

# Energía y sus derivadas políticas, estratégicas, tecnológicas, de mercado y sostenibilidad ambiental. Un sector complejo.

Juan Ignacio Sánchez Sanchís  
Ingeniero Superior Industrial por la Universidad Politécnica de Madrid  
Máster en Negocio Energético (Club Español de la Energía)  
Gerente de la Unidad de Sistemas de Control y Medida en Indra

El desarrollo económico y social de un país se sustenta en tres pilares fundamentales:

- La seguridad ciudadana, entendida como el orden público y la convivencia pacífica de los individuos e instituciones del Estado.
- La seguridad jurídica, conjunto de reglas claras, certeras, de evolución predecible y no arbitraria, que garantizan la certeza del Derecho por parte del Estado a sus integrantes.
- La seguridad energética, es decir, fuentes fiables a corto, medio y largo plazo de energía que están disponibles para sus individuos con el fin de atender, desde las necesidades más básicas, hasta otras más elaboradas, derivadas de la creación de emprendedores locales que invierten en procesos productivos o de foráneos que, con la seguridad de estos tres pilares, ven oportunidades para su inversión. En definitiva, bienestar y crecimiento económico.

De lo anteriormente expuesto, comprenderá el lector de este artículo que la energía, su abastecimiento, transformación y puesta en disposición para su uso, es un sector industrial que, a priori, requiere un tratamiento especial.

En este artículo, el propósito es hacerle patente al lector que no es sólo este aspecto, el de la seguridad energética, el único que hace a este sector especial y que, por esta razón, ha sido y es una actividad en la que lo público y lo privado, el interés general y el del inversor, la planificación estatal y el libre mercado, se encuentran en un punto de equilibrio, por un lado no exento de tiranteces y por otro en el que, en pro del interés general, también se ha hecho política, con mayor o menor fortuna, siendo como es una cuestión de Estado que debe quedar fuera del ámbito ideológico. Entenderá el lector que, por su

carácter estratégico, debe estar sometido a una regulación mucho más fuerte que otros sectores productivos de bienes de consumo. Espero me permita el lector de esta Revista Peruana de la Energía que recurra a ejemplos conocidos por el que suscribe de Europa y de España, que es posible no tengan su paralelismo hoy en el Perú, sin más ánimo que el de ilustrar la argumentación.

## 1. La energía como un bien esencial

Con diferencias y matices, en diferentes regulaciones nacionales se define la energía como un bien esencial y, en algunos casos, mantiene aún el término de servicio público (término éste que, sin embargo, tiene una connotación diferente pues, de manera implícita, reconoce la posibilidad de la titularidad estatal). En cualquier caso, siempre con la finalidad práctica de evidenciar expresamente el imperativo de garantizar el suministro a todos los consumidores demandantes del servicio.

Este bien esencial, por el que la regulación debe velar se encuentre al alcance de todos los consumidores, se mueve dentro de un triángulo en el que se entrelazan la planificación estratégica, función que debe recaer en las instituciones de supervisión y regulación del Estado; el mercado y la competencia como medio de optimizar el coste en parte (allí donde sea viable) de los procesos de la cadena energética (abastecimiento, transformación, transporte, distribución y comercialización); y marcos multilaterales o multiestatales, puesto que el sector energético es uno de los mayores generadores de externalidades ambientales, de forma que algunas de ellas afectan al planeta en su conjunto, como por ejemplo, las emisiones de gases de efecto invernadero. A estos tres factores, esquematizados en la Figura 1, se les une la evolución tecnológica, representada como un “resorte”, pues su influencia puede hacer cambiar la forma de este triángulo y del punto de equilibrio (en este artículo se menciona, en muchas ocasiones, el término “con la tecnología actual”).

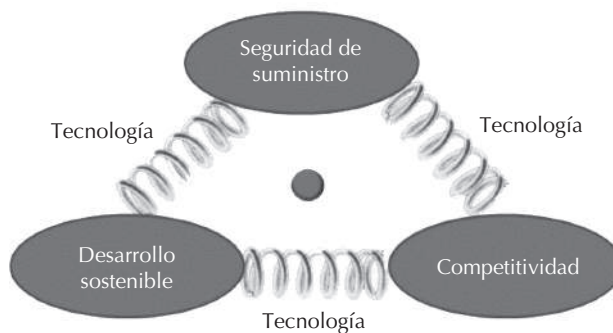


Figura 1

## 2. Seguridad de suministro

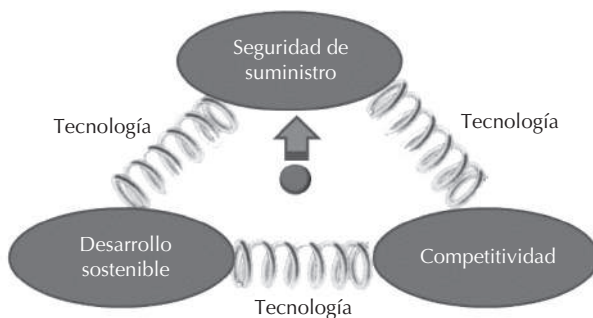


Figura 2

Para hacer inteligible este punto, conviene señalar que existen dos tipos de fuentes de energía:

- Energías primarias, que son energía que se encuentran directamente en la naturaleza, antes de transformación alguna, tales como el carbón o la leña, petróleo o gas, o la energía nuclear, solar, hidráulica ó eólica.
- Energías finales, que resultan de la transformación de las primarias, como la electricidad producida en centrales de carbón, gas natural o la gasolina que produce una refinería a partir de petróleo.

Es decir, las energías primarias son las que se encuentran en la naturaleza, mientras que las finales (como la energía eléctrica que usted y yo consumimos en nuestros hogares o el combustible de nuestros vehículos) son fruto de la transformación de las primeras.

Hoy, a inicios del siglo XXI, la principal fuente de energía primaria es la procedente de los combustibles fósiles: carbón, petróleo, gas natural... en la siguiente Figura 3, cuya fuente es la Agencia Internacional de la Energía (AIE), se puede comprobar cómo, sobre los datos de 2011, la energía primaria mundial es, básicamente, de origen fósil:

- 4.133 Mtep<sup>1</sup> de petróleo.
- 3.851 Mtep de carbón
- 2.805 Mtep de gas.

---

1 Mtep: Millones de toneladas equivalentes de petróleo. Unidad muy utilizada en la que energías como el carbón, gas natural, hidráulica, etc. se miden en su equivalencia energética en petróleo, para poderlo comparar con éste.

La energía hidráulica (300 Mtep), la nuclear (674 Mtep) y la renovable (61 Mtep) están muy lejos de la utilización intensiva de la energía de origen fósil.

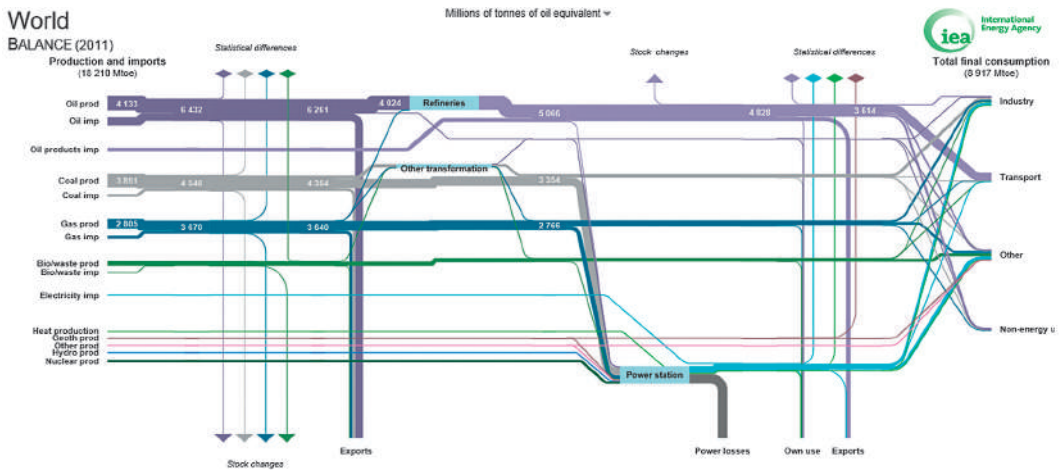


Figura 3

También en esta figura se comprueba que los dos grandes procesos de transformación de la energía primaria en energía final, para su uso, son básicamente el refinado del petróleo, que abastece mayoritariamente de energía final al sector del transporte, y la generación eléctrica que tiene distintas fuentes primarias (petróleo, carbón, gas, biocombustibles, nuclear, renovables, entre otras).

