontan su negocio, requiere una transformación de los procesos de toma de decisiones operativas y, por tanto, condicionan profundamente

Tabla 1. Funciones tradicionales de la planificación de la generación

Alcance → Tecnología ↓	Muy largo plazo 3-10 AÑOS	Largo plazo 1-3 AÑOS	Medio plazo 1-12 MESES	Corto plazo Semana	Muy corto plazo Día	Tiempo real 1 hora
Térmica	Instalación	Transformación y repotenciación Compra de combustibles Mantenimiento programado	Gestión del combustible	Acoplamiento de los grupos Paradas de fin de semana	Acoplamiento de los grupos Paradas nocturnas	Despacho económico Control frecuencia potencia
Nuclear	Instalación	Mantenimiento programado Ciclo combustible nuclear				Control tensión reactiva
Hidráulica	Instalación	Gestión de los embalses hiperanuales	Gestión de los embalses anuales		Acoplamiento de los grupos	Cobertura de la demanda y de los intercambios
Bombeo	Instalación		Bombeo estacional	Bombeo semanal	Bombeo diario	

Tabla 2. Funciones adicionales de la planificación de la generación

Alcance	Muy largo plazo 3-10 AÑOS	Largo plazo 1-3 AÑOS	Medio plazo 1-12 MESES	Corto plazo Semana	Muy corto plazo Día	Tiempo real 1 hora
Función	Contratos a Largo Plazo de compra de combustibles y de venta de energía		Presupuesto anual (cantidades y precios)	Estimación del mercado diario de energía	Ofertas a los mercados de energía y de reserva secundaria	Ofertas otros mercados de servicios complementarios
	Política de cobertura de riesgos					

las herramientas empleadas en la planificación de los medios de producción.

Planificación de la operación y oferta de la generación

En esta sección se resaltan algunos de los aspectos que más profundos cambios han experimentado y que deben ser convenientemente tenidos en cuenta por los planificadores y recogidos por las nuevas herramientas de ayuda a la toma de decisiones.

Funciones de la planificación de la generación

Las decisiones de planificación de la generación eléctrica son ciertamente complejas, con horizontes temporales de aplicación muy diversos. Por ello, la realización de estudios de planificación con ayuda de herramientas informáticas se encadena jerárquicamente, proporcionando cada estudio información al siguiente nivel de decisión, desde la planificación de la expansión de la capacidad instalada, pasando por la coordinación hidrotérmica estacional, hasta llegar al despacho en tiempo real de la generación. Tradicionalmente, este conjunto de funciones se divide en escalones dependiendo del alcance temporal de las decisiones que involucran. La Tabla 1 recoge las funciones tradicionales de la planificación organizadas según el alcance temporal y el tipo de central.

En contraste con la planificación tradicional, los procedimientos de gestión de la generación con una regulación de libre mercado son más descentralizados. Las empresas generadoras deben asumir las funciones normales de la planificación de la explotación de sus centrales (arranques, paradas, gastos de agua, mantenimiento, etc.) y hacer frente a nuevas funciones asociadas a los mercados de libre competencia. La Tabla 2 resume estas nuevas funciones organizadas según su alcance temporal.

En consecuencia, los resultados de los estudios de planificación deben permitir no sólo prever la operación de la generación, sino que también deben proporcionar información relevante para las nuevas funciones. En particular se pueden destacar la valoración económica de los contratos a largo plazo de venta de electricidad o de compra de combustibles, la elaboración y seguimiento de los presupuestos anuales, así como la realización de estudios estadísticos encaminados a predecir el precio o la demanda. Estos últimos deben servir de apoyo a la preparación de las ofertas de compra y venta en los diferentes mercados (futuros, diario y servicios complementarios). Además, dada la compleja estructura de costes de las unidades de producción (arranque, acoplamiento, combustible, O&M, etc.), la correcta estimación del régimen de funcionamiento de las mismas es esencial para la elaboración de ofertas óptimas.

