

La crisis energética y la energía nuclear

Debate de expertos

Seminarios y Jornadas 22/2006

Ninguna parte ni la totalidad de este documento puede ser reproducida, grabada o transmitida en forma alguna ni por cualquier procedimiento, ya sea electrónico, mecánico, reprográfico, magnético o cualquier otro, sin autorización previa y por escrito de la Fundación Alternativas

© Fundación Alternativas

ISBN: 84-96204-99-5

Depósito Legal: M-18254-2006

La preocupación por la energía en el mundo ha adquirido una especial intensidad en los últimos años. En un mundo lleno de incertidumbres acerca de su estabilidad económica y política, con una oferta de recursos energéticos fósiles concentrada en partes muy precisas del planeta, con frecuencia las más afectadas por situaciones o riesgos de inestabilidad y una demanda de energía muy elevada como consecuencia, principalmente, del intenso ritmo de crecimiento que experimentan países como China, India y otros, la seguridad en los abastecimientos energéticos se ha convertido en la cuestión estratégica crucial para casi todas las economías del mundo.

Bien recientemente la UE ha expresado en un Libro Verde las fuentes de esta inquietud, compartida por las economías desarrolladas y que exige la adopción de acciones decididas.

La dependencia de fuentes energéticas externas, que ronda el 50% en el conjunto de la UE (80% en España), puede alcanzar el 70% en unos pocos años. La mitad del consumo de gas de la UE proviene de tres países (Rusia, Noruega y Argelia), en una dependencia que todavía crecerá en los próximos años. La demanda mundial de energía se estima que aumentará un 60% hasta 2030, y la de petróleo se espera que lo haga a tasas no inferiores al 1,6% anual acumulativo. En ese marco de proyecciones la subida de precios de la energía experimentada en los últimos años no parece que vaya a desaparecer. En los últimos dos años casi se han doblado los precios del petróleo y del gas y, con ellos, los de la electricidad, con consecuencias ya sentidas sobre los consumidores y sobre la competitividad de las distintas actividades económicas. Por si fuera poco, los efectos ambientales del inmoderado consumo energético se hacen sentir sobre el planeta, transformando en acuciante la adopción de medidas de contención, sea en forma de una mayor eficiencia energética de la actividad económica, mediante el empleo de mayores dosis de fuentes renovables en nuestra dieta energética o, en última instancia, en forma de ahorro.

A la vista de este escenario de inseguridad, altos costes de la energía y necesidad de diversificación de sus fuentes de procedencia, no es extraño que los responsables públicos, los expertos energéticos y los científicos de diversos países hayan dirigido su atención, entre otras direcciones del análisis, hacia las posibilidades ofrecidas por la energía nuclear. El cambio de las circunstancias generales ha hecho razonable y hasta obligada la reconsideración de los beneficios y costes sociales que habían determinado en el pasado la mayor o menor presencia de la energía nuclear en el suministro eléctrico de cada país. No para ignorar los datos –las luces y las sombras– que han estado presentes en el debate en torno a esta opción energética, sino para evaluarlos a la luz de las nuevas circunstancias y acontecimientos antes referidos.

En torno a la opción nuclear, a su deseabilidad social y a la dimensión de su presencia, han estado presentes consideraciones tecnológicas, económicas, medioambientales y –si pueden separarse de las anteriores– también consideraciones políticas. El debate en nuestro país, por ejemplo, vino condicionado por el hecho de que las decisiones de inversión en centrales nucleares se tomaron en un régimen no democrático, con una manifiesta falta de discusión y consenso social y una exagerada previsión de la demanda eléctrica para los años siguientes. Al margen del rechazo que en ciertos sectores sociales había provocado la opción nuclear, lo cierto es que los dilatados procesos de construcción de las centrales, la exagerada potencia prevista y la elevación de los costes de financiación de tan voluminoso programa inversor, en un periodo prolongado de escaso crecimiento, situaron al sector eléctrico en una virtual situación de quiebra financiera que se saldó con la moratoria nuclear, el abandono de varios de los proyectos no culminados y el saneamiento económico de las empresas, entre otras medidas, a través de la garantía introducida en la tarifa eléctrica de recuperación de los costes incurridos. Desde la adopción de aquella relevante decisión, las nuevas inversiones que el sistema ha necesitado para abastecer la creciente demanda de electricidad se han cubierto con otras fuentes, fósiles en su mayor parte, si bien la atención a las energías renovables ha sido creciente desde finales de los años noventa.

En un periodo de precios baratos del petróleo, consideraciones de coste relativo y otros problemas insuficientemente resueltos, como la vieja cuestión del almacenamiento de los residuos de alta actividad, amén del rechazo social, hacían poco aconsejable, en las condiciones españolas, la consideración de la energía nuclear como una opción para la cobertura de las nuevas necesidades de potencia. Ninguno de los gobiernos que se han sucedido en España desde los años ochenta hasta ahora, ni del PSOE ni del PP, ha planteado la opción nuclear como una opción real en los diversos documentos de planificación energética que se han elaborado en el periodo. No en vano, como recogen algunos estudios sociológicos, España es uno de los países con menor nivel de aceptación de la energía nuclear entre los que integran la OCDE.

Y, sin embargo, como ya decíamos, las nuevas condiciones imperantes han llevado a que el debate se reabra sin que la conclusión pueda prejuzgarse por el momento. Varios países europeos han cambiado sus posiciones en esta materia. Otros anuncian un proceso de reflexión. Incluso en nuestro país, con el impulso del Ministerio de Industria, se ha constituido una Mesa de Diálogo Nuclear, que se reúne con regularidad y cuenta con la participación de diversos estamentos implicados y organizaciones sociales, en lo que parece ser un antecedente del necesario debate nacional sobre esta cuestión.

