

# Los escenarios energéticos a largo plazo

## M<sup>a</sup> Teresa Nonay Domingo

Ingeniero Industrial y Analista Senior de la Dirección de Estudios de Repsol

En el marco de un creciente protagonismo de las políticas climáticas y de la necesaria “transición energética” que debería producirse para poder alcanzar una economía sostenible y con bajas emisiones en carbono, este artículo presenta un análisis de cómo podría evolucionar el sector energético a largo plazo (2040) según dos de las instituciones de referencia en el sector: la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y el Consejo Mundial de la Energía (CME, *World Energy Council –WEC-*, por sus siglas en inglés).

En primer lugar, se realiza una reflexión sobre la importancia de los escenarios a largo plazo. En segundo lugar, se presentan los principales resultados de los escenarios a largo plazo de la AIE y el CME. En tercer lugar, se analiza cómo estos escenarios encajan con las tendencias actuales del sector y las implicaciones que tienen en aspectos clave como el desarrollo tecnológico. En cuarto y último lugar, se presentan unas conclusiones.

Los escenarios analizados muestran un panorama energético que seguirá dominado por los recursos fósiles en el que el gran cambio se producirá en el sector eléctrico.

En todos los escenarios se produce un gran crecimiento de las renovables y la eficiencia energética juega un papel fundamental de cara a alcanzar un futuro con bajas emisiones de carbono. En este sentido, el objetivo de estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en 450 ppm para limitar el incremento de la temperatura global del planeta a 2°C representa un reto imposible de alcanzar sin la implantación masiva de CCS (Captura y almacenamiento de carbono, *Carbon Capture and Storage*, por sus siglas en inglés) en la generación de electricidad con carbón y gas natural.

### La importancia de los escenarios energéticos a largo plazo

Construir escenarios y efectuar previsiones es el primer paso de toda planificación, tanto a escala sectorial (gobiernos) como empresarial (compañías públicas y privadas, inversores).

La construcción de escenarios y la elaboración de previsiones van de la mano, pero no son lo mismo. Un escenario constituye una síntesis de la interacción de factores que pueden tener un alto impacto potencial en la definición de un entorno concreto; una

visión de la evolución de distintas tendencias. Mientras que una previsión es la cuantificación de dicha visión; habitualmente la evolución prevista del valor numérico de unas determinadas variables en función del desarrollo de un cierto entorno.

En este sentido, las previsiones quedan contextualizadas dentro de los escenarios y tanto unas como otros se refieren a un cierto horizonte temporal: corto, medio o largo plazo.

El corto plazo hace referencia a un periodo temporal de entre 1 y 2 años. Este es el horizonte típico de planificación de los presupuestos anuales de los gobiernos y las compañías.

El medio plazo hace referencia a periodos de entre 5 y 10 años. Es en este horizonte temporal donde se enmarcarían los planes estratégicos empresariales (típicamente a 5 años).

Por su parte, el largo plazo hace referencia a periodos superiores a 10 años. Este es el horizonte donde se enmarcaría la visión, misión y líneas fundamentales de actuación de las compañías, así como la planificación

sectorial y de infraestructuras de los gobiernos.

Así, los escenarios a largo plazo tienen una importancia evidente, pues contextualizan las decisiones a corto y medio plazo. Para las compañías juegan un papel fundamental a la hora de: uno, identificar tendencias y elementos disruptivos o *game changers* que puedan tener un impacto significativo en el desarrollo de un determinado sector; y dos, probar la flexibilidad de las estrategias adoptadas para adaptarse a distintos entornos. Para los gobiernos representan un ejercicio de prospectiva necesario a la hora de diseñar las políticas que afectarán al desarrollo sectorial futuro de un país.

En lo que respecta a la construcción de los escenarios a largo plazo, la idea es sintetizar la interacción de los factores clave en tendencias que puedan cuantificarse. Esta síntesis debe ser simple (debe poner el foco en los factores con mayor efecto potencial en el futuro) y, al mismo tiempo, lo suficientemente amplia como para abarcar potenciales elementos disruptivos que pueden conducirnos a entornos alternativos.

En este sentido, es una labor altamente interdisciplinar, pues requiere el análisis de factores de naturaleza muy distinta, entre ellos: macroeconómicos, demográficos, geopolíticos, tecnológicos, culturales, sociales, y de mercado. Conceptualmente, consiste más en hacerse preguntas que en tratar de dar respuestas.

En lo que respecta a la cuantificación, es complicada por el gran número de variables implicadas, y suele realizarse con modelos de simulación a gran escala. Estos modelos son muy intensivos en datos y altamente complejos, pues deben replicar tendencias de demanda, oferta y transformación energética (generación de electricidad, refino, etc...) de un gran número de regiones y países. Por otro

lado suelen integrar módulos independientes que modelizan tendencias sectoriales.

### **El sector energético en 2040 según las instituciones de referencia en el sector**

#### **Los escenarios energéticos a largo plazo de la AIE y el CME**

En este apartado se presentan los principales resultados de los escenarios a largo plazo de la Agencia Internacional de la Energía (AIE) y del Consejo Mundial de la Energía (CME, *World Energy Council*, WEC por sus siglas en inglés), dos instituciones de referencia en el sector energético.