Como ya se ha destacado, la gestión del riesgo cobra gran importancia, estando esta nueva función estrechamente relacionada con todas las demás. Por ejemplo, la valoración de los contratos de compra de combustibles o de venta de energía constituye la herramienta habitual para el control del riesgo en el largo plazo. A medio plazo, es necesario el diseño de políticas de cobertura que incluyen la contratación en mercados organizados y OTC tanto de productos físicos como financieros y la gestión de las reservas hidráulicas. Asimismo, los procedimientos de estimación del precio o del comportamiento de la competencia junto con el modo de ofertar proporcionan, un medio efectivo para cubrirse frente a la incertidumbre en el corto plazo.

Organización jerárquica de las funciones

La desagregación de las decisiones responde a la imposibilidad práctica de encontrar

Figura 2. Relación jerárquica de las decisiones según el alcance temporal



trar un modelo de cálculo capaz de considerar con suficiente detalle todos los ámbitos, así como la naturaleza del problema en su conjunto. Además, la clasificación de los estudios atendiendo a su alcance temporal se presta muy bien a una descomposición funcional jerarquizada. Así, por ejemplo, cuanto más largo es el periodo de estudio evaluado, menor es el detalle con el que se modela la operación real de la generación o el proceso de formación de ofertas de cada empresa. El espíritu de esta organización consiste en representar con el mayor rigor posible las variables y características más relevantes para cada nivel de decisión. De esta forma, las decisiones tomadas por un modelo de rango superior (mayor alcance temporal) proporcionan consignas a los modelos de rango menor. Es preciso establecer con claridad las relaciones jerárquicas entre las decisiones para comprender cuál es el problema que se pretende resolver; cuáles deben ser los datos de entrada y cuáles son los resultados que se espera obtener. La Figura 2 representa de forma esquemática estas relaciones jerárquicas.

- *Estudios de largo plazo.* Las decisiones que se toman con ayuda de los estudios plurianuales y que influyen sobre los estudios de medio plazo están relacionadas con la nueva instalación de capacidad de generación de electricidad, con los contratos a largo plazo de venta de energía o de compra de combustibles, con la gestión de los embalses hiperanuales y con los mercados de capacidad en el caso de que estos últimos existan.
- *Estudios de medio plazo.* En los estudios anuales, con la capacidad productiva máxima prefijada y considerando la influencia de los contratos a largo plazo, las empresas deben decidir su posición en los mercados a plazo así como las cantidades óptimas que hay que producir. En particular, las empresas deciden su posición objetivo o cuota de mercado, la gestión de los parques de combustible y la gestión estacional de las reservas hidráulicas a través del cálculo del valor del agua.
- *Estudios de corto plazo.* Finalmente, a la vista de la situación de la empresa en el corto plazo (cartera de derivados, disponibilidad de los grupos, energía disponible, precios en el mercado, etc.) y considerando las consignas sobre cantidades objetivo y valor del agua de los embalses procedentes de los estudios de medio plazo, se decide a qué pre-

cio se oferta la producción de electricidad y el ejercicio de las opciones financieras. Estas decisiones deben lograr en el corto plazo la consecución de los objetivos establecidos por los estudios de medio plazo al mismo tiempo que deben buscar una casación que facilite una operación factible de los grupos generadores.

Nuevos aspectos de la planificación de la generación

A continuación se resumen algunos de los aspectos de la planificación eléctrica que en un contexto de libre competencia sufren un cambio notable respecto a una regulación tradicional de la actividad de generación de electricidad y que mayor influencia tienen sobre el modelado de la planificación de los medios de producción (ver Tabla 3).