En 2009, la AIE estimaba unas reservas confirmadas de petróleo, carbón y gas natural según las cuales, al ritmo de consumo de 2009, se calculaban reservas de petróleo para 47 años, 121 años para el carbón y 63 años para el gas natural.

He aquí otro factor que, junto al expuesto en la introducción de este artículo, hace de la energía un sector especial: las tecnologías actualmente conocidas y de uso extendido para satisfacer las necesidades de la industria, el transporte y otros usos (calefacción, iluminación, etc.), están basadas fundamentalmente en combustibles fósiles y éstos son un bien limitado, escaso. Ciertamente es que la AIE año tras año ha ido revisando sus previsiones y que, por ejemplo, en los años 70 se estimaban reservas de petróleo para 35 o 40 años, y que 40 años después, la zanahoria está a la misma distancia del equino. No obstante, y

lejos de cualquier mensaje apocalíptico, entenderá el lector que estas fuentes de energía, tarde o temprano, se agotarán y que, si el modelo de crecimiento energético mundial se sigue fundamentando en estos combustibles, esto será más temprano que tarde.

En la Figura 4 se muestran los mismos datos ofrecidos por la AIE del balance energético del Perú, más actuales, del año 2011. A diferencia de los datos medios mundiales mostrados anteriormente, este balance es más halagüeño: menos dependencia externa y más peso de las energías renovables:

- 11,44 Mtep de petróleo, de los que sólo 4,75 son importados.
- 0,5 Mtep de carbón, de los que 0,44 son importados.
- 11,76 Mtep de gas, producción propia.
- La energía hidráulica (1,86 Mtep), la renovable (0,01 Mtep) y los biocombustibles (2,95 Mtep) tienen un peso porcentual mucho mayor que los datos de la AIE a nivel mundial.

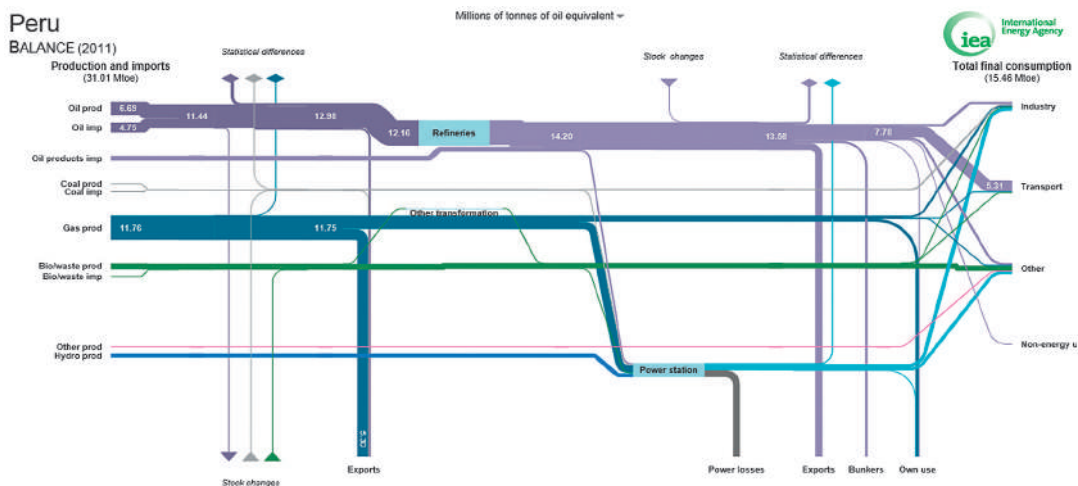


Figura 4

Según la AIE, en su estudio realizado en 2011 (véase Figura 5), el petróleo se seguirá manteniendo como la principal fuente de energía en el mundo, con un ratio aprox. del 30% del consumo de la energía primaria hasta 2035. Otras alternativas, como las energías renovables, sólo representarán (según está prevista) el 4% del consumo de energía a nivel mundial en 2035.

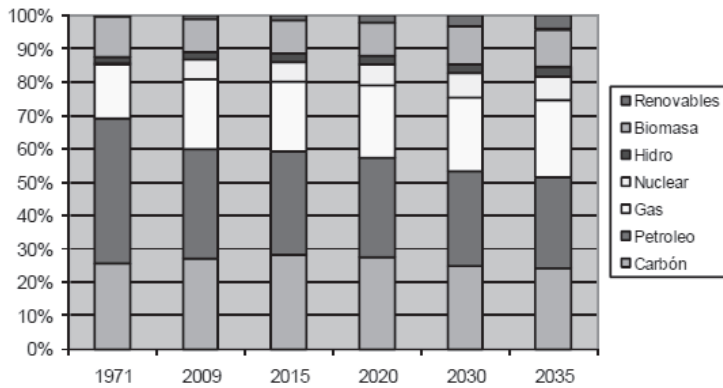


Figura 5

A excepción del carbón, que se encuentra distribuido de una manera más homogénea por el mundo, las reservas de petróleo se concentran en unos pocos países (el 54% de las reservas mundiales en Oriente Próximo) al igual que las de gas natural (Rusia, Irán y Qatar reúnen el 53% del total).

¿Qué se puede hacer al respecto? La intervención del Estado, la planificación estratégica para la definición de un mix o estructura de aprovisionamiento de energía primaria diversificado y equilibrado en cuanto seguridad (además de los respectivos costes e impactos ambientales, como a posteriori se expondrá en este artículo) es el elemento imprescindible puesto que, como ya adivinarán, no hay fuente de energía única que dé respuesta a todas las cuestiones. La política energética consiste en el arte de gestionar y optimizar objetivos antagónicos, de buscar el mejor compromiso entre Seguridad del Suministro <-> Competitividad <-> Sostenibilidad

En España, por ejemplo, la dependencia energética exterior en 2009 era del 77%, prácticamente en los mismos niveles que en 1975. Esta dependencia no había hecho sino crecer desde la segunda mitad del siglo XX, basada en el petróleo como fuente de energía primaria, por entonces barata. También el sector eléctrico exhibía esa dependencia, habiéndose hecho fuertes inversiones en centrales de fuel que, de manera rápida y económica, podían dar respuesta a la fuerte demanda eléctrica, llegándose a instalar 11.000 MW de potencia. Lejos de decrecer, la dependencia sobre el petróleo crecía en detrimento del uso del carbón, fuente de la que el país tenía cierto nivel de autoabastecimiento. La crisis del petróleo de 1973 supuso un duro revés en dicha estrategia. Paralelamente, existía un ambicioso programa

de construcción de centrales nucleares, de hasta 30.000 MW. Finalmente, sólo 9 grupos nucleares entran en funcionamiento, puesto que en 1984 se aprueba una moratoria nuclear que deja en suspenso las obras de otras 7 centrales proyectadas, algunas de ellas (Valdecaballeros I y II o Lemóniz I y II) en avanzado estado de construcción: todavía hoy en día, para muchos analistas, se trató de una estrategia ideológica para contentar a un sector social "progresista". Las pérdidas ocasionadas por esta decisión se estimaron en 729.000 millones de las antiguas pesetas (aprox. 6.000 millones de dólares de los años 80), que aún hoy, en 2014, repercuten en el consumidor eléctrico. El déficit energético en años posteriores se palió en parte a través de la importación de energía eléctrica procedente de Francia (con 59 centrales nucleares, el 78% de su energía primaria). En estas decisiones, es difícil entrever una estrategia energética clara y, desde la perspectiva, más bien parece que en lugar de política energética se ejerció política sobre la energía. Bien es cierto que hoy, casi 30 años después, la situación es distinta, pero déjenme que retome este ejemplo más adelante.