La AIE está considerada como uno de los *think tanks* más importantes del mundo en materia energética. Es una institución pública constituida por 29 países de la OCDE, todos ellos importadores netos de crudo, entre los que se encuentran los principales países europeos, Estados Unidos, Japón, Corea y Australia.

Por su parte el CME es un organismo del sector energético reconocido por la ONU y la mayor institución mundial en materia energética, representando a más de 3.000 organizaciones tanto públicas como privadas de más de 90 países. Su principal objetivo es promover un sistema energético mundial sensible a los problemas medioambientales que sea capaz de proveer energía asequible de una forma segura a escala global.

Se han considerado los últimos escenarios publicados (disponibles a fecha octubre 2015) de los dos organismos. En el caso de la AIE dichos escenarios se han extraído del *World Energy Outlook* (WEO) de 2014 y en el caso del CME del *World Energy Scenarios* de 2013. En este aspecto, la AIE publica escenarios anualmente mientras que el CME

los publica cada tres años. Los escenarios disponibles de la AIE contemplan un horizonte temporal hasta 2040 mientras que los del CME llegan hasta 2050. A efectos de comparación de escenarios se ha considerado el periodo comprendido desde 2013 a 2040.

Los escenarios contemplados por la AIE están contruidos a partir de las diferentes opciones políticas existentes y previsibles en materia de energía y clima. Suelen ser los mismos cada año, pero actualizados. Son tres: el primero, *Current Policies*, es un escenario conservador que tiene en cuenta únicamente los efectos de las políticas aprobadas hasta la fecha. El segundo, *New Policies*, es su escenario de referencia y considera que se llevarán a cabo políticas adicionales que no han sido formalmente aprobadas. Por último, el tercer escenario, llamado 450, es un escenario óptimo de sostenibilidad que considera las políticas necesarias para alcanzar el objetivo de limitar el incremento de temperatura global a 2°C. De cara a modelizar sus escenarios, la AIE considera la misma tasa de crecimiento económico en todos ellos. En este aspecto, si bien esta hipótesis no es correcta (el crecimiento puede verse afectado por las políticas y los precios de la energía en cada escenario), la AIE centra su modelización en captar las implicaciones de la adopción de distintas políticas en las tendencias energéticas.

En lo que respecta al CME, cada tres años publica nuevos escenarios (normalmente dos) para ilustrar las posibles tendencias que podría seguir el sector energético a largo plazo. Si bien los escenarios del CME tienen su punto de partida en el contexto político-energético actual y previsible a medio plazo, no están condicionados por la evolución de las políticas energéticas. Más bien se centran en identificar y describir la posible evolución de las tendencias que pueden representar un mayor impacto en el sector energético.

En este aspecto, la evolución de las políticas energéticas está contenida en los escenarios pero no los caracteriza.

El CME presenta dos escenarios que define con metáforas musicales para describir la acción de los países en materia de política energética y clima: acción individual (Escenario Jazz, melodía que puede tocarse con un solo instrumento) o acción coordinada (Escenario Symphony, melodía que necesita un conjunto de muchos instrumentos).

En líneas generales, el escenario Jazz asume que el foco internacional en lo que se refiere al sector energético se pondrá en conseguir la equidad energética, siendo una prioridad para los gobiernos lograr el mayor acceso a la energía a precios razona-

ble (energía barata) a través del crecimiento económico basado en la competitividad.

Mientras, el escenario Symphony asume que el foco internacional será conseguir la sostenibilidad medioambiental y la seguridad energética, a través de políticas y prácticas coordinadas a escala internacional. Se asume un acuerdo internacional en materia climática. El escenario deriva en mayores precios de la energía y menor crecimiento económico.

A continuación se resumen las distintas visiones de la AIE y el CME en base a las principales tendencias que identifican en cada escenario en lo que respecta a: crecimiento económico, demanda de energía primaria, generación de electricidad, estructura de la demanda del sector transporte, precios de

la energía, eficiencia energética, y emisiones CO<sub>2</sub> /cambio climático. En el caso de la AIE no se considera el escenario *Current Policies*.

### Crecimiento económico

Tanto la AIE como el CME consideran una senda de crecimiento económico alcista hasta 2020 desde el crecimiento medio del 3,5% anual registrado en el periodo 2000-2010, en términos de poder de paridad de compra. Para el periodo posterior a 2020 contemplan una tendencia a la baja.

La AIE considera, para todos sus escenarios, que el crecimiento económico medio mundial se situaría en el 3,6% para el periodo 2020-2030 y en el 3% para el periodo 2030-2040.