En la Fundación Alternativas hemos querido contribuir modestamente a este incipiente debate sin prejuzgar de ninguna manera el resultado. Un conjunto de relevantes especialistas provenientes de diversas disciplinas, de las ciencias físicas y sociales, junto con representantes de la industria y de algunas áreas de la administración, han debatido abiertamente durante una jornada las cuestiones más polémicas. Sus argumentos y razones han servido para ilustrar la complejidad de las decisiones en esta materia sin que ningún sencillo resumen pueda sustituir por el momento la variedad de visiones existentes y las incertidumbres pendientes de resolver. Lejos de pretender una conclusión, los participantes en el seminario han desbrozado algunas líneas argumentales tanto de carácter científico y tecno-

lógico como sociológico, económico e industrial, que debieran ser tomadas en consideración. Pero, como no podía ser de otro modo, ni se han recogido todos los argumentos posibles ni los expresados tienen otra virtualidad que la de corresponder a expresiones informadas y honestas de quienes los han formulado. Este no ha sido un debate para obtener conclusiones acabadas, salvo la muy obvia acerca de la necesidad de seguir la discusión y llevarla a nuevos ámbitos y más plurales grupos sociales.

Quiero expresar a todos los que han participado en este Seminario sobre el presente y el futuro de la energía nuclear mi agradecimiento por su desinteresada contribución. En primer lugar a Carlos Vélez, por su inestimable ayuda en la organización del Seminario y en la conducción firme y amable de sus discusiones; en segundo lugar, a Claudio Aranzadi, Eduardo González y José María Martínez-Val, los tres ponentes que, con sus excelentes contribuciones iniciales, animaron la discusión y centraron los principales problemas económicos, industriales y científico-tecnológicos, respectivamente; por último, a todos los demás asistentes, por la calidad de sus contribuciones orales a la reflexión colectiva. Gracias a la contribución de todos ellos al debate libre y sin tabúes que mantuvimos, es posible ofrecer ahora este documento sobre una cuestión de tanta actualidad e importancia para el presente y el futuro de nuestra sociedad.

Juan Manuel Eguiagaray

Director del Laboratorio de Alternativas

Asistentes

Juan Manuel Eguiagaray, Director del Laboratorio de Alternativas.

Carlos Vélez, ex Director del OIEA, ex Director general del ININ de México.

Claudio Aranzadi, ex Ministro de Industria.

Eduardo González, Presidente del Foro Nuclear.

José María Martínez-Val, Presidente del Comité Científico y Técnico de Euratom.

Carlos Alejaldre, Director general de Política Tecnológica del Ministerio de Educación y Ciencia.

Luis Atienza Serna, Presidente de Red Eléctrica de España.

José Ángel Azuara, Vicepresidente del Consejo de Seguridad Nuclear.

Iñaki Garay Zabala, Director del diario Expansión.

Juan Manuel Kindelán, ex Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear.

Pedro Larrea, Director general de Gestión de la Energía de ENDESA.

Francisco Linde de Castro, representante de ENRESA.

Carmen Martínez Ten, Consejera del Consejo de Seguridad Nuclear.

Mercedes Pardo Buendía, Presidenta del Comité Español de Investigación del Cambio Medioambiental Global, profesora titular de Sociología de la Energía de la Universidad Carlos III.

Juan Antonio Rubio Rodríguez, Director general de CIEMAT.

Carlos Sallé, Director de Regulación de Iberdrola.

Elías Velasco, de Unión Fenosa, Presidente del Comité Español del Consejo Mundial de la Energía.

Informe de contenidos

Juan Manuel Eguiagaray

■ La idea del Laboratorio de Alternativas al organizar este Seminario era que pudiéramos reflexionar serenamente sobre la energía nuclear, partiendo de la constatación de que en nuestro país la energía nuclear ha sido durante muchos años una especie de tabú, y todavía lo es desde el punto de vista sociológico y del político. Lo es, seguramente, porque tenemos una historia singular, una historia en la que se cometieron probablemente algunos excesos, excesos de inversión y de decisiones que no fueron consultadas. Aquello motivó determinados comportamientos sociales y políticos que probablemente han contaminado también todo el debate social, técnico y energético en nuestro país. Sea como sea, algunos estudios de opinión ponen de manifiesto que España es uno de los países que tiene un nivel de rechazo a la energía nuclear de los más altos de Europa. Ningún gobierno de la derecha o de la izquierda puede desconocer esta situación. Por lo tanto, si en algún momento hemos de tomar decisiones, o han de tomarse decisiones de cara al futuro diferentes de las que se han venido tomando, sería bueno que la opinión pública estuviera adecuadamente informada desde el punto de vista técnico, científico, económico e industrial de lo que ha venido ocurriendo, ocurre y puede ocurrir en el ámbito de la energía nuclear. Por eso es por lo que hemos organizado este Seminario, no para decir que necesitamos energía nuclear hoy o mañana, sino para romper tabúes y para empezar a hablar entre gente que sabe, que sabéis de esta cuestión, y que podéis aportar vuestros puntos de vista con toda la riqueza de matices que se espera que aportéis. No va a ser, desde luego, ni el primero ni el único de los debates, pero hay circunstancias que lo están favoreciendo. Sin duda alguna, los problemas de seguridad de abastecimiento, en el mundo, en Europa, algunos de los cuales, bien recientes, en relación con el gas, o los problemas de elevación de precios, o los problemas de la mayor preocupación medioambiental, al menos en relación con los gases de efecto invernadero, etc., son cuestiones que apuntan a la necesidad no solamente de ser más estrictos en materia de ahorro, de eficiencia energética, sino también de proveer para que en el futuro existan fuentes diversas que nos puedan permitir garantizar el modelo de crecimiento, de desarrollo económico al que los países siguen aspirando. Por lo tanto, en este marco es en el que yo me alegro de haber podido convocar a tantas personas importantes y competentes en esta cuestión para tratar de discutir a lo largo de un cierto tiempo.