Esta situación de dependencia energética también, en menor grado, se da en otros países de la Unión Europea. La dependencia energética europea está en torno al 50%. El gas natural en Europa ha ido ganando peso a partir de los años ochenta, fecha en la que múltiples estados decidieron apostar por este recurso energético con objeto de diversificar su acceso a las materias primas y evitar de esta manera la tradicional alta dependencia del petróleo, debido a la permanente inestabilidad en Oriente Medio. En Centro Europa, sin embargo, la mayor parte de este gas procede de Rusia, el país que tiene las mayores reservas de gas natural del mundo, y que llega a través de gaseoductos controlados en monopolio por la empresa estatal Gazprom. El problema del gas natural estalló durante la doble "crisis del gas" que golpeó a Europa primero, durante el invierno de 2005 (poniendo en peligro el aprovisionamiento energético de la mayoría de los países más desarrollados de Europa occidental), y más recientemente durante las Navidades de 2008-2009, cuando el gas ruso dejó de fluir en dirección a Europa a través de Ucrania durante trece días. Esta dependencia es también, para algunos analistas, motivo de la presunta tenue respuesta de la Unión Europea ante la actual situación entre Rusia y Ucrania. La dependencia energética es, muy probablemente, un factor a tener en cuenta en muchas cuestiones internacionales (que darían, probablemente, para otro artículo). Como reacción, se ha invertido en capacidad de almacenamiento y opciones de suministro, como el gas natural licuado (GNL) que simultáneamente da respuesta a las dos problemáticas:

- Las plantas de regasificación de gas natural en estado licuado dotan al sistema gasista, gracias a sus tanques de almacenamiento GNL, de un pulmón efectivo (el gas natural, mantenido a temperaturas de  $-160^{\circ}\text{C}$  y sin más sobrepresión que la atmosférica, ocupa 600 veces menos que en estado gaseoso).
- El mercado de GNL y la red de de transporte de buques metaneros da muchas más posibilidades de abastecimiento comparado con la servidumbre de la dependencia geográfica de un vecino exportador y un conducto de gas natural.

En la Figura 6 disponen, para el caso español, del mapa de infraestructuras gasistas en el año 2013, donde pueden comprobar, simbolizado en la figura como tanques azules en diversos puntos de la costa, la capacidad de almacenamiento de GNL (Fuente: Comisión Nacional de la Energía).

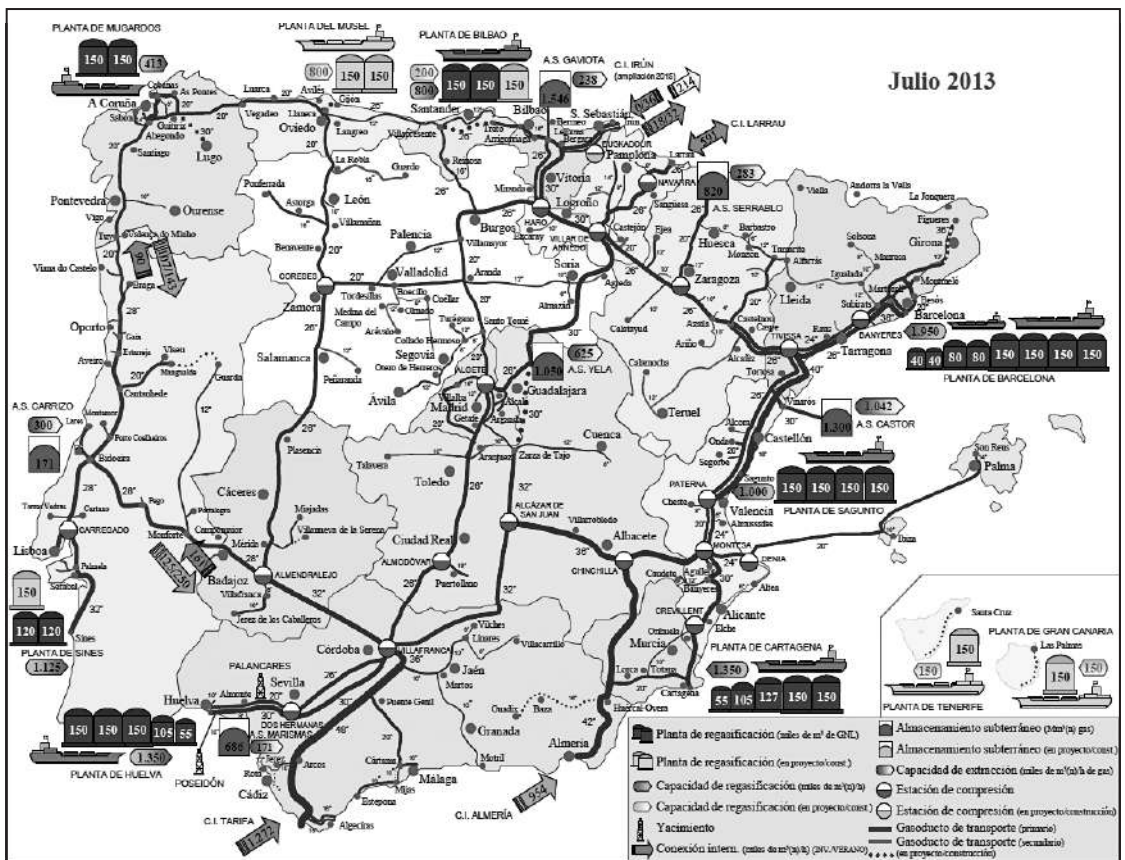


Figura 6



No obstante, nos hemos centrado en sólo una parte de la seguridad de suministro: su abastecimiento en forma de energía primaria. Sin embargo, la energía, hasta su puesta en disposición para su uso, pasa por una serie de eslabones hasta llegar como energía final al consumidor y también, cada uno de esos eslabones deben ser salvaguardados para que, finalmente, el suministro energético llegue al que lo demanda. De poco serviría la seguridad en el abastecimiento de energía primaria si no existen los mecanismos para, por ejemplo, en el caso del sector eléctrico, transformarla (generación), transportarla, distribuirla y comercializarla.

El ejemplo sobre el sector eléctrico, está tomado deliberadamente. A diferencia de otras formas de energía, la energía eléctrica tiene una particularidad con las tecnologías actualmente disponibles: su demanda en todo momento tiene que ser satisfecha de manera inmediata con producción. Dicho de otra manera, la tecnología actual no permite el almacenamiento masivo de electricidad, por lo que en todo momento, generación y consumo deben coincidir. Esta es la razón por la que generación-transporte-distribución, en el sector eléctrico, tiene un grado de complejidad mayor que el sector gasista, el petroquímico o, si me permiten el ejemplo, el suministro de leña para calefacción doméstica.