**Figura 1. Descripción conceptual de los escenarios a largo plazo de la AIE y del CME (a fecha octubre 2015)**

DESCRIPCIÓN DE ESCENARIOS AIE (WEO 2014)	
<b>CURRENT POLICIES</b> (Conservador)	Tiene en cuenta únicamente los efectos de las políticas aprobadas hasta mediados de 2014.
<b>NEW POLICIES</b> (Referencia)	Considera que se llevarán a cabo los planes y compromisos anunciados hasta mediados de 2014, aunque estos no hayan sido formalmente aprobados.
<b>450</b> (Necesario para limitar a 2°C el calentamiento global)	Considera las políticas necesarias para alcanzar el objetivo de limitar el incremento de temperatura global a 2°C respecto a niveles pre-industriales con una probabilidad del 50%. Implica una estabilización de la concentración de CO <sub>2</sub> en la atmósfera en 450 ppm (partes por millón).
DESCRIPCIÓN DE ESCENARIOS CME (2013)	
<b>JAZZ</b> (Competitividad)	Considera que los esfuerzos internacionales se concentrarán en conseguir el máximo acceso a la energía a precios razonables. La competitividad marca el desarrollo del sector. Papel destacado de las empresas multinacionales.
<b>SYMPHONY</b> (Acción gubernamental coordinada)	Considera que los esfuerzos internacionales se concentrarán la sostenibilidad medioambiental y la seguridad energética, a través de políticas y prácticas coordinadas a escala internacional. Papel destacado de los gobiernos.

Fuente: Agencia Internacional de la Energía (AIE) y Consejo Mundial de la Energía (CME).

Por el contrario, el CME considera un crecimiento económico distinto en cada escenario. Así, para el CME, bajo el escenario Jazz estaríamos ante un entorno de elevada competencia internacional, donde los agentes impulsores del crecimiento serían las compañías multinacionales, los bancos, y los consumidores. Estos agentes, más que los gobiernos, lograrían imponer la competitividad como la principal regla del mercado, lo que derivaría en una mayor convergencia en crecimiento de los distintos países y en menores restricciones comerciales (los tratados de libre comercio incrementarían las exportaciones) y medioambientales (ausencia de acuerdo internacional para limitar las emisiones de CO<sub>2</sub>). Todo ello favorecería un mayor crecimiento económico que en el escenario Symphony. En concreto, en el periodo 2020-2030 se registraría un crecimiento mundial medio anual de cerca del 3,7%. En el periodo 2030-2040 el crecimiento medio anual retornaría al 3,5%.

Por el contrario, el escenario Symphony nos situaría en un entorno caracterizado por la existencia de un consenso para lograr la sostenibilidad medioambiental y la seguridad energética de forma coordinada a escala internacional. En este entorno, la actuación de los gobiernos, las compañías (tanto públicas como privadas) y los consumidores determinarían la senda de crecimiento económico. Se produciría una menor convergencia en crecimiento, y la senda de dicho crecimiento se haría más intensiva en inversión. Existirían mayores restricciones comerciales (proteccionismo, reducción del comercio internacional) y medioambientales (acuerdo internacional para limitar las emisiones de CO<sub>2</sub>). Todo ello derivaría en un menor crecimiento económico que en el escenario Jazz. En concreto, el crecimiento medio anual en el periodo 2020-2030 se situaría alrededor del 3,2%, para bajar al 3% en el periodo 2030-2040.

En los escenarios de mayor acción ambiental (Symphony y 450) se producirían un mayor endeudamiento de los gobiernos (aumentan los subsidios y la inversión en I+D).

### **Demanda de energía primaria**

Los escenarios apuntan a un crecimiento interanual de la demanda de energía primaria mundial para el periodo 2013-2040 del 0,5% en el caso de los escenarios con mayor acción climática (Symphony y 450), del 1,1% en el caso del escenario *New Policies* y del 1,4% en el caso del escenario Jazz.

El escenario Jazz es el que presentaría unos mayores niveles de demanda de energía primaria (mayor crecimiento económico) y la mayor proporción de combustibles fósiles en el *mix* mundial. En este escenario, las distintas fuentes energéticas competirían en base a precio y disponibilidad. Al Jazz le seguiría el *New Policies*, el 450 y el Symphony, que presentaría el menor nivel de demanda primaria.

En este aspecto cabe destacar:

En primer lugar, en todos los escenarios los combustibles fósiles siguen dominando la matriz de demanda mundial en 2040 (representando entre cerca del 60% en el escenario 450 de la AIE hasta el 81% en el escenario Jazz del CME). El carbón y el petróleo disminuyen su peso en la matriz en todos los escenarios, especialmente en los escenarios donde se produce una mayor acción climática (Symphony y 450). En lo que respecta al carbón (29% de la matriz mundial en 2013), en 2040 pasaría a representar el 15% en el escenario Symphony y el 17% en el escenario 450. En ambos escenarios el mayor descenso del consumo se produciría en el periodo 2020-2040. En lo que respecta al petróleo (31% de la ma-

triz mundial en 2013), pasaría a representar el 26% en el escenario Symphony y el 21% en el escenario 450. El descenso del consumo de crudo se produciría a partir del año 2020 y de forma destacada en el escenario 450. Por su parte, el gas natural se incrementaría en todos los escenarios, pasando de representar un 21% del *mix* en 2014 a un rango de entre el 22% (escenario 450) y el 26% (Jazz y Symphony).