Antes de darle la palabra a Carlos Vélez, quería simplemente expresaros un par de advertencias. Vamos a grabar todo lo que digáis, por lo tanto esto no es una amenaza, simplemente es una advertencia. La intención, salvo que alguno tenga después reservas, y en su caso habrá ocasión de corregirlo, es que la transcripción se os pasará a todos para que hagáis las oportunas correcciones de estilo, de fondo y de forma que os parezcan, pero que

podamos publicar después al menos una especie de extracto, incluso literal, de todas vuestras intervenciones, que será una contribución también a este debate. Por lo demás, como estaba previsto, y esto ya es tarea del moderador, hay varias intervenciones iniciales y después un amplio turno de intervenciones de todo el mundo.

Quisiera decir dos palabras de agradecimiento también a Carlos Vélez, que va a dirigir el Seminario. Carlos Vélez no sé si es un español mexicano o un mexicano español, ambas cosas a la vez probablemente, una persona de amplia tradición dentro del sector, que ha sido Director Adjunto de la Organización de la Energía Nuclear con varios directores del organismo, lo que le ha permitido también ver muchas cosas y situaciones en diversos países. Él ha sido, al mismo tiempo, responsable también del equivalente al CIEMAT en México, y ciertamente, además de su vocación universitaria y técnica, ha colaborado con empresas y organismos de todo el mundo en materias nucleares. Yo le había pedido como persona no involucrada en el debate en España que hiciera un poco de coordinador y que pudiera no solamente conducir el Seminario, sino aportarnos también su experiencia de muchos años en este terreno. Carlos, cuando tú quieras.

Carlos Vélez (moderador)

■ Es para mí un honor estar aquí moderando esta discusión, este seminario. Me alegro de conocer a tantas personas importantes en el ámbito energético y nuclear español.

Yo quisiera empezar por hacer algunas reflexiones, las titulo “Reflexiones de un veterano”, sobre lo que ha representado la energía nuclear en los tiempos recientes y lo que quizás pudiera representar en el futuro.

Hace años, me definí como “pro-nuclear pero no fanático”. Cincuenta años más tarde, creo que puedo aplicarme la misma definición.

En los años transcurridos, la energía nuclear ha pasado por altos y bajos, desde un optimismo desmesurado, cuando se hablaba de utilizarla en todo tipo de transportes y se creía que iba a producir electricidad “demasiado barata para ser medida”, hasta la oposición generalizada, sobre todo después del accidente de Three Mile Island y en especial del de Chernóbil. Hoy, parece que estamos en un punto medio, donde se ve la energía nuclear como una opción que puede ser competitiva con otras fuentes de energía para producir electricidad, que es segura si se maneja bien y que tiene muchas ventajas desde el punto de vista ambiental, salvo por el problema de los residuos radiactivos.

Quisiera compartir algunas reflexiones sobre la naturaleza de la energía nuclear que pueden ayudarnos a ubicarla en la historia de la Humanidad.

El primer aprovechamiento tecnológico de la energía fue el uso de corrientes de agua y del viento en molinos y en la navegación. Lo que aquí se utiliza es la energía cinética de las moléculas en movimiento. Así, una molécula de agua al caer libremente de una altura de un metro adquiere una energía cinética de aproximadamente dos microelectrón-voltios.

El dominio del fuego puso a disposición del hombre la energía de la combustión, esto es, energía química resultado de la interacción de los electrones exteriores del átomo. Sin embargo, pasaron muchos milenios para que la combustión tuviera una repercusión tecnológica importante con la invención de la máquina de vapor en el siglo XVIII. En las reacciones químicas, la energía liberada es del orden del electrón-voltio, esto es, un millón de veces superior a la energía cinética de una molécula. El proceso que se inició con la máquina de vapor fue tan portentoso, en lo económico, en lo social y en lo político, que ha sido conocido como la “Revolución Industrial”.

En las reacciones nucleares intervienen las partículas constitutivas del núcleo atómico y las energías liberadas son ahora del orden del megaelectrón-voltio, otra vez un factor de un millón con respecto a las reacciones químicas. Estos cambios tan grandes no son asimilados fácilmente por la sociedad. Recordemos los conflictos que provocó la introducción de la máquina de vapor y entenderemos mejor la oposición suscitada por la energía nuclear.

Además de la concentración de energía, hay otra diferencia importante entre las energías hidráulica y eólica, por una parte, y las energías química y nuclear, por otra. Una molécula de agua al pasar por una turbina, o una molécula de nitrógeno al rebotar en la vela de un barco, no cambia de sustancia, sigue siendo la misma molécula. En la combustión o en la fisión y fusión nucleares, por el contrario, las sustancias químicas o las especies nucleares resultantes son diferentes de las originales, de modo que se producen residuos, químicos o nucleares. Con la contaminación hemos tropezado. Al ser las reacciones nucleares un millón de veces más energéticas que la combustión, por unidad de masa, los residuos producidos en la utilización de energía nuclear lo son en mucho menor cantidad que los que resultan de la combustión, lo que en principio debe facilitar su confinamiento.

Es bien sabido que en la producción de electricidad se puede utilizar una gran variedad de recursos energéticos: la energía hidráulica, los combustibles fósiles, la energía nuclear, la geotermia, la radiación solar en instalaciones fotovoltaicas y térmicas, el viento, la biomasa, el mar en diferentes formas (mareas, corrientes, olas, gradientes de temperatura). Últimamente se ha extendido el uso del gas natural, al punto que en varios países la excesiva dependencia de este energético plantea ya riesgos económicos y estratégicos. A nivel mundial, hay necesidad de producir más energía para satisfacer la demanda de una población creciente y también de preservar el medio ambiente para las generaciones futuras. En particular, con el aumento en las emisiones de gases de efecto de invernadero, estamos sujetando nuestro planeta a un experimento incontrolado que puede tener consecuencias desastrosas.