- *Decisiones descentralizadas.* El hecho de que la toma de decisiones sea descentralizada junto con que la operación final de los grupos generadores sea decidida por un proceso de casación de las ofertas de compra y venta de energía eléctrica, hace que la representación de la explotación deba sustentarse sobre planteamientos que consideren los nuevos procesos de toma de decisiones de las empresas.
- *Interdependencia de las decisiones.* En un contexto de competencia es esencial considerar la interdependencia existente entre las decisiones de todos los agentes implicados (empresas y consumidores), lo cual no es posible con los modelos clásicos basados en la búsqueda del mínimo coste. En particular, la consideración simultánea e interdependiente del objetivo de maximización del beneficio de cada empresa constituye un aspecto novedoso y complejo de implantación en aquellos modelos matemáticos que pretendan representar correctamente la explo-

Tabla 3. Comparación de algunos aspectos de la planificación de la generación

	Regulación Tradicional	Mercado Desregulado
Toma de decisiones	Operador del sistema: centralizada	Empresas: descentralizada
Despacho	Programación semanal	Casación diaria de ofertas
Objetivo Económico	Minimización del coste de suministro de todo el sistema	Maximización del beneficio de cada empresa para un nivel de riesgo
Competencia	No existe	Interdependencia entre las decisiones de todos los agentes
Demanda	Predicción de la demanda considerada como inelástica	Ofertas de compra: demanda elástica con el precio
Riesgo	Asumido por los consumidores	Asumido por todos los agentes

tación de los medios de producción en un entorno liberalizado.

- *Papel de la demanda.* La predicción de la demanda de electricidad ha jugado siempre un papel crucial en la planificación eléctrica debido al gran impacto que supone en los planes óptimos el que la demanda deba ser satisfecha. Sin embargo, aunque tradicionalmente la demanda se ha considerado como una cantidad independiente del precio, en un contexto de mercado el papel de los consumidores crece, siendo insuficiente considerarlos como un agente estático. Además, el proceso de desregulación ha dado lugar a la aparición de un nuevo agente, el comercializador, cuya función consiste en mediar entre el mercado mayorista y el pequeño consumidor. La conducta de este nuevo agente junto con la de los grandes consumidores será lo que definirá el papel de la demanda. En consecuencia, el comportamiento de los consumidores debe formularse de forma más precisa a través de su curva agregada de oferta de compra –también conocida como función de la demanda– la cual representa el precio que están dispuestos a pagar por una determinada cantidad de energía eléctrica. Por lo tanto se requieren nuevos y más complejos estudios de predicción de la demanda que estimen no sólo la cantidad demandada sino también la función que relaciona la cantidad demandada con el precio.

- *Riesgo.* En un contexto de libre mercado, el riesgo ya no recae directamente sobre los consumidores, como ocurría en un marco de regulación tradicional, sino que debe ser asumido también por las empresas generadoras. Así, las empresas perciben con mayor intensidad la necesidad de contar con herramientas de valoración y gestión del riesgo. En consecuencia, además de los tradicionales modelos probabilistas empleados en el estudio de la influencia de la incertidumbre asociada a los fallos de los grupos térmicos, aportaciones hidráulicas o predicción de la demanda, se requieren nuevas herramientas especializadas en la gestión del riesgo relacionado con la operación en el mercado de las empresas. El origen de esta nueva incertidumbre está asociado a numerosos factores de muy diversa índole: a largo plazo con cambios económicos, regulatorios o tecnológicos que motiven errores en la planificación de la expansión; a medio plazo con el comportamiento de las empresas competidoras o el precio de los

combustibles en los mercados internacionales; mientras que en el corto plazo está directamente relacionado con la volatilidad del precio de la electricidad.

Papel de los modelos de mercado

A la vista de los cambios estructurales que sufre la planificación económica en un mercado liberalizado es evidente que tanto los procedimientos de gestión como las herramientas y modelos de cálculo empleados por las empresas eléctricas requieren planteamientos conceptuales distintos. En particular, estos nuevos planteamientos deben considerar el hecho de que la explotación de la generación ya no está basada en decisiones centralizadas o administrativas, sino en el resultado de las decisiones de los diferentes agentes que componen el mercado según la ley de la oferta y la demanda.