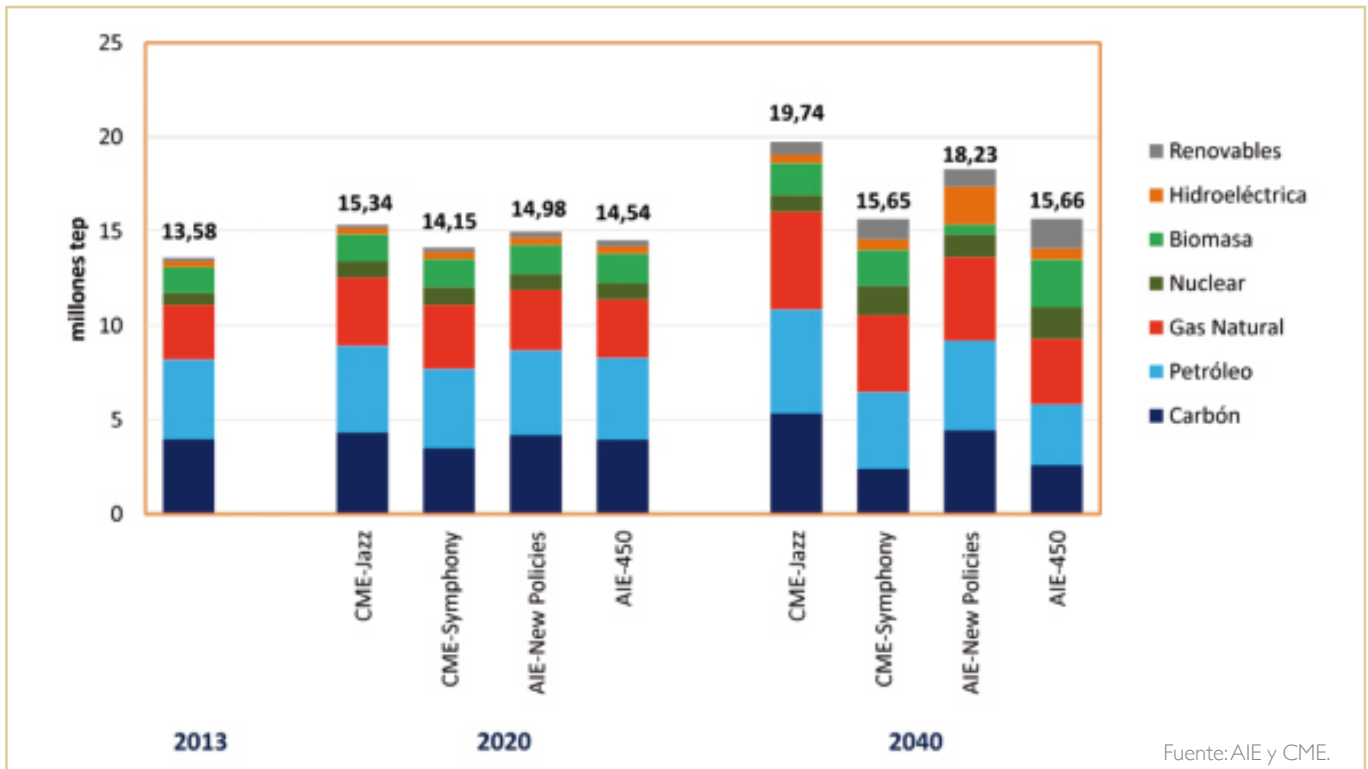
En segundo lugar, en todos los escenarios las energías renovables son las que experimentan un mayor crecimiento pasando de representar el 1% en el año 2013, a un rango de entre el 3% en el escenario Jazz y el 10% en el escenario 450. En todos los escenarios los mayores incrementos se producen en el periodo 2020-2040.

En tercer lugar, en todos los escenarios se produciría un aumento de la energía nuclear, sobre todo en los escenarios con más acción climática (Symphony y 450), y fundamentalmente en el periodo 2020-2040.

A 2040, el mayor peso de los recursos bajos en carbono en la matriz se da en los escenarios Symphony (15% carbón, 26% petróleo, 26% gas natural, 33% recursos bajos en carbono) y 450: (17% carbón, 21% petróleo, 22% gas natural, 41% recursos bajos en carbono). Por otra parte, el escenario Jazz es el que presenta un *mix* más concentrado en recursos fósiles (27% carbón, 28% petróleo, 26% gas natural, 19% recursos bajo en carbono). El escenario *New Policies* es el que presenta mayor equilibrio entre carbón (24%), petróleo (26%), gas (24%) y recursos bajos en carbono (26%).

### **Generación de electricidad**

En general todos los escenarios anticipan un gran desplazamiento de gas y carbón a

**Figura 2. Evolución del *mix* de energía primaria mundial**


favor de las renovables en la matriz de generación eléctrica mundial.