Un fuerte desequilibrio entre generación y demanda eléctrica o una interrupción en la red de transporte, y el sistema corre el riesgo de caerse como un castillo de naipes si no existen mecanismos para amortiguar y reaccionar, en distintos horizontes temporales, paliando la distorsión. Ejemplos de sucesos, de los muchos existentes, de distinta índole:

- España, 1987, la desconexión (“disparo” en el argot eléctrico) de los dos grupos nucleares de Ascó, de 950 Mw cada uno, en Cataluña, por una avería en una estación receptora, afectó a la mayor parte del territorio catalán, se extendió a zonas de Zaragoza y Madrid, así como a otras localidades de Castilla, dejando a más de ocho millones de consumidores sin suministro. Se prolongó durante más de dos horas, provocando un gran caos en los transportes, en la industria, ciudadanos atrapados en el metro y ascensores, en los servicios públicos, etc.
- EEUU, 1965, el colapso en la red de transporte eléctrico que une la costa entre Estados Unidos y Canadá. Dejó a 35 millones de personas sin suministro (y, estadísticamente, disparó la natalidad: otro efecto colateral).
- Alemania, 2006, un problema local originado por una mala operación (una línea de alta tensión sobre el río Ems que se desconectó para dar paso

a un buque) afectó a varios países durante más de una hora. Los apagones produjeron una reacción en cadena que tuvo repercusiones en Francia, Bélgica, Holanda, Italia, España, Portugal y otros países. El corte afectó a 10 millones de personas en 9 países.

También en el sector eléctrico es donde distintos países han apostado por una visión moderna del negocio a través de la rotura del modelo de empresa verticalmente integrada. Y el Perú no es una excepción. Generación, transporte, distribución y comercialización son negocios que, históricamente, eran ejercidos por una única empresa o un grupo de empresas buscando las sinergias/eficiencias en cada uno de los eslabones. Aunque esta parece una tendencia “natural”, hoy día se entiende que es un obstáculo a la competencia. El libre mercado, la libre entrada de competidores, debe determinar precios eficientes que remuneren los recursos productivos a su coste real y proporcionen señales que incentiven su uso eficiente.

Típicamente, la generación y comercialización son consideradas en diferentes regulaciones nacionales como actividades que se deben ejercer en plena competencia, en un mercado liberalizado. Sin embargo, el transporte y distribución eléctrica presentan características de “monopolio natural”: en la práctica no es viable desde el punto de vista económico que empresas compitan entre sí construyendo redes y subestaciones ofreciendo alternativas al consumidor final.

Como consecuencia, el proceso de liberalización del sector eléctrico ha consistido en la segmentación de la visión vertical del negocio, introduciendo competencia en el mercado en aquellos segmentos en los que es deseable económicamente y manteniendo el régimen regulado en las actividades con características de monopolio natural, estableciendo precios regulados que permitan el acceso a las redes de forma no discriminatoria, así como el reconocimiento de los costes en los que incurre el propietario de las redes; sin que todo ello suponga una barrera al desarrollo de los segmentos que se ejercen en libre competencia.

También la planificación estatal normalmente tiene un tratamiento distinto según la actividad: las actividades en libre competencia (generación, comercialización) suelen estar sujetas a una planificación indicativa, mientras que las actividades reguladas (infraestructuras de red) están sujetas a una planificación vinculante.

Sin embargo, tanto las actividades que se ejercen en un mercado en competencia, como aquellas que se ejercen en régimen regulado, están y deben estar sujetas a una estricta regulación, más allá del ámbito del mercado, por su efecto en la estabilidad del sistema. La generación eléctrica, además de un negocio en libre competencia, es una salvaguardia para la estabilidad, y por ello, adicionalmente de la remuneración obtenida en el mercado por su comercialización, el sistema debe disponer y reconocer:

- Los pagos por capacidad, que son incentivos a la inversión en generación y a la disponibilidad de instalaciones, para dar suficiente cobertura al sistema eléctrico en los momentos en que la necesite.
- Pagos por servicios complementarios de regulación, por el mantenimiento en tiempo real, de la estabilidad del sistema.

De la misma manera que el sistema reconoce que estos potenciales servicios otorgan garantía al sistema, los sistemas deben contemplar penalizaciones si a la hora de demandarlos éstos no son prestados o son prestados en condiciones deficientes, dado que de otro modo pasarían a convertirse en un servicio desestabilizador del propio sistema. En otras palabras, se trataría de una salvaguardia de la que se cree que dispone el sistema pero que a la hora de la verdad no es tal. En este sector, el eléctrico, como en otros sectores, es fundamental la separación de funciones del regulador, responsable de establecer las directrices y responsabilidades de cada uno de los agentes intervinientes en el sector, del operador del sistema eléctrico (COES en el Perú, REE en España, RTE en Francia, ...) que lleva a procedimiento técnicamente estas directrices disponiendo de los medios suficientes para su ejecución y seguimiento, y el de las compañías eléctricas que finalmente prestan el servicio que les he requerido, asegurando una separación de funciones (muy en línea con “De l’esprit des lois” de Montesquieu).

### 3. Competitividad.

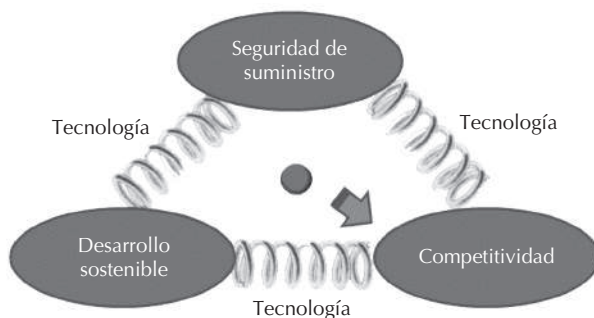


Figura 7

Otro vértice de ese triángulo con el que comenzábamos este artículo es la competitividad. La energía, como catalizador del desarrollo económico de una nación debe ser competitiva además de segura y fiable para quienes la demandan. Un país puede ser autosuficiente desde el punto de vista energético, pero no a costa de un precio poco competitivo que sea una barrera en su desarrollo.

La energía tiene otra particularidad diferencial además de las anteriormente expuestas: interviene en cualquier proceso de transformación realizado por el hombre y, por lo tanto, su coste se suma en mayor o menor medida, en función de si el proceso es más o menos intensivo en el uso de energía, al coste del bien transformado. Dicho de otra forma, un país puede perder o ganar competitividad no únicamente por el coste de sus materias primas, o por sus costes salariales, o por sus costes impositivos, o por su nivel tecnológico; también por el coste de su energía. Las políticas energéticas, además de la seguridad del suministro y el autoabastecimiento, no deben pasar por alto el factor de la competitividad dentro de la difícil ecuación de lograr un mix energético adecuado. Actualmente vivimos en un mundo global en el que la inversión se mueve buscando la mejor rentabilidad.

Por ejemplo, en el caso español, la dependencia energética exterior y la certidumbre del suministro a través de un mix energético más equilibrado que en el pasado, menos dependiente del petróleo, cabe preguntarse si se ha logrado a un costo “razonable”. La Figura 8, les muestra los datos de Eurostat del año 2013 de los precios finales de la energía eléctrica para consumidor industrial: con la excepción de Chipre, Malta e Irlanda (países no continentales donde, por

su insularidad, el coste de la energía es previsible sea razonablemente mayor), el coste de la energía eléctrica en España es el tercero más alto de Europa. En España un consumidor industrial paga 0,116 /kwh, en Francia, país vecino, 0,077 /kwh. Como comprenderán, una multinacional automovilística “X”, con plantas de producción en ambos países y que requiere un uso intensivo de energía en el proceso de fabricación, también pondera esa diferencia.