En el medio y largo plazo, los combustibles fósiles se habrán vuelto prohibitivamente caros, como resultado de su mayor escasez y de las salvaguardias tecnológicas que serán necesarias para proteger la atmósfera. Habrá que recurrir para la generación de electricidad a las energías asintóticas, o sea, aquellas que, por su magnitud, podrían abastecernos de energía durante cientos o miles de años. Las energías asintóticas conocidas son la solar, la geotermia y la fisión y fusión nucleares. Cuando hablamos de plazos tan largos, sin embargo, no es prudente cerrar la lista de energías asintóticas. Recordemos que hace 68 años la fisión nuclear no se conocía, ni hace 110 años la radiactividad.

La fisión nuclear, con el tipo de reactores hoy generalmente en uso, dista mucho de ser una energía asintótica. Por el contrario, las reservas de uranio, a costos inferiores a 130 \$ (dólares de los EE UU)/kg de uranio, durarían 60 años escasamente, al ritmo de consumo actual. El uso en mayor escala de la energía de fisión requerirá la utilización de reactores reproductores o de cría que producen plutonio 239 o uranio 233 a partir de uranio 238 o torio 232, respectivamente. De este modo, se podrían aprovechar minerales de muy baja ley, abundantes en la corteza terrestre, e incluso el uranio existente en baja concentración en el agua de mar.

La energía nuclear, en su forma actual, no es una forma de energía universalmente aceptada, lo que se traduce en una gran disparidad en las políticas nucleares de los distintos países. Las objeciones principales tienen que ver con el riesgo de proliferación de armas nucleares, la posibilidad de accidentes muy graves, la incertidumbre en el tratamiento y almacenamiento de los residuos nucleares y, sobre todo recientemente, el temor a ataques terroristas. Con la excepción del último, estos problemas pueden resolverse o atenuarse con reactores de cría de nuevo diseño, actualmente en estudio y desarrollo.

De todo esto y mucho más tendremos ocasión de hablar en este seminario.

La primera ponencia corresponde al que fue Ministro de Industria Sr. Aranzadi. Claudio Aranzadi nació en Bilbao en 1946, en 1984 era Vicepresidente del Instituto Nacional de Industria, en 1986 Presidente del INI, en 1988 Ministro de Industria, y en 1993, Embajador jefe de la delegación permanente de España en la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. Él nos va a hablar sobre los aspectos económicos de la energía nuclear.

1. El futuro de la energía nuclear: visión económica

Claudio Aranzadi

“ Durante los años sesenta y setenta del pasado siglo el uso de la energía nuclear de fisión para generar electricidad registró un notable impulso en la mayor parte de los países industrializados. En las dos últimas décadas del siglo XX, sin embargo, el signo de esta evolución cambió radicalmente. Con la excepción de Francia, en los países occidentales no se encargaron nuevos proyectos de centrales nucleares. Por el contrario, algunos países fijaron un límite temporal para el funcionamiento de su parque nuclear en operación.

El rechazo de un segmento importante de las opiniones públicas de los países occidentales (no, obviamente, en Francia) ha jugado un importante papel en el frenazo al programa de construcción de centrales nucleares en los años ochenta y noventa del siglo precedente. Pero los factores económicos han condicionado la decisión de invertir en nuevas centrales nucleares en el mismo sentido.

Durante los quince últimos años del pasado siglo el mundo ha experimentado un entorno de precios extraordinariamente bajos de los hidrocarburos (una media de precios del petróleo del orden de los 20 \$/barril). Además, el desarrollo de los ciclos combinados de gas permitía incrementar notablemente el rendimiento del uso de este combustible en la generación eléctrica y operar mediante las centrales de esa tecnología. La extrapolación a medio y largo plazo de este escenario moderado de precios del petróleo (20/25 \$/barril) y, por consiguiente, de precios del gas (correlacionados con los de los productos petrolíferos sustitutivos y, por consiguiente, con los precios del crudo) conducía a estimar un coste medio de la energía eléctrica de base de una central de ciclo combinado inferior a los 40 €/MW.h. Esta estimación de costes ha sido generalmente aceptada hasta fechas muy recientes. Un claro ejemplo, en España, es la fijación del precio umbral para la devolución de los CTC en 36 €/MW.h. Este precio representaba una estimación del coste marginal a largo plazo de la energía eléctrica (el coste medio de un nuevo entrante, una central de ciclo combinado de gas) a cuyo nivel debería ajustarse el precio medio de la electricidad a largo plazo en un mercado liberalizado como el que se establecía con la ley de 1997. Es claro que con esta estimación de costes de generación gasista de electricidad la inversión en una nueva central nuclear carecía de sentido económico (excepto en Francia), si se tiene en cuenta que la experiencia de la última generación de centrales nucleares había disparado el coste medio de dichas centrales en un buen número de países industrializados a niveles que en algunos casos podían duplicar el estimado para las centrales de gas (a causa de los cambios normativos, el alargamiento de los plazos de construcción, el elevado valor de los intereses intercalarios, etc.).

Sin embargo, en los primeros años del siglo XXI se están registrando cambios en el entorno económico internacional que tienden a favorecer la energía nuclear frente a sus alternativas en la producción de electricidad. En primer lugar, la fuerte elevación del precio de los hidrocarburos ha modificado al alza las expectativas de evolución a medio y largo plazo del precio de este tipo de combustibles y, por tanto, del coste de generación de las centrales de ciclo combinado de gas. En segundo lugar, la entrada en vigor del Protocolo de Kioto ha introducido un factor de encarecimiento de las tecnologías de generación que utilizan combustibles fósiles (gas y, sobre todo, carbón). En tercer lugar, e independientemente de las expectativas a corto plazo de alza de los tipos de interés, la previsión de un escenario de mantenimiento a medio y largo plazo de tipos medios moderados reduce la penalización que los costes de capital elevados suponen para una tecnología intensiva en capital como la generación nuclear. Esto significa que la discusión sobre la competitividad económica (el coste relativo) de las diferentes alternativas de generación de energía eléctrica (incluida la generación nuclear) se ha abierto de nuevo.