En este aspecto, destaca en primer lugar el menor peso del carbón en todos los escenarios en 2040, cuando se situaría en un rango entre el 13% (escenario 450) y 36% (escenario Jazz) de la generación total mundial, desde el 41% de 2013. Independientemente de este hecho, es destacable que la generación eléctrica con carbón seguirá creciendo en los escenarios Jazz y *New Policies* (plantas supercríticas y ultra-críticas de alta eficiencia). El CME contempla el despliegue a escala comercial del CCS (Captura y almacenamiento de carbono), después del año 2030, con los primeros desarrollos en EE.UU. y/o Europa. La generación fósil con CCS sería muy relevante en el escenario Symphony (alto nivel de subsidios),

especialmente en lo que respecta a China e India. En el escenario Jazz el desarrollo de la generación con CCS se incrementaría (sobre todo en los países desarrollados) a medida que lo fuera justificando el mercado de CO<sub>2</sub>.

En segundo lugar, el gas natural incrementaría su peso en todos los escenarios excepto en el 450. En este escenario el uso del gas natural para generación experimentaría un descenso del 20% en el periodo 2020-2040. Sin embargo, el gas experimentaría un incremento significativo en el escenario Jazz (44% en el periodo 2013-2020 y 86% de 2020-2040).

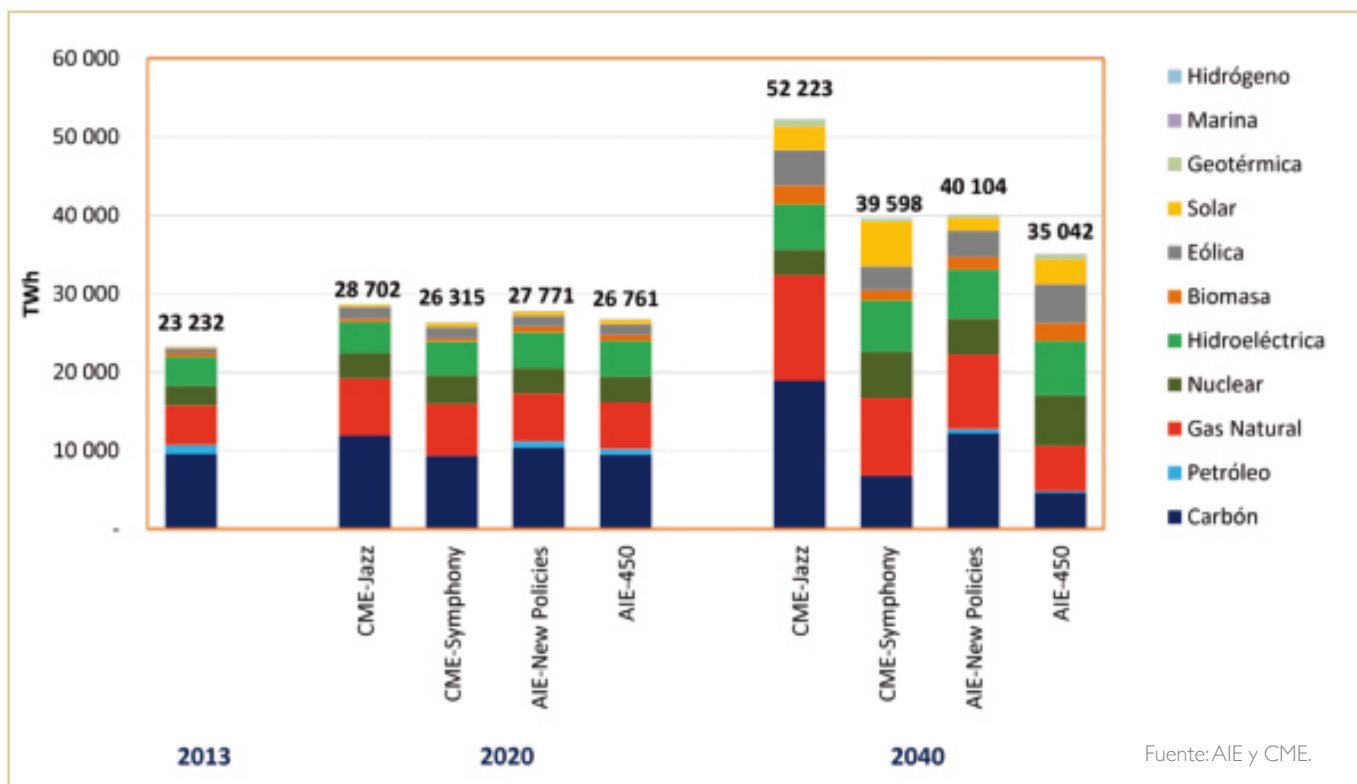
En tercer lugar, ningún escenario contempla la retirada de la energía nuclear a escala mundial. De hecho, la nuclear incrementa-

ría su peso en el *mix* en 2040 en todos los escenarios excepto en el Jazz. En general, la capacidad de generación nuclear permanecería como un factor clave de seguridad de suministro en los países en los que está presente en la actualidad, aunque en los países desarrollados existiría oposición social a su permanencia. Construcción de nuevas centrales en Francia, Finlandia, Oriente Medio, India y China. En este sentido, tanto la AIE como el CME señalan la movilización y el posicionamiento social ante posibles desarrollos tecnológicos en el sector (*fracking*, por ejemplo) como un factor a tener muy en cuenta en todos los escenarios.