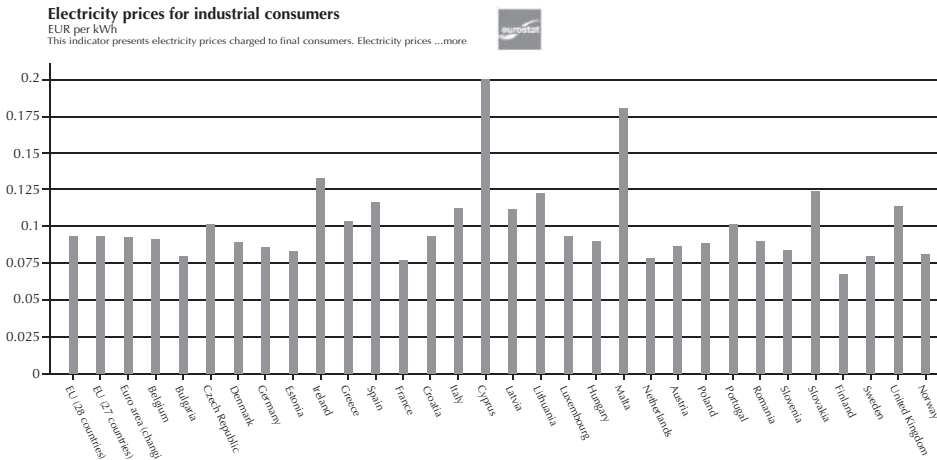


Figura 8

Otra peculiaridad del sector energético es que resulta intensivo en capital por lo que, en la práctica, en los mercados energéticos hay una tendencia a la concentración en grandes grupos que, si no se vela por la competencia, pueden ejercer poder sobre el mercado: cuanto mayor es la cuota de mercado, más rentable es incrementar el precio y menor es la caída en las ventas por la competencia de otros agentes. Además, la demanda de energía frente a la demanda en otros sectores, es una demanda poco (por no decir casi nada) elástica, por lo que mayor es el incentivo a ejercer poder de mercado. Una vez más, el papel del regulador es clave para detectar conductas que pudieran ser indicios de abusos de poder de mercado. Un ejemplo, más que ilustrativo, anecdótico: en España la Comisión Nacional de la Energía abrió, en 2013, un expediente informativo a las petroleras por un fenómeno que se denominaba “efecto lunes”. Sistemáticamente, los lunes los carburantes bajaban su precio en las estaciones de servicio de las distintas compañías petroleras alrededor de un 1 ó 2%, para volver a subir inmediatamente el martes. Coincidió que era los lunes cuando se reportaban los precios de los carburantes para las estadísticas de Eurostat.

No obstante, la competitividad es un objetivo no sólo obtenible por precio, sino también por volumen, por eficiencia en su consumo y por tecnología. Hablando en términos de intensidad energética, es decir, cociente entre la cantidad de energía consumida por un país o región y su producto interior bruto (término muy habitual para medir la eficiencia de un país), en la Figura 9 (fuente EuroStat) pueden encontrar, a la izquierda, la evolución del consumo energético en diversos países de la Unión Europea desde el año 1996 hasta el 2007. Comprobarán el gran incremento que ha experimentado España como consecuencia del alto crecimiento económico, superior al de la media europea, de estas últimas décadas. No obstante, no pierdan de vista la gráfica de la Figura 9 del margen derecho: la media de la UE de consumo en energía por PIB ha descendido un 20%, mientras que en España únicamente lo ha hecho en un 7%: España necesita consumir más energía por cada Euro generado de PIB.

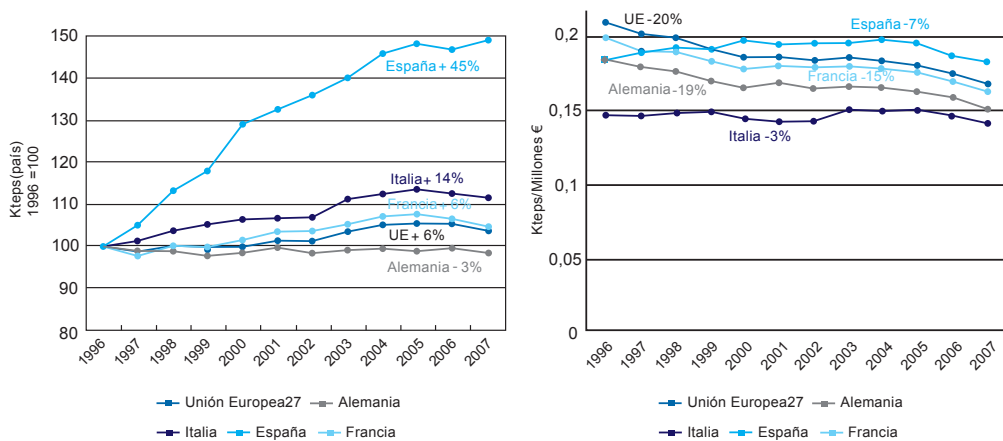


Figura 9

No sólo por sostenibilidad (siguiente sección de este artículo), sino también por competitividad, la intensidad energética es un factor clave, sobre el que sólo puede actuarse por la vía de la eficiencia energética, como a continuación se expone en este artículo (al fin y al cabo, se trata de producir lo mismo con menor consumo energético). La pregunta es, ¿existen los estímulos suficientes entre los agentes del sector energético para fomentar esta eficiencia?

## 4. Desarrollo sostenible

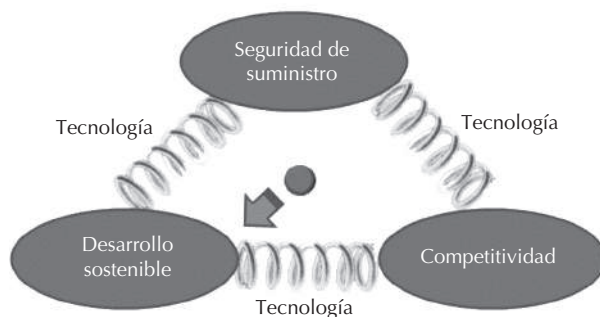


Figura 10

Según los datos publicados este mes de marzo de 2014 por la Organización Mundial de la Salud, alrededor de 7 millones de personas en el mundo mueren al año por consecuencia de la contaminación. El sector energético es, probablemente, el sector de más impacto en el deterioro ambiental. Por tanto, un mix energético con seguridad de suministro y competitivo en coste puede ser insostenible desde el punto de vista medioambiental.

Durante mucho tiempo, el foco de los organismos de control y supervisión del Estado han estado puestos en mitigar el impacto ambiental a nivel local, nacional, impulsando regulaciones para controlar la calidad del aire, del agua, etc. en sus propias fronteras. Era, y en parte sigue siéndolo, un problema de índole nacional, como los dos otros pilares tratados en este artículo anteriormente.

No obstante, a finales del siglo XX, y con mayor fuerza, durante este siglo XXI, se comienza a tomar conciencia de que no se trata de un problema nacional, sino supranacional: las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero no producen fenómenos locales, sino que su efecto es un efecto global. Y la energía, por su fuerte dependencia de los combustibles fósiles, es uno de los grandes generadores de estos gases. Otras fuentes energéticas renovables como la hidráulica-eólica-solar, o tradicionales como la energía nuclear, no son generadores de CO<sub>2</sub>. Las energías primarias de origen fósil, y en mayor medida el petróleo y carbón (por su alto contenido en carbono frente al gas natural), son generadores de CO<sub>2</sub>.

En la Figura 11, cuya fuente es el World Resources Institute sobre datos del año 2000, se muestra con claridad la argumentación anterior: más de la mitad

de la generación de gases de efecto invernadero son causados por el sector de la energía (tampoco, como comprobarán, la agricultura y los cambios de uso del suelo son despreciables frente a la influencia del sector energético y que, además de CO<sub>2</sub> otros gases, tales como el metano o los óxidos nitrosos, son gases de efecto invernadero).