En consecuencia, los modelos teóricos de mercado deben jugar un papel medular en la representación de la explotación desplazando a los tradicionales problemas de minimización de costes como núcleo de los procedimientos de cálculo empleados en la planificación. Así por ejemplo, del mismo modo que en los estudios tradicionales sobre la expansión de la generación existe un módulo de explotación basado en minimización de los costes de operación, o que un modelo de muy corto plazo recibe consignas del valor del agua de otro modelo de rango superior también basado en minimización de costes, en un contexto de competencia todos y cada uno de los modelos o submodelos deben basarse en la representación de la explotación considerando las fuerzas del mercado.

En conclusión, se deben emplear modelos de mercado en los estudios de planificación que consideren los mecanismos que explican correctamente quién genera, cuándo y, además, a qué precio será remunerado. Para ello, dichos modelos deben caracterizar correctamente el comportamiento de todos los agentes implicados –operador del mercado, demanda y empresas– mientras modelan el sistema eléctrico con las mismas restricciones técnicas que los modelos tradicionales.

Gestión integrada de los medios de producción: la experiencia de Iberdrola

En esta sección se presentan las acciones que IBERDROLA ha llevado a cabo para opti-

mizar tanto la operación de sus centrales de generación en los distintos segmentos del mercado (diario, intradiarios y servicios complementarios), como la gestión de los derechos de cobro por la capacidad instalada.

Para conseguir esta operación óptima se han llevado a cabo dos tipos de acciones: unas de tipo estructural, realizando una nueva definición de la organización del área de generación de la empresa, con especial énfasis en los nuevos procesos de relación entre los centros de producción y las organizaciones encargadas de interactuar con el mercado, y otras de tipo procedimental, desarrollando e implantando nuevas herramientas de optimización de la operación de los grupos generadores con alcances temporales de largo, medio y corto plazo.

Asimismo, se presentan las distintas herramientas y modelos de cálculo desarrollados en el IIT y que la Dirección de Gestión de la Energía ha incorporado en sus procesos de planificación de la explotación y presentación de ofertas al mercado, tanto en los mercados de energía como en los de reserva. Finalmente se detallan los nuevos procedimientos que han sido implantados para organizar los intercambios de información, datos y resultados, entre las distintas organizaciones involucradas en el mercado.

Dirección de Gestión de la Energía de Iberdrola Generación

Los mencionados cambios regulatorios del sector han forzado el rediseño de las organi-

zaciones para hacer frente con éxito a los desafíos de la competencia. En España estos cambios estructurales han exigido la separación contable y jurídica de las empresas eléctricas verticalmente integradas. Por este motivo, se crearon dos empresas, IBERDROLA REDES e IBERDROLA GENERACIÓN, que formando parte del mismo grupo, funcionan independientemente. Dentro de la empresa dedicada al negocio de generación, las actividades relacionadas con el mercado de producción están integradas en la Dirección de Gestión de la Energía.

Esta dirección tiene como misión la operación óptima de los activos de generación del sistema de producción de toda la empresa, la compraventa de energía y derivados y abastecimiento de combustibles. Asimismo, es responsabilidad de esta dirección las operaciones de *trading*, tanto como medio de cobertura del riesgo como para el arbitraje, en