En cuarto lugar, las energías renovables son las que experimentan el mayor crecimiento en el periodo de análisis. La energía eólica pasaría de representar un 3% de la gene-



**Figura 3. Evolución del mix de generación eléctrica mundial**



ración total mundial en 2013 a representar entre un 8% (en los escenarios *New Policies* y *Symphony*) y un 14% (en el escenario 450) en 2040. En cuanto a la solar, pasaría de representar el 1% de la generación total mundial en 2013 a representar entre un 4% (*New Policies*) y un 15% (*Symphony*) en 2040.

Se espera que la energía solar siga incrementando su competitividad en costes frente a otras fuentes. Esto queda patente en el peso que tendría en el *mix* del escenario *Jazz* en 2040, cuando se situaría al mismo nivel de la nuclear (6%). Sin embargo, parece que su implantación masiva solo será posible en escenarios donde los gobiernos la sigan subsidiando (*Symphony* y 450). En este aspecto, cabe destacar un mayor desarrollo de la solar en el escenario

*Symphony*. Por el contrario, en el 450 se desarrollaría más la eólica.

Los escenarios donde se produce una mayor acción climática (*Symphony* y 450) presentan una transición más rápida y estable hacia las energías renovables debido a la elevada regulación gubernamental. En el escenario *Symphony* los gobiernos seleccionarían las tecnologías a apoyar (solar y CCS fundamentalmente) mediante subsidios e incentivos.

### Sector transporte

En todos los escenarios el sector transporte muestra una alta dependencia de los productos derivados del petróleo (gasolina, diésel, fuelóleo y keroseno), constituyendo el principal sector de consumo final del crudo.

En su escenario *New Policies*, la AIE contempla que el diésel superará a la gasolina como el combustible más usado en el sector transporte a partir de 2030. La razón es que mientras la gasolina se usa casi exclusivamente en el transporte por carretera, el diésel es más versátil y además de predominar en el transporte comercial por carretera (donde los estándares de eficiencia tienen menor impacto en demanda), también se usa en el transporte ferroviario y marítimo. Bajo este escenario predominarían los subsidios a los combustibles fósiles en los países exportadores netos de crudo, algo que compensaría su menor consumo por la adopción de estándares de eficiencia.

En lo que respecta a la penetración del vehículo eléctrico, ni la AIE ni el CME contemplan una penetración significativa. Ello se

debe básicamente al elevado coste de las baterías; los altos requerimientos de inversión asociada en logística/infraestructura; y la falta de redes inteligentes (uso de los vehículos eléctricos como almacenamiento de energía). Así, la movilidad eléctrica seguiría necesitando grandes subsidios, pues la relación entre el coste de adquisición de un vehículo eléctrico y los ahorros obtenidos por eficiencia (menor consumo de combustible) y coste del combustible seguirían sin compensar a los usuarios. Para el CME, el mayor impulso se desarrollaría en Asia (China), donde se producirá un aumento más drástico de las mega-ciudades.

## Precios

En el escenario 450, los menores niveles de demanda energética se traducen en una menor necesidad de producción de recursos, sobre todo en lo que se refiere a los de mayor coste de desarrollo. Como resultado, los precios de la energía serían menores que en el escenario *New Policies*, donde la mayor demanda y los mayores costes derivarían en precios más altos.

En lo que respecta a los escenarios del CME, en el escenario Jazz la mayor competencia, el mayor comercio internacional y el mayor crecimiento económico derivarían en precios energéticos más bajos que en el escenario Symphony. Los subsidios a las energías renovables y a los combustibles fósiles prácticamente desaparecen. En lo que respecta al precio del crudo, el escenario Jazz contempla una moderación del mismo en el corto plazo con un progresivo incremento debido a la creciente demanda. De hecho el escenario Jazz presentaría mayores precios del crudo que el Symphony al final del periodo de análisis (2040-2050).

Al contrario, en el escenario Symphony los precios de la energía serían más elevados

que en el escenario Jazz en el corto plazo debido a la existencia de un mercado de oferta ajustado, sobre todo en el caso del crudo. Sin embargo, los precios bajan y se estabilizan a medida que se produce una mayor penetración de las energías renovables. En este escenario se mantiene los subsidios a los combustibles fósiles en la mayor parte de las regiones que cuentan con subsidios en la actualidad. Se incrementan los subsidios a las energías renovables, al consumo de productos y servicios “verdes” en un entorno altamente regulado.

## Tecnología

En general, ningún escenario asume cambios tecnológicos disruptivos. Más bien, esto constituye uno de los mayores factores de incertidumbre en todos los escenarios.