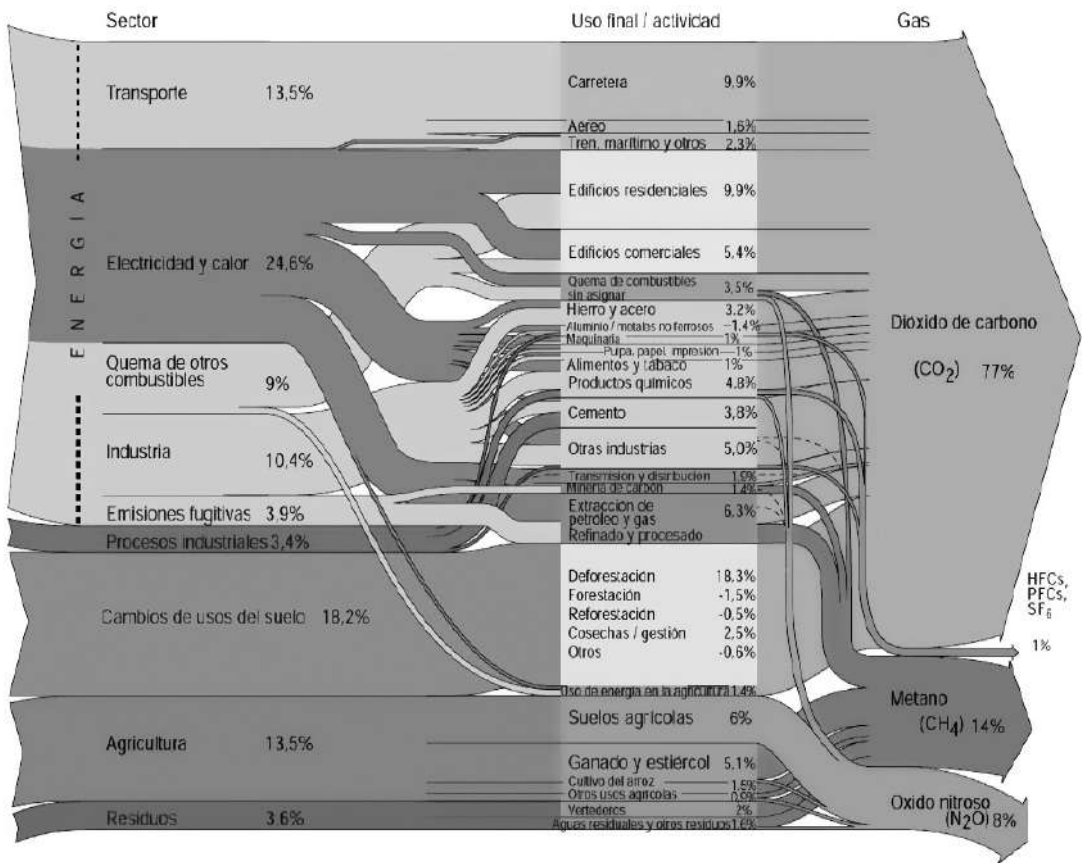


Figura 11

La primera conferencia sobre el cambio climático se celebró en Berlín, en 1995. Desde entonces, se han ido celebrando anualmente, siendo tal vez la más conocida la conferencia de Kioto 1997 en la que se lograron una serie de acuerdos o protocolo de actuación que entró en vigor en el año 2005 y que fue suscrito por distintos estados (EEUU lo firmó, pero no lo ratificó, Canadá abandonó, entre otros casos).



Recientemente se ha publicado el informe del Panel Intergubernamental del Cambio Climático. En él se estima que, con un incremento medio de 1°C de la temperatura media sobre los valores de 1986-2005, el riesgo de fenómenos meteorológicos extremos pasaría de ser de moderado a alto y se apunta a la existencia de un umbral en el que se produzcan cambios irreversibles en el ecosistema.

Con la incertidumbre de la fiabilidad de las predicciones (miles de años de humanidad y sólo unas décadas en las que existen datos medidos sobre los que realizar modelos de cálculo estimativos) y la incertidumbre también de cuánto es en realidad efecto del hombre sobre el planeta y cuánto se debe a otro tipo de fenomenología; lo cierto es que el planeta no es un saco sin fondo y que, con mayor o menor certidumbre, no permanece al impacto 7.000 millones de habitantes que, además de otras necesidades más básicas (alimentación, agua), requieren también de la energía como un bien esencial.

Según la OCDE Environmental Outlook, las proyecciones de concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y la variación de temperatura media terrestre indican que una concentración de 450 partes por millón de CO<sub>2</sub> produciría un aumento de 2°C en media y que esta concentración es probable se alcance en 2030 (Figura 12).

**Long-run CO<sub>2</sub> concentrations and temperature increase: *Baseline*, 1980-2100**

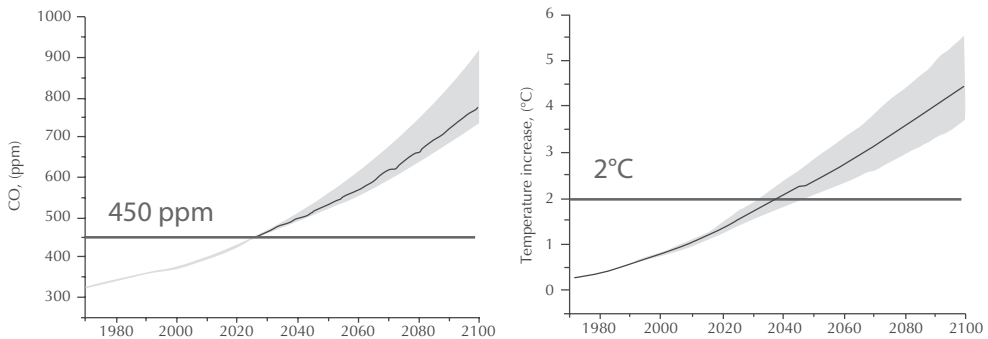


Figura 12

Nos encontramos pues que, por externalidades ambientales que van más allá de nuestra geografía, la energía, bien esencial para la prosperidad de un país, pasa a ser ya no únicamente una cuestión de estrategia nacional y competitividad del sector privado, sino una cuestión supranacional.

¿Cómo combatirlo?

- Con tecnología.
- Con medidas de eficiencia energética.
- Fomentando las energías de carácter renovable y la nuclear.
- Con solidaridad y estrategias energéticas globales, como los mecanismos de flexibilidad.

A continuación, y de manera breve, se describen las alternativas antes mencionadas, pero es necesario tener en mente la Figura 13 (World Energy Outlook) en la que se muestra la previsión en GigaToneladas de CO<sub>2</sub> emitidas desde 2010 a 2035 sin tomar medida alguna (línea superior) o tomando medidas de distinta índole (eficiencia, renovables, biocombustibles, energía nuclear y, por último, con tecnologías de captura y almacenamiento de carbono-CCS) con el objetivo de no sobrepasar la barrera de 450 partes por millón de concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

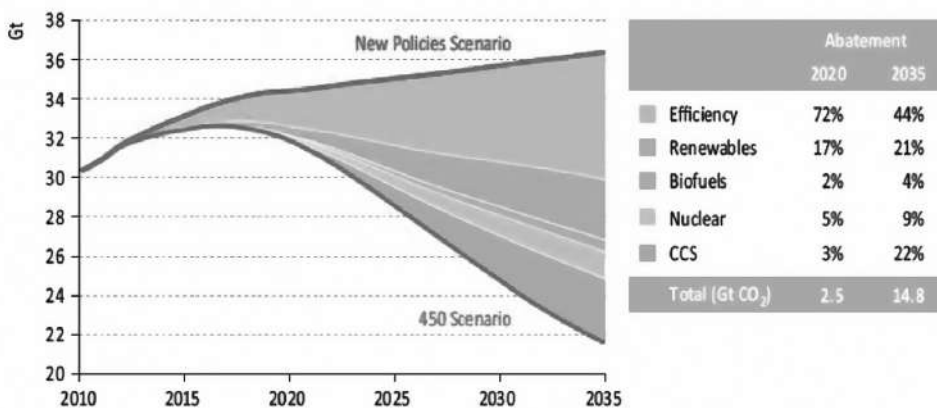


Figura 13

#### 4.1 Eficiencia energética

Si en algo coinciden todos los estudios es que el gran potencial para frenar las proyecciones antes mostradas está en la eficiencia energética. En 2020, aplicando políticas de eficiencia energética, el 72% del logro debería obtenerse con esta “palanca”.