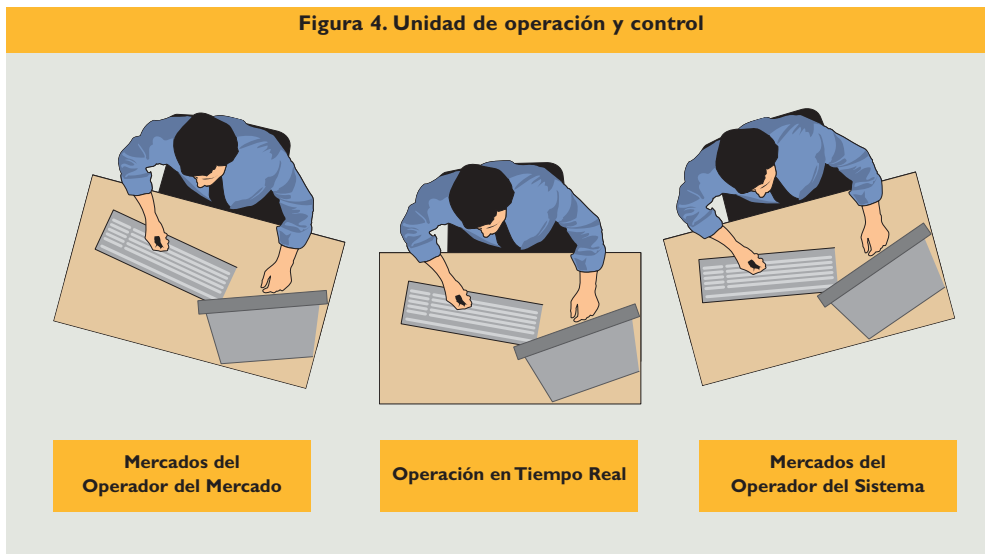


Figura 3. Despacho central de generación

contratos con subyacente de electricidad por cuenta propia o ajena.

El diseño de la Dirección de Gestión de la Energía, en continua evolución, se ajusta a las

Figura 4. Unidad de operación y control





necesidades del mercado de producción, optimizando la posición de IBERDROLA en el mismo y facilitando su adaptación a los cambios. Los principios que han inspirado esta organización son, por una parte, la especialización requerida por el aumento del número de operaciones, productos negociados y mercados, y por otra parte, la simplicidad que permite una clara definición de responsabilidades sin perjuicio de la flexibilidad necesaria para afrontar los cambios futuros del entorno. Esta dirección sigue el esquema habitual de las unidades de *trading: front, middle y back office*.

El *front office* integra a los profesionales que realizan las operaciones. Está organizado en equipos especializados por subyacente (electricidad y combustibles) y por *hubs* (mercado ibérico, centroeuropeo, etc.).

La *Unidad de Combustibles* se encarga del abastecimiento de combustibles en función de los requerimientos del parque generador. Está compuesta por equipos organizados según el tipo de combustible.

La *Unidad de Contratación Mayorista* se encarga del proceso de contratación de compraventa de electricidad a largo plazo, incluyendo el diseño, negociación y suscripción de instrumentos contractuales. Esta unidad está dedicada a la operación en los mercados organizados europeos y a la contratación bilateral física. Esta unidad también es responsable de la participación en los mercados OTC de productos financieros con subyacente electricidad.

La *Unidad de Planificación y Ofertas* es responsable de la planificación, gestión y pro-

gramación a largo, medio y corto plazo de las operaciones de toda la empresa en el mercado de electricidad. Esta unidad está dedicada a las operaciones en el mercado organizado y, por tanto, es responsable de la gestión de los activos físicos en España. Los profesionales de esta unidad rotan en su trabajo asumiendo las labores propias de la planificación a largo, medio y corto plazo así como la responsabilidad del diseño de la oferta. De esta forma, se integran perfectamente las consignas procedentes de estudios de largo plazo en las decisiones de menor alcance temporal.

La *Unidad de Operación y Control* del Sistema tiene como misión la operación global y el control en tiempo real del sistema de producción de la empresa, gestionando y programando sus operaciones en mercados intradiarios, de servicios complementarios, restricciones y emergencias.

El *middle office* está representado por la *Unidad de Análisis y Procesos* cuya responsabilidad es el análisis de mercados europeos, diseño de herramientas de valoración de derivados energéticos y la gestión de riesgos energéticos. Asimismo, se encarga de la política de Calidad dentro de la Dirección.

Finalmente, el *back office* integra la gestión del proceso de medida, liquidación, facturación y administración de operaciones en el mercado. Asimismo, es responsable de la gestión del riesgo de crédito y de la monitorización o control del riesgo de mercado. La unidad encargada de estas labores es la *Unidad de Liquidaciones y Control de Riesgos*.

Procedimientos y modelos en la Unidad de Planificación y Ofertas

La segunda faceta en que se manifiesta el impacto del nuevo entorno competitivo son los procedimientos. Estos son consecuencia de los cambios organizativos y de la necesaria adaptación a la secuencia diaria de mercados.