Los escenarios con más acción ambiental (especialmente en el Symphony) presentan una mayor inversión en I+D, promovida fundamentalmente por los gobiernos, la cual favorecería un desarrollo tecnológico más rápido. Eso no quiere decir que no se produzca desarrollo tecnológico en el resto de escenarios. En el escenario Jazz la actividad de I+D se fomentaría tanto desde los gobiernos como desde el sector privado, pero estaría orientada a aquellas tecnologías más competitivas en costes y con un elevado potencial de viabilidad económica al ser implantadas a escala comercial (por ejemplo, ciclos combinados con gasificación integrada, y tecnologías supercríticas y ultra críticas de generación con carbón antes que CCS).

En lo que respecta al CCS, los escenarios que asumen mayor acción climática coordinada (Symphony y 450) presentan una implementación más rápida de la tecnología. En este aspecto, su coste seguiría siendo elevado y necesitaría estar subsidiado. También será importante contar con un mer-

cado para el CO<sub>2</sub> capturado (por ejemplo, para su uso en la estimulación de la producción de crudo). Se contempla el inicio del desarrollo de proyectos comerciales en Estados Unidos y Europa.

## Eficiencia energética

La eficiencia energética juega un papel fundamental de cara a alcanzar un futuro bajo en carbono en todos los escenarios. En este aspecto no podrán conseguirse reducciones de emisiones significativas sin una mejora sustancial de la eficiencia energética en la industria (optimización procesos, renovación equipos) y en el transporte (renovación parque motor; algo especialmente relevante para los países en desarrollo, en particular los asiáticos y China).

Además es un factor clave en materia de seguridad de suministro y competitividad de la industria, sobre todo en lo que respecta a industria intensiva en energía: acero, aluminio, refino, petroquímica, cemento...

El escenario 450 presenta mayores ahorros de consumo de energía y menores emisiones de CO<sub>2</sub> debidos a la implantación de medidas de eficiencia energética que el escenario *New Policies*.

En el escenario Jazz lo mayores precios energéticos y la existencia de mercados más dinámicos y valga la redundancia, eficientes, favorecen la implantación de medidas de eficiencia para ahorrar costes. Este escenario contempla un cambio significativo en los hábitos de consumo y un mayor desarrollo de redes y los contadores inteligentes.

En el escenario Symphony las medidas de eficiencia energética se promueven desde los gobiernos en forma de mandatos, estándares y subsidios a las nuevas tecnologías (redes y contadores inteligentes, vehículo eléctrico...).

## Emisiones de CO<sub>2</sub> y cambio climático

Los escenarios muestran que sólo pueden conseguirse importantes reducciones de las emisiones de CO<sub>2</sub> cuando los gobiernos son proactivos y la industria y los agentes comerciales reciben un incentivo real para implementar soluciones tecnológicas orientadas a ello. Pero todo tiene un coste.

Las emisiones de CO<sub>2</sub> se incrementarían en todos los escenarios, si bien en los escenarios Symphony y 450 se alcanzaría el pico en el año 2020. Este punto de inflexión se consigue mediante la adopción de un acuerdo global con compromisos específicos por parte de los distintos gobiernos en materia climática, y la implementación de medidas de eficiencia de mercado (sistemas de comercio de emisiones). En el resto de escenarios el pico de emisiones no se alcanzaría hasta 2040.

Los escenarios Jazz y *New Policies* no asumen un acuerdo global en materia climática, pero contemplan el establecimiento de objetivos nacionales de recorte de emisiones y el desarrollo de mercados de CO<sub>2</sub>, sobre todo en los países desarrollados. El escenario Jazz contempla el desarrollo *bottom-up* de un mercado global de emisiones CO<sub>2</sub> como resultado de la integración progresiva de los mercados individuales para obtener más liquidez y disminuir costes administrativos.

Por otra parte, el escenario Symphony sí asume un acuerdo global en materia de clima en el año 2020, que promueve el desarrollo de tecnologías en carbono a pesar de no ser viables en principio. En el marco de este acuerdo global, se contempla el desarrollo *top-down* de un mercado global de emisiones de CO<sub>2</sub> como el instrumento fundamental para lograr alcanzar los compromisos de reducción globales.

## El encaje de los escenarios a largo plazo con las tendencias actuales del sector energético

En los últimos años, se han producido tres “cisnes negros” que han marcado significativamente las tendencias actuales del sector energético. Estos han sido la crisis económica mundial de 2008, el desastre de Fukushima y la revolución de los no convencionales en Estados Unidos. Además, la globalización ha favorecido la transferencia de tecnología a Asia, algo con importantísimas implicaciones para el sector energético.

El mayor efecto de la crisis de 2008 ha sido la ralentización del crecimiento económico mundial y, por lo tanto, de la demanda de *commodities*, incluidas las energéticas.

Por otra parte, Fukushima representó un punto de inflexión en el debate nuclear y los temas de sostenibilidad, favoreciendo la orientación de la política energética a aspectos de seguridad de suministro y cambio climático.

Además, el desarrollo de petróleo y gas no convencional en Estados Unidos ha sacudido el mapa energético, cambiando la dinámica y el peso relativo de los actores tradicionales del principal mercado de energía del mundo, el mercado del crudo.