Su aplicación debe estar impulsada vía legislación y regulación, tratando de repercutir en el usuario energético el coste de las externalidades ambientales que provoca para conseguir el efecto deseado.

Por ejemplo, en el sector del transporte de España, los impuestos por la compra de un vehículo se calculan en función de sus emisiones de CO<sub>2</sub> (gramos/km). Otro ejemplo: por directiva europea, en la compra o arrendamiento de vivienda, nueva o usada, es obligatorio la puesta a disposición de una certificación energética por los organismos notificados para tal fin. Su objetivo, a corto plazo, conocer la eficiencia energética de nuestros hogares; a medianos plazo, una fórmula para gravar impositivamente las viviendas poco eficientes y fomentar la inversión en otras que sí lo sean.

Otra iniciativa para “monetarizar” estas externalidades ambientales en la Unión Europea, por ejemplo, ha sido el establecimiento de un comercio de derechos de emisión, sistema que establece límites máximos de derechos de emisión a empresas a través de un mercado mundial del carbono. Su objetivo es conseguir la mayor eficiencia posible en la reducción de emisiones, poniendo precio a los gases de efecto invernadero (precio por cada tonelada de carbono emitido), fomentando, entre otras, la inversión en tecnologías de reducción.

También a nivel usuario y dentro del sector eléctrico, el término de Smart Grids, Redes Eléctricas Inteligentes, se encuentra en pleno apogeo. Se fundamenta en la idea de monitorizar y controlar a través de dispositivos electrónicos inteligentes el estado de la red de distribución, permitiendo técnicamente la generación renovable distribuida, optimizar el uso de la red, reducir las pérdidas, y facilitar la interacción con el usuario final servicio (gestión de la demanda, fomento del consumo de energía “verde”, tarificación del consumo en función de la franja horaria, etc.). El usuario eléctrico cree que el costo y el impacto ambiental de la energía que consume es siempre el mismo, y no hay nada más lejos de la realidad, pero tampoco se tenían antes los medios técnicos que, a un costo razonable, permitiesen otro tipo de gestión. Hoy en día, los Smart Meters, las comunicaciones y los sistemas software permiten realizar esa gestión. Ahora bien, aunque existen los medios, no hay estímulos hasta el momento en muchos países. Por ejemplo en España, con más de 65 millones de Smart Meters, la relación y servicios al cliente doméstico ha seguido igual hasta una reciente decisión, de febrero de 2014, en la que de aprobarse la iniciativa, los consumidores con este tipo de contadores podrían optar a una facturación por hora. Trasladar las señales de precio reales del mercado al consumidor es un paso fundamental para la eficiencia energética, de lo contrario, ¿qué incentivos tiene éste para modificar su hábitos de consumo?



## 4.2 Tecnología

Desde el comienzo de este artículo, la tecnología aparece en como un resorte que une los tres pilares básicos de la energía (seguridad el suministro <-> competitividad <-> sostenibilidad). Un cambio tecnológico puede cambiar la forma de este triángulo en cualquier momento.

Ejemplos:

- El shale gas, o gas no convencional. El gas natural y los gases licuados del petróleo (GLPs) han sido una fórmula fomentada por los países para, por un lado, diversificar las fuentes de energía (el ya mencionado mix), pero también por su menor impacto en emisiones. El gas combustible, por su composición molecular, es más pobre en carbono y, por lo tanto, su combustión produce menos CO<sub>2</sub>. Sin embargo, como el petróleo, y tal como hemos mencionado con anterioridad, son pocos los países que tienen acceso a él. Una revolución tecnológica, nuevas técnicas de extracción, hacen factible la explotación de gas natural atrapado en formaciones rocosas y arcillosas de baja permeabilidad, el denominado shale gas. Esto ha provocado que países, por ejemplo como EEUU, hayan reducido sus necesidades de importar gas y que el precio del comercio mundial de gas natural haya descendido.
- Las tecnologías de captura y almacenamiento de carbono, todavía no desarrolladas y con dudas razonables debido a su alto coste y alto consumo energético, son una solución prometedora porque permitirían que una energía primaria, el carbón, muy abundante y diversificado (no concentrado en unos pocos países como el petróleo o el gas natural) fuese sostenible desde el punto de vista ambiental. Estas tecnologías consisten básicamente en extraer de la corriente de humos de la central el CO<sub>2</sub> y depositarlo inyectándolo, en la mayor parte de las tecnologías que se están estudiando, en almacenamientos subterráneos (se estima que la capacidad de almacenamiento mundial de CO<sub>2</sub> estaría entorno a los 13.000 Gigatoneladas) tal y como se muestra en el esquema de la Fig. 14 (Planta Térmica de Carbón con captura de CO<sub>2</sub>, proyecto Compostilla).

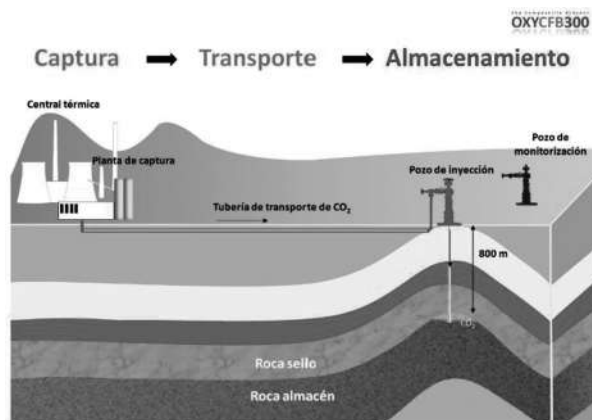


Figura 14

- La futura fusión nuclear, siempre a 50 años vista. Las inversiones realizadas en el Reactor Termonuclear Experimental Internacional (ITER), el tercer proyecto más caro de la historia. Para sostener tal inversión, son muchos los países que financian el proyecto.
- La denostada en algunos países, por razones ideológicas más que técnicas (véase en contraposición el modelo francés, estadounidense, surcoreano), energía nuclear convencional de fisión, también está en un proceso constante de mejora en lo que en el argot se denomina nuevas generaciones de reactores. Esta tecnología resulta imprescindible y, como se ve en la Figura 13 con la que empezamos esta sección, se espera de ella contribuya entre un 5% y un 9% a reducir las emisiones (sin contar con las que ya, con una penetración mundial en torno al 4%, ha evitado). Sus talones de Aquiles son:
  - Los residuos que genera, altamente radiactivos, pero, a diferencia de las tecnologías de combustibles fósiles, confinados y controlados. Una pastilla de uranio de tan solo 5 gramos de peso, produce la misma electricidad que 810 kilos de carbón, 565 litros de petróleo, o 480 metros cúbicos de gas natural. Una vez usada la pastilla, se tiene un problema de 5 gramos de peso sobre la mesa; en cambio, con los 810 kilos de carbón, se tienen 3 toneladas de CO<sub>2</sub> esparcidas por la atmósfera.
  - La severidad del daño ante un fallo catastrófico. El diseño de los reactores se realiza contemplando posibles accidentes, aunque sean de escasa probabilidad, como base de su diseño (hasta el impacto de un avión sobre el edificio de contención) y dispone de sistemas de seguridad redundantes (se duplican y triplican elementos críticos). Existen casi 450

reactores nucleares de fisión en el mundo con décadas de funcionamiento. Desgraciadamente, en las bases de diseño de los reactores de Fukushima no estaba contemplado, como tampoco lo está si la central estuviese ubicada en Kansas, como riesgo plausible un tsunami de 38 metros, lo que a todas luces ha sido un error.