Los procedimientos constituyen uno de los valores esenciales de la Dirección de Gestión de la Energía pues son la traslación de la experiencia de los profesionales en el campo de la explotación de sistemas eléctricos así como en el de las estrategias de oferta en mercados.

De esta forma, los procedimientos desarrollados no sólo son claves para la actuación en el mercado español, sino que constituyen el primer paso en las actuaciones de IBERDROLA en otros mercados en Europa y América.

El desarrollo de procedimientos obliga a una reflexión sobre qué actuaciones siguen siendo adecuadas en el nuevo entorno, cuáles están obsoletas y qué nuevas acciones se han de incorporar. Asimismo, el hecho de proceder a automatizar todas las actuaciones minimiza el riesgo de error en las actuaciones individuales y facilita la incorporación de nuevos profesionales reduciendo el tiempo de adaptación.

Un equipo del IIT en estrecha colaboración con los profesionales de la unidad de Planificación y Oferta ha desarrollado un conjunto de herramientas específicas para cada función y alcance de tiempo. Su diseño se ha realizado de acuerdo con las necesidades tanto de modelado de los medios de producción como de las decisiones que se han de tomar en cada horizonte temporal.

LARGO PLAZO

Los modelos de largo plazo –de 1 a 3 años– utilizados representan el sistema español de forma simplificada usando curvas monótonas de carga –curvas duración-carga– y utilizando modelos agregados de los recursos hidráulicos. Estas herramientas también consideran el comportamiento razonable del mercado.

Los modelos de largo plazo empleados consideran la maximización del beneficio de cada agente sujeta a las restricciones técnicas de sus unidades de producción, obteniendo así el equilibrio del mercado. Estos modelos están basados en el Problema Complementario, cuya principal característica es que permite plantear y resolver simultáneamente varios

problemas de optimización interdependientes correspondientes a las distintas empresas competidoras.

Los resultados de esta etapa de planificación son los siguientes:

- *Producciones* de cada empresa en cada uno de los periodos, así como una predicción de los *precios de mercado esperados*.
- Un resultado del modelo clave en la gestión de los recursos hidráulicos es el *valor del agua* de sus embalses de regulación. De esta forma, los grupos hidráulicos se explotan incorporando las condiciones del mercado.
- Este modelo también proporciona una primera propuesta del *plan de mantenimiento* de las unidades de producción.

MEDIO PLAZO

Los resultados de largo plazo constituyen una serie de consignas para el modelo de medio plazo –de 1 mes a 1 año– de modo que la visión panorámica del largo plazo se integra en los modelos de menor alcance.

Básicamente, las consignas que se envían al modelo de medio plazo son las cantidades totales de cada periodo –un mes– y el valor del agua de los embalses hiperanuales. Con estas consignas, el modelo de medio plazo determina de forma más detallada la explotación de los medios de producción en cada semana.

En consecuencia, el modelo de medio plazo es más un modelo de explotación que un modelo de mercado, en el que se incluyen con mayor detalle los recursos hidráulicos. En este modelo no se contempla todo el sistema español sino sólo las unidades de producción de IBERDROLA, que son modeladas con gran detalle técnico y económico.

El modelo minimiza los costes de explotación considerando las cantidades determinadas por el modelo de largo plazo, las estimaciones de su demanda residual, las restricciones técnicas de sus unidades de producción y, sobre todo, valorando la incertidumbre relacionada con las aportaciones hidráulicas.

Los resultados de esta etapa de planificación son los siguientes:

- La producción de cada *grupo generador*.
- Los *valores del agua* desglosados por embalses, en contraste con el modelo de largo plazo en el que se obtenían valores para agrupaciones de embalses.

CORTO PLAZO

Las cantidades y curvas de valor del agua obtenidas por el modelo de medio plazo son

enviadas al modelo semanal. En éste modelo basado en la búsqueda del máximo beneficio de toda la empresa frente a su demanda residual, se obtiene un plan de la operación de cada grupo con detalle horario.