Por último, la transferencia tecnológica a Asia está re-equilibrando la relación Este-Oeste mundial. Dicha transferencia está favoreciendo que potencias demográficas tan importantes como China puedan cambiar su modelo de crecimiento hacia patrones típicamente occidentales (fomento del consumo interno y exportaciones de productos de valor añadido y alta tecnología). Esto las convierte en potencias económicas y políticas, con una gran influencia en las tendencias mundiales.

En este contexto, parece que a medio plazo el mundo tiene que decantarse entre disponer de una energía barata y menos respetuosa con el medio ambiente; o bien disponer de una energía más cara y limpia. El problema añadido, es que la geopolítica y la geoeconomía están cambiando rápidamente, y pivotan hacia Asia.

Considerando los escenarios que acabamos de ver, parece de los que nos estamos moviendo en algún lugar entre el *New Policies* y el Symphony con una creciente preocupación por los temas de sostenibilidad.

En este sentido, la búsqueda de la sostenibilidad, los aspectos climáticos y la propia evolución de la economía y los mercados están teniendo algunas consecuencias positivas. Entre ellas destacan: el desacoplamiento entre el crecimiento económico y emisiones de CO<sub>2</sub> en 2014, algo que no sucedía en 40 años fuera de un contexto de crisis económica; la caída del coste de las renovables; la firma de acuerdos puntuales en materia energética (EE.UU.-China); y la adopción de compromisos de reducción de emisiones individuales por parte de los países a partir de 2020. La otra cara de la moneda está siendo la gran volatilidad de los precios de la energía y el ajuste que está teniendo lugar en algunos sectores como el petrolero.

Por otro lado, los escenarios a largo plazo coinciden en vislumbrar un futuro con gran penetración de las renovables en el que, a pesar de todo, seguirán dominando los recursos fósiles. En este sentido, la generación eléctrica con CCS se torna vital a escala global pero sobre todo en China. Hoy día, ya contamos con las dos primeras plantas comerciales en Canadá y EE.UU.. Pero lamentablemente, su elevado coste (han presentado una inversión de más del doble que la generación convencional) las sitúa



muy lejos de ser económicamente viables. También será fundamental el desarrollo del almacenamiento de energía (baterías). En Estados Unidos las compañías eléctricas están consiguiendo ahorros de costes importantes y las están implantando con éxito para gestionar las redes. Su implantación a escala doméstica (generación distribuida), todavía no es viable.

## Conclusiones

Los escenarios a largo plazo juegan un papel fundamental para identificar tendencias que permitan a las compañías adaptarse con rapidez a nuevas realidades de negocio, redefiniendo su misión y visión si es necesario.

Los escenarios a largo plazo analizados muestran un panorama energético que seguirá dominado por los recursos fósiles. En este aspecto, en lo que se refiere al balance oferta-demanda de energía primaria los productores tradicionales de petróleo y gas (Oriente Medio, Rusia) perderán influencia frente a Estados Unidos, África o Australia. Mientras, los países emergentes seguirán marcando el ritmo de crecimiento de la demanda, más si cabe, debido al paso a efectos prácticos de algunos países asiáticos a países desarrollados en términos de poder de compra del consumidor.

En lo que se refiere al consumo de energía final, los productos derivados del petróleo seguirán dominando el sector transporte. El gran cambio se producirá en el *mix* de generación eléctrica. Las renovables experimentarán un gran crecimiento y la eficiencia energética jugará un papel fundamental de cara a alcanzar un futuro bajo en carbono. En este sentido, el objetivo de estabilizar la concentración de gases de efecto invernadero en 450 ppm para limitar el incremento de la temperatura global del planeta a 2°C representa un reto imposible de alcanzar sin la implantación masiva de CCS.

El desarrollo del CCS constituye una de las principales incertidumbres a largo plazo, junto con la dinámica de interacción entre la globalización y las distintas realidades socioeconómicas regionales, y la aparición potencial de elementos disruptivos casi imposibles de predecir (tales como desastres naturales, nuevas crisis mundiales o desarrollos tecnológicos inesperados).

A esto se añade que la reorganización del orden mundial está cambiando y no tiene marcha atrás. En este sentido, debemos ser conscientes de las distintas realidades socioeconómicas existentes en los países asiáticos respecto a las de Europa o América; porque van a tener un impacto significativo en todos los aspectos clave (crecimiento económico, demanda de energía primaria, demanda de electricidad...). Pero sobre todo serán decisivos para alcanzar la sostenibilidad.

El periodo de transición energética en el que estamos entrando será clave para definir el sistema energético del futuro. No sabemos la configuración exacta que tendrá dicho sistema ni los factores que acabarán impulsando la transición desde el sistema actual; aunque de momento la dinámica la está marcando la orientación de la política energética a aspectos de seguridad de suministro y cambio climático. Lo que sí sabemos es que la transformación se caracterizará por dos aspectos: creciente complejidad y alta velocidad.

La clave está en entender las interacciones y asimilar las diferencias. ¿Lo conseguiremos? Lo veremos en 2040. ■