### 4.3 Energías renovables

Las energías renovables llevan siglos conviviendo con nosotros como fuente energética. El viento ha movido barcos, hecho girar aspas de molinos y el agua de los ríos girar palas para la molienda. Su hándicap siempre ha sido la volatilidad, su estacionalidad, mitigada en el caso de la energía hidráulica, cuando es posible, por la construcción de embalses. Fíjense en la Figura 15 (son datos de Red Eléctrica de España de los días 23 a 25 de marzo de 2014 en España de la demanda eléctrica y generación eólica):

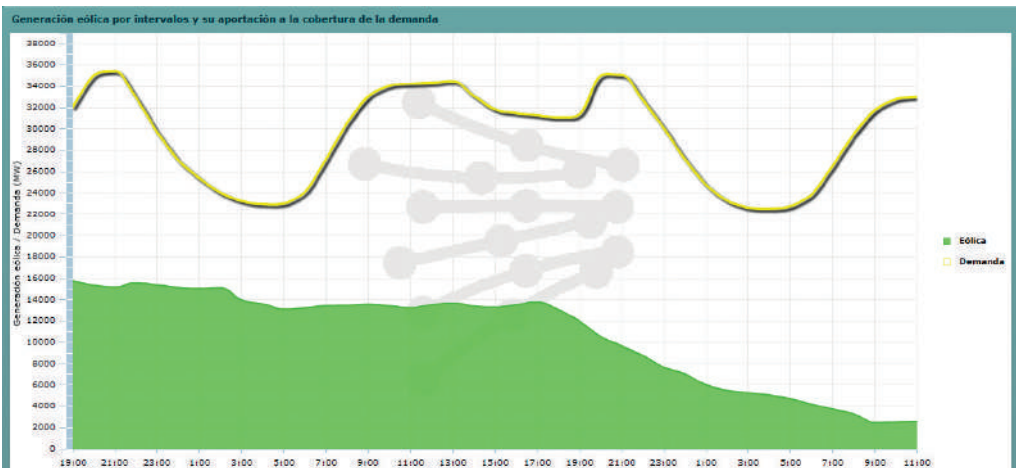


Figura 15

A las 19:00 del día 23, de los 32.000 MW demandados, 16.000 MW se cubrían con energía eólica (fue un día más de invierno que de primavera: frío y ventoso), casi la mitad de la demanda. El día 25, a las 9:00 h de la mañana, apenas había 2.000 MW para la misma demanda. Por lo tanto, y dado que tiene que haber un equilibrio perfecto entre generación y demanda, siempre tiene que haber tecnologías “convencionales” detrás para dar bajo petición, lo que la naturaleza deja de dar por capricho. Un sistema como el español sólo se sostiene porque los generadores eléctricos (centrales hidráulicas, ciclos combinados) regulan para aplacar la demanda y para compensar la incertidumbre de la energía renovable.

Es en el sector eléctrico donde mayor ha sido la penetración de las energías renovables, por considerarse un sector técnicamente más viable para ello. Por ejemplo, en el sector transporte en Europa, donde ya existe un parque automovilístico consolidado y que requeriría “readaptar” los motores de combustión ya en circulación, resulta complicado la introducción de los biocombustibles más allá de introducir mezclas que oscilan entre el 5% y el 7% de éstos en el combustible de origen petrolífero. Además, con la tecnología actual, existe una controversia sobre si el balance energético neto es lo suficientemente positivo (energía necesaria muy elevada para producir el biocombustible) o si, por ejemplo, estamos induciendo al cambio del uso del suelo al que, como se mostraba en la Figura 11, se le achaca el 18% de las emisiones de efecto invernadero, lo que sería del todo contraproducente.

En la Unión Europea, la estrategia ha sido “electrificar” el consumo, es decir, fomentar que la energía final sea, en la medida de lo posible, electricidad. Esa es, por ejemplo, la razón del impulso de la generación distribuida (fomento de la pequeña generación “in situ” en media o baja tensión) o del vehículo eléctrico. En este último caso, indirectamente, se estaría utilizando energía renovable en el sector transporte (anotar de la Figura 3 del World Energy Balance, que es tan importante en necesidad de energía primaria como el eléctrico).

Los resultados tal vez no hayan sido lo suficientemente satisfactorios, por lo menos en el caso español:

- Según las empresas del sector eléctrico, todo el coste económico de esta estrategia ha recaído en dicho sector, lo está pagando el consumidor eléctrico, ha encarecido la factura y resulta contraproducente a la estrategia de electrificación, dado que el otro sector importante, el de los hidrocarburos para el transporte, no ha cofinanciado el esfuerzo común de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> e incrementar las energías renovables.
- La parte del coste que no está siendo satisfecha está creando un déficit de tarifa al que aún no se le ha dado solución.
- Los generadores eléctricos “convencionales”, que invirtieron en activos de generación con perspectivas de estar operando la mayor parte del año, no han cubierto sus expectativas y no rentabilizan sus inversiones.

Los agentes del sector eléctrico se preguntan (algunas veces a viva voz) si no habría sido mejor gestionar este coste vía presupuestos generales del Estado.

#### 4.5 Estrategias energéticas globales y mecanismos de flexibilidad

Problemas globales requieren soluciones globales y así, tras distintas cumbres sobre cambio climático, los países participantes han ido asumiendo compromisos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (la más conocida, Kioto). También se han definido y reconocido mundialmente, entre aquellos países que han asumido estos compromisos, mecanismos de flexibilidad, también denominados Mecanismos de Desarrollo Limpio (MDL), tales como que un país cumpla su compromiso de reducción de emisiones invirtiendo en otro, recibiendo a cambio Certificados de Reducción de Emisiones (CER). En teoría todos salen ganando ya que el país inversor alcanza sus compromisos de reducción (vía CERs) y el anfitrión percibe inversiones extranjeras y transferencia tecnológica más eficiente del país inversor. En la práctica, los países son poco altruistas en la aplicación de estos mecanismos.

No obstante, estos compromisos son voluntarios. ¿Qué sucede si no participan todos? China acaparará el 41% del crecimiento de las emisiones globales de CO<sub>2</sub> del mundo en 2005-2030. En 2030 sus emisiones supondrán el 27% de las mundiales. El esfuerzo que en reducción pueda hacer el Perú, el Perú y sus países vecinos, o la propia Unión Europea, es una gota en el océano si China no se compromete también. EEUU es actualmente el mayor emisor de estos gases en el mundo, pero el protocolo de Kioto no fue ratificado por “perjudicar gravemente su economía y competitividad” si otros países en vías de desarrollo no se adherían también al protocolo.

Las energías convencionales de origen fósil, frente a las renovables, siguen siendo baratas, accesibles y muchos países en vías de desarrollo, tienen cierta autosuficiencia (seguridad del suministro). Países ya desarrollados que, en su momento, no ponderaron las externalidades ambientales de las fuentes de energía que utilizaban, ¿están en disposición de pedir esfuerzos voluntarios a estos países en desarrollo?

Lo cierto es que, pese a la incertidumbre de las predicciones en lo que respecta al cambio climático, lo que se pone en juego es mucho y debe ser un esfuerzo solidario entre naciones.

En resumen, un sector complejo. El artículo se inició con una disertación sobre estrategia y política energética nacional para asegurar un mix energético diversificado y autosuficiente en la medida de lo posible; la libre competencia para asegurar la competitividad, y la regulación para mantener



la continuidad y calidad del servicio; y finalmente, por sus externalidades ambientales, el sector acaba teniendo tintes supranacionales y de solidaridad entre las economías desarrolladas y las que están en vías de desarrollo, bajo los auspicios de cambios irreversibles en el planeta. Extraiga el lector sus propias conclusiones.