Para ello se divide la semana en 4 días tipo: laborable, festivo, post-festivo y pre-festivo. En cada día se considera un perfil de demanda cronológico en el que la unidad básica de tiempo es la hora. Para el desglose de las unidades hidráulicas se utilizan simuladores que incorporan todo el detalle de la topología de la red de embalses con información actualizada sobre el estado de los mismos (volumen, cota) así como la disponibilidad de los grupos implicados.

Los resultados obtenidos en este nivel de la planificación de la operación son los siguientes:

- Una previsión del *perfil horario de precios* para la semana.
- Las decisiones de *arranque y parada* de grupos térmicos.
- Una previsión de la *producción horaria* de cada *grupo generador*.
- Finalmente, del modelo de explotación semanal se obtiene un primer *plan de bombeo semanal*.

Asimismo, en el modelo semanal se incorporan las necesidades de regulación del sistema de forma que el plan semanal debe considerar cierta capacidad ociosa que será ofertada en el mercado de reserva secundaria.

MUY CORTO PLAZO

La información del modelo semanal se integra en la herramienta diaria para la elaboración de la oferta al mercado diario. En dicha herramienta, a partir de los planes de acoplamiento de los grupos y de las estimaciones de precios horarios se obtiene, de forma horaria, la última previsión de la producción antes de conocer el resultado final de la casación de ofertas realizado por el Operador del Mercado.

En este nivel de planificación, la principal variable de decisión es el precio al que se oferta cada tramo de producción de cada unidad. La agregación de todas estas ofertas en precio y cantidad forma la curva de oferta de la empresa.

Para la construcción de una curva de oferta robusta, que minimice el riesgo de incumplimiento de objetivos fijados por los modelos de mayor alcance temporal, es preciso considerar las incertidumbres asociadas al mercado, o de forma más precisa a la curva

de demanda residual percibida por la empresa. Además, para que la curva de oferta sea un mecanismo eficiente en la consecución del máximo beneficio debe tenerse en cuenta tanto la estructura de costes de producción como el estado real de los grupos y de los embalses.

De forma similar al mercado diario, se han desarrollado herramientas para la elaboración de las ofertas que se han de enviar al resto de las subastas integradas en la secuencia diaria de mercados: reserva de potencia, intradiarios, desvíos y reserva terciaria.

Conclusiones

En este artículo se ha descrito cómo la introducción de competencia en el sector eléctrico ha obligado a las empresas a modificar su cultura empresarial, adoptando cambios sustanciales tanto desde el punto de vista organizativo como procedimental. En esta reflexión se ha tratado de combinar el punto de vista, más teórico, de un centro universitario como es el IIT con la experiencia real de una empresa generadora.

IBERDROLA se ha enfrentado a los desafíos de la liberalización adaptando su estructura a los requisitos exigidos, integrando en sus equipos la visión tradicional de la explotación de sistemas eléctricos y la visión de mercado. De esta forma su gestión ha pasado de estar centrada en el coste para hacerlo en el beneficio y en la gestión del riesgo. ■

Referencias

[Pérez Arriaga, 97] Pérez Arriaga, J. I. "La reestructuración del sector eléctrico". *Anales de mecánica y electricidad* Vol. LXXIV, Fascículo IV, Julio-Agosto 1997, pp 8-15.

[Anales, 98] "Sector Eléctrico: la Liberalización", *Anales de mecánica y electricidad* Vol. LXXV, Fascículo II, Marzo-Abril 1998.

[Ventosa, 01] Ventosa, M. *Modelado de la Explotación de la Generación en Mercados Eléctricos Liberalizados Mediante el Problema Complementario*. Tesis Doctoral. Universidad Pontificia de Comillas de Madrid. Enero 2001.

[Chiari, 01] Chiari, A., Relajo, G. "Optimización de los procesos de producción y mercado en Iberdrola". Congreso CIER 2000, Buenos Aires.

[Córcoles 01] Martínez Córcoles, F. "Los retos del sector eléctrico: Producción y trading". Jornada "Alternativas energéticas en los inicios del Siglo XXI". Colegio de Ingenieros Industriales. Sevilla, Mayo 2001.