No obstante, cualquier conclusión en este debate económico debe ser considerada con extraordinaria cautela. Se está discutiendo sobre inversiones en centrales cuya vida operativa tiene un horizonte de medio siglo. En este plazo, no sólo puede cambiar el perfil de evolución del precio de combustibles o de los tipos de interés. También están sujetos a posibles cambios significativos parámetros estructurales como la propia disponibilidad física de recursos energéticos primarios, las tecnologías y los marcos regulatorios. Las hipótesis de las que dependen la estimación de los costes relativos de las distintas alternativas tecnológicas de generación eléctrica están teñidas, por tanto, de enormes incertidumbres. Cualquier conclusión, por consiguiente, deberá estar condicionada a la validez de las hipótesis que la sustentan.

De hecho tres estudios recientes que se mencionan en esta presentación y que han sido realizados por instituciones de plena solvencia técnica¹ llegan a conclusiones diferentes en relación con la competitividad de la energía nuclear. No tanto por las metodologías utilizadas, que son similares, sino por las hipótesis establecidas. La comparación de estos estudios, metodológicamente próximos, permite identificar los factores determinantes de escenarios radicalmente diferentes de costes relativos de las diferentes tecnologías de generación. En los tres estudios puede seguirse el análisis de los costes de los tres tipos de tecnologías que se compararán en esta presentación: la generación eléctrica nuclear, la generación eléctrica con ciclo combinado de gas y la generación eléctrica con carbón pulverizado. La métrica utilizada para comparar costes es el *levelised cost of electricity* (LCOE), que puede ser definido como el precio medio constante en términos reales de la electricidad que permite un rendimiento de la inversión igual al coste de capital. Es, por tanto, una estimación del coste medio de generación de cada tipo de tecnología, expresión esta que es la que se utilizará a lo largo de la presentación de este Seminario².

1 MIT, The future of nuclear power (An interdisciplinary MIT study) 2003. The University of Chicago, The economic future of nuclear power (A study conducted at the University of Chicago) 2004. Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie, France (Coûts de référence de la production électrique) 2003.

2 Para tener una idea de los órdenes de magnitud de los costes medios de generación eléctrica puede ser útil retener dos cifras de referencia tomadas del mundo eléctrico español. Una de ellas, la ya mencionada de 36 €/Mw.h (umbral de devolución de los CTC) como indicador de coste medio bajo. La otra, 64 €/Mw.h, precio medio de compra en el mercado al por mayor en 2005 como indicador de coste medio alto.

Esta presentación, de acuerdo con el planteamiento del Seminario de la Fundación Alternativas, sólo pretende abrir el debate y, por consiguiente, se recurre a la simplificación y a la exclusión de variables significativas para que la discusión pueda ser practicable.

Las centrales en funcionamiento

Antes de pasar a comparar los costes medios de generación de los tres tipos de nuevas centrales mencionadas, es conveniente examinar el sentido económico de una decisión posible en todos los países que cuentan con centrales nucleares en su funcionamiento: la autorización para el alargamiento de la vida operativa de estas centrales. Este tipo de medida se ha adoptado ya en EE UU, donde se ha concedido la autorización para el alargamiento en treinta años de la vida operativa de una serie de centrales nucleares.

Los factores económicos que condicionan la decisión de un eventual alargamiento de la vida de centrales nucleares actualmente en funcionamiento son diferentes de los que determinan la decisión de invertir en una nueva central nuclear. El coste relevante para la comparación con otras alternativas no es el coste medio de generación, sino el coste operativo (Operación y Mantenimiento y Combustible), además del coste de la inversión incremental exigida, por razones técnicas y de seguridad, para alargar la vida de la central nuclear. No deben tenerse en cuenta, por tanto, los “costes hundidos” (esencialmente los costes de la inversión realizada), aunque éstos sean muy elevados.

El valor de los costes operativos para las centrales nucleares en EE UU ha alcanzado un valor medio en los años noventa superior a los 20 \$/MW.h, pero ha descendido hasta 17,2 \$/MW.h en 2003. Estos valores medios en los años noventa para el cuartil más bajo fueron del orden de 13 \$/MW.h. En Europa la magnitud de los costes operativos se estima en 10 €/MW.h en Finlandia, 14 €/MW.h en Francia y Alemania, y 15 €/MW.h en España³.

Si se acepta como valor representativo un coste operativo de 15 €/MW.h (que parece razonable), este valor es claramente inferior que el coste medio de cualquier nueva central de generación (incluso con escenarios moderados de los precios de los combustibles fósiles). Ya se ha señalado la cifra de 36 €/MW.h como estimación del coste medio de un nuevo entrante en un escenario de precios moderados de los hidrocarburos. Este diferencial de al menos 20 €/MW.h difícilmente puede ser colmado por el coste de la inversión incremental necesario para alargar la vida de las centrales más modernas. Desde un punto de vista económico, por tanto, el alargamiento de la vida de las centrales nucleares más modernas parece una alternativa superior a la construcción de una nueva central de gas o carbón, incluso aunque el coste medio de la central nuclear resulte más elevado (ya que los “costes hundidos” de la central nuclear en funcionamiento no deben entrar en el cálculo). En cualquier caso, deberá evaluarse para cada central nuclear en funcionamiento la cuantía de la inversión, exigida por razones técnicas y de seguridad, para alargar la vida operativa, ya que este coste sí debe añadirse a los costes operativos para hacer la comparación. Dados los bajos costes operativos (en términos relativos) de las centrales nucleares, también podría resultar más económico el alargamiento de la vida de las centrales nucleares más modernas y eficientes que el

³ The new economics of nuclear power, World Nuclear Association, 2005; Foro Nuclear, 2006.

alargamiento de la vida de las centrales que utilizan combustibles fósiles. Sin embargo, el diferencial de costes a tener en cuenta, en este caso, es inferior (se deben excluir también los costes hundidos de las centrales de combustibles fósiles) y, por tanto, la elección económica dependerá en mayor grado de la cuantía de las inversiones incrementales necesarias en cada tipo de central para prolongar su vida operativa.

Nuevas centrales

Nuevas centrales nucleares. Más controvertida resulta desde un punto de vista económico la decisión de invertir en nuevas centrales nucleares. Ya se ha señalado que en un entorno económico como el que caracterizó los tres últimos lustros del siglo XX, la decisión de reiniciar un programa inversor en aquellos países que lo habían interrumpido no parecía tener justificación económica. El nuevo escenario económico al comienzo del siglo XXI (esencialmente los elevados precios de los hidrocarburos y los costes de emisión de CO₂) ha reabierto, sin embargo, el debate.

Ya se ha mencionado anteriormente que tres prestigiosos estudios llegan a conclusiones diferentes en relación con la competitividad económica de la energía nuclear. El estudio del MIT tiende a considerarla no competitiva, el del Ministerio de Economía francés claramente competitiva y el de la Universidad de Chicago ofrece un amplio menú para elegir posición.

Las discrepancias se centran, esencialmente, en la estimación de los costes medios de la generación eléctrica nuclear. Estas discrepancias reflejan no solamente diferencias en las tecnologías, sino en las características de los programas nacionales⁴. La ventaja que ofrece la comparación de los tres estudios mencionados (MIT, Universidad de Chicago, Ministerio de Economía francés) es el carácter próximo de su metodología, lo que facilita la identificación del origen de las fuertes discrepancias en la estimación de los costes.

Dado el carácter fuertemente intensivo en capital de la tecnología de generación eléctrica nuclear, no resulta sorprendente constatar que las diferentes estimaciones de los costes medios de generación eléctrica nuclear provienen esencialmente de la incorporación a la metodología de cálculo de distintas hipótesis relativas al coste de la inversión, al periodo de construcción de la central y al coste de capital (tipo de descuento).

Comparemos, por ejemplo, los escenarios base de los tres estudios seleccionados focalizándonos únicamente en el efecto del coste de la inversión. Para ello, escojamos en los tres estudios las hipótesis de un periodo de construcción de cinco años y costes de capital de órdenes de magnitud cercanos (tipo de descuento de un 8% en términos reales en el estudio del Ministerio de Economía francés; tasas nominales de 15% para el *equity* y 8% para la deuda con una estructura de 50%/50% *equity*/deuda en el estudio del MIT; tasas nominales del 15% para el *equity* y 10% para la deuda con una estructura 50%/50% *equity*/deuda en el estudio de la Universidad de Chicago)⁵. Con estas hipótesis, la

4 Una clara muestra de estas discrepancias es la dispersión en los costes estimados de la producción eléctrica nuclear entre los distintos países que se refleja en el estudio de la IEA and OCDE/NEA 2005, que varían en una banda de 30/50\$/Mw.h para un tipo de descuento del 10%.

5 Para no complicar la discusión, no se especifican otras hipótesis de base como la vida de la central (40 años), el rendimiento, factor de capacidad, fiscalidad, etc.

estimación del coste medio del estudio del MIT es de 67 \$/MW.h, la del Ministerio de Economía francés de 28,4 €/MW.h, y la de la Universidad de Chicago ofrece tres cifras (47 \$/MW.h, 54 \$/MW.h y 62 \$/MW.h), cada una de ellas condicionada precisamente a una hipótesis de coste de la inversión diferente.

Estas fortísimas discrepancias reflejan esencialmente las diferentes hipótesis retenidas para los *overnight costs* (el coste de la inversión sin los intereses intercalarios). Estos *overnight costs* en el estudio del MIT se estiman en un 2.000 \$/kW y en el estudio del Ministerio de Industria francés en 1.000 €/kW, ofreciendo el estudio de la Universidad de Chicago las tres hipótesis de 1.200/1.500/1.800 \$/kW.

Las cifras de *overnight costs* del estudio del MIT parecen más ajustadas a la experiencia histórica en EE UU. Es incluso inferior al valor que el estudio NEA/OCDE señala para Japón (2.500 \$/kW) y similar al ofrecido en el estudio de Tarjaume/Loustaine del año 2003 para Finlandia (1.900 €/kW)⁶. Ahora bien, también la hipótesis del Ministerio de Economía francés se ajusta razonablemente a la experiencia histórica de Francia, en cuyo programa nuclear el valor medio para 58 reactores (63 GW) ha sido de 1.300 €/kW, reflejando así la singularidad francesa ligada a alto grado de estandarización de su programa nuclear y a los beneficios del *learning by doing*.

El coste de la inversión, como ya se ha señalado, se ve afectado también por el periodo de construcción retenido para el cálculo. El desvío al alza en el periodo de construcción fue uno de los factores determinantes del elevado coste medio de un importante número de centrales nucleares en EE UU y otros países industrializados, por lo que la estimación del plazo de construcción es una variable de gran relevancia. El estudio de la Universidad de Chicago estima que, si el periodo de construcción se alarga desde la hipótesis de cinco años hasta siete años, la tripleta de costes medios de generación estimados, 47/54/62 \$/MW.h, se incrementaría hasta unos valores de 53/62/71 \$/MW.h.

Por las razones ya mencionadas, el coste de capital (tipo de descuento) es otra variable clave en la determinación del coste medio de generación eléctrica nuclear. En el estudio del Ministerio de Industria francés la estimación del coste medio de generación (28,4 €/MW.h) para el escenario base (hipótesis de un tipo de descuento del 8% real) se incrementa hasta 37 €/MW.h para un tipo real del 11% y se reduce hasta 21,7 €/MW.h para un tipo real del 5%.

El estudio de la Universidad de Chicago incluye el análisis de lo que probablemente es la variable más determinante del coste medio de generación eléctrica nuclear: el tamaño del programa de construcción de centrales nucleares emprendido (número de reactores del mismo tipo construidos). El tamaño del programa de construcción afecta al coste en dos aspectos esenciales. En primer lugar, a través de la repercusión de los *first-of-a-kind-engineering-costs* (costes de ingeniería de diseño anteriores a la construcción del primer reactor de un nuevo tipo), que pueden representar hasta un 30% del *overnight cost*. En segundo lugar, a través del ahorro de costes asociado al *learning by doing*. El estudio de la Universidad de Chicago baraja una triple hipótesis de reducción

6 Citado en The new economics of nuclear power, WNA, 2005.

de costes (tasas de aprendizaje del 3%, 5% y 8%). En tercer lugar, a través de la reducción del coste de capital derivada de la reducción del riesgo asociada a la repetición de la construcción de un mismo tipo de reactor (el coste de capital se reduciría tanto por disminución de los costes de deuda y *equity* como por una menor exigencia del peso del *equity*).

En el estudio de la Universidad de Chicago, la construcción de ocho reactores iguales (suponiendo que el *feoke* se repercute en el primer reactor, la tasa de aprendizaje es un 10%, la prima de riesgo del *equity* se reduce en tres puntos en relación con el caso base y el peso de la deuda se aumenta hasta el 70%) permite que la estimación del coste medio en el caso base correspondiente a un *overnight cost* de 1.800 \$/KW, es decir, 62 \$/MW.h, se reduzca hasta un 29 \$/MW.h, que es una cifra de un orden de magnitud comparable a las estimaciones del Ministerio de Industria francés (que, de hecho, considera un programa de diez tramos de un reactor del tipo *European Pressurised Reactor*).

La conclusión que puede obtenerse del examen de los tres estudios mencionados podría ser la siguiente. La reactivación de un programa inversor nuclear de carácter puntual probablemente conduciría a costes medios de generación eléctrica del orden de 60/70 \$/Mw.h (50/58 €/MW.h). Por el contrario, la puesta en marcha de un programa masivo y estandarizado (modelo francés) podría permitir alcanzar costes medios de 30/35\$/Mw.h (25/30 €/MW.h). La extensión y estandarización del eventual programa inversor en centrales nucleares sería, por tanto, el factor más determinante de su coste.

Nuevas centrales de combustibles fósiles. La estimación de los costes medios de generación eléctrica en centrales de gas de ciclo combinado y en centrales de carbón pulverizado conduce a órdenes de magnitud similares en los tres estudios mencionados. En el caso de las centrales de gas el coste medio estimado en el estudio del MIT es de 38 \$/MW.h. (en la hipótesis de un precio del gas de 3,77 \$/MM btu), en el estudio de la Universidad de Chicago el coste medio estimado es de 36,4 \$/MW.h (para un precio del gas de 3,78 \$/MM btu) y en el estudio del Ministerio de Economía francés el coste medio estimado es de 35 €/MW.h (para un precio del gas de 3,3 \$/MM btu). Para las centrales de carbón pulverizado los costes medios estimados en cada estudio serían respectivamente 42 \$/MW.h (para 1,2 \$/MM btu de precio del carbón), 33/41 \$/MW.h (para un precio del carbón de 36,76 \$/Tm) y 35 €/MW.h (para un precio del carbón de 30 \$/Tm).

A diferencia de lo que ocurría con las centrales nucleares (intensivas en capital), la variable que puede provocar sensibles variaciones en la estimación del coste medio de las centrales que utilizan combustibles fósiles es la hipótesis sobre el precio del combustible, que puede representar en torno a los dos tercios del coste en las centrales de gas de ciclo combinado y el 50% en las centrales de carbón pulverizado. Dada la fuerte correlación del precio del gas con el precio del petróleo (y el notable peso del coste de combustible en el coste total de generación de las centrales de ciclo combinado), es obligado detenerse en la hipótesis manejada en relación con el escenario a largo plazo en el mercado petrolífero. Aunque la

⁷ La tasa de aprendizaje es la reducción del coste que se obtiene con la duplicación del número de reactores nucleares construidos, es decir, la reducción porcentual del coste que se obtiene al pasar de construir 1 a 2 reactores, de 2 a 4, etc.

correlación entre precios del petróleo y precios del carbón también puede existir, es, sin duda, más débil (dada la mayor sustituibilidad entre el gas natural y los productos petrolíferos). El carbón, además, es un recurso más abundante (la *ratio* reservas/producción en el mundo en el año 2000 era el triple de dicha *ratio* para el gas y el cuádruple de la *ratio* para el petróleo) y con mayor dispersión geográfica y mayor seguridad de suministro que el petróleo o el gas. Parece razonable, por tanto, apostar por un perfil de precio del carbón en línea con las hipótesis de los escenarios base de los estudios mencionados. Mantendremos, por consiguiente, como referencia para las centrales de carbón una estimación del coste medio de generación del orden de 35 €/MW.h.

Las estimaciones del coste medio de generación de una central de gas de ciclo combinado que se han recogido de los tres estudios mencionados corresponden a precios del gas en el entorno de 3,5 \$/MM btu, mucho más bajos que los precios del gas natural en el actual escenario de precios del petróleo por encima del 60 \$/barril. La cuestión relevante, sin embargo, es el escenario de precios que prevalecerá a largo plazo (continuidad e incluso agravamiento del actual perfil, retorno a un escenario de precios moderados como el de los quince últimos años del siglo XX o una evolución intermedia).

Las previsiones de los expertos e incluso las expectativas incorporadas en los mercados a plazo tienden a ponderar fuertemente la experiencia reciente. Esto supondría considerar como razonable la extrapolación del actual entorno de precios en un horizonte de uno/dos años y prever a más largo plazo descensos de 10/20 \$/barril. El DOE de EE UU prevé en su escenario de referencia del IEO(2005) un precio del crudo en 2025 de 35 \$/barril (a precios de 2003), de 21 \$/barril en el escenario de perfil de precios bajos y 48 \$/barril en el escenario de precios altos.

La predicción de un retorno a un escenario de precios moderados del petróleo a medio y largo plazo tiene a su favor el factor (teóricamente) más importante en la determinación del precio medio a largo plazo: el coste marginal a largo plazo, que difícilmente debe sobrepasar las 20/25 \$/barril. De hecho, el DOE americano estima que en los países de la OPEP del Golfo Pérsico los costes de producción son inferiores a 3 \$/barril y el coste de la inversión requerida para aumentar la capacidad de producción en un barril por día es inferior a 5,9 \$. Para los países de la OPEP fuera del Golfo Pérsico el coste de inversión para ese aumento de capacidad sería de 13,3 \$.

Es cierto que otros factores permiten explicar las fuertes desviaciones que actualmente (y en otros periodos históricos) existen en los precios del petróleo en relación con su coste marginal a largo plazo. Entre éstos puede señalarse la escasez a corto plazo en los mercados (que, además, estabiliza el potencial colusivo de la OPEP) y el riesgo geopolítico. Ambos factores han estado jugando en el reciente escenario de precios elevados. Aunque una mayor holgura en los márgenes de la capacidad de producción en relación con la demanda parece una previsión razonable, las incertidumbres geopolíticas (sobre todo las que afectan a Iraq, Irán y Arabia Saudí) hacen difícil prever a corto plazo una reducción de la prima de riesgo que esas incertidumbres implican. A medio plazo, sin embargo, pueden admitirse hipótesis de estabilización en el área que provocarían una fuerte presión a la baja en los precios (sobre todo si Iraq puede en algún momento abordar un programa inversor a medio plazo que conduciría al país a alcanzar una capacidad de producción mucho más elevada que en la situación prebélica).

En el horizonte de casi medio siglo que estamos contemplando (se están considerando vidas operativas para las centrales de 40 años), el factor más relevante, sin embargo, es la potencial escasez a largo plazo de crudo. Es decir, en qué fecha se prevé que se alcanzará el pico de Hubbert (el pico de producción en la curva gaussiana que supuestamente debe describir el perfil histórico de la extracción del petróleo). Aunque es un límite superior del nivel de extracción (y, por tanto, dependiente de la demanda), puede considerarse como indicador de la fecha en la que se alcanzará un techo “absoluto” de la oferta.

Las previsiones realizadas en el pasado sobre la fecha del pico de Hubbert no han brillado especialmente por su exactitud. El propio Hubbert en 1969 fijaba la fecha del pico de producción entre 1993 y el año 2000. El Workshop on Alternative Energy Strategies (1977) entre 1990 y 2004 (con la fecha más probable entre 1994-1997). BP (1979) predijo el pico de producción en 1985. En la actualidad, los defensores de la validez de este tipo de previsiones colocan el pico de Hubbert entre los años 2010/2025. Si se considera el petróleo no convencional, el pico podría desplazarse hasta más allá del 2050.

El que este pico vuelva, como ha ocurrido con pasadas previsiones, a desplazarse en el futuro más allá de las previsiones actuales dependerá esencialmente de los nuevos descubrimientos, de la capacidad de recuperación de crudo en los pozos ya descubiertos y de la tecnología (sobre todo para los petroleros no convencionales), además, por supuesto, de eventuales cambios significativos en el patrón de la demanda. La incertidumbre que afecta a todos estos parámetros sugiere acoger con escepticismo las previsiones. Para el gas natural el pico del nivel de extracción se estima en el entorno del 2050 (y en la tercera parte del siglo si se incluye el gas no convencional), pero el grado de incertidumbre es también muy elevado⁸.

En cualquier caso, las previsiones de escasez a largo plazo (incluso con incertidumbres) tanto del petróleo como del gas tienden a configurar un entorno de precios a largo plazo previsiblemente más elevados que los que se registraron en los lustros finales del siglo XX (a menos que se produjese un importante cambio en la estructura de consumo energético con un grado significativo de sustitución del uso de productos petrolíferos).

Dado el elevado paso del coste del combustible en el coste medio de generación eléctrica de una central de gas de ciclo combinado, las diferentes hipótesis de precios de los hidrocarburos a largo plazo modifican radicalmente la competitividad de esta tecnología. Como se ha señalado, con previsiones de un perfil de precios moderados de los hidrocarburos, como el que se manejó para establecer el umbral de devolución de los CTC, el coste estimado para una central de gas de ciclo combinado fue de 36 €/MW.h. Si los actuales precios, en torno a los 60 \$/barril, se fuesen a mantener a largo plazo, el coste medio de generación alcanzaría los 65/75 €/MW.h. Con un perfil de precios intermedio de 30/40 \$/barril el coste medio estaría en torno a 40/55 €/MW.h, banda que tomaremos como referencia para la comparación de los costes de las diferentes alternativas.

8 Vaclav Smil, *Energy at the crossroads*, MIT Press, 2003.

Comparación entre diferentes alternativas. En línea con lo expuesto en apartados anteriores podríamos seleccionar como representativos de las diferentes alternativas, las siguientes estimaciones de costes medios de generación eléctrica.

- Reactivación de carácter puntual del programa de construcción de centrales: 60/70 \$/MW.h (50/58 €/MW.h).
- Programa nuclear masivo y estandarizado (modelo francés: 30/35 \$/MW.h (25/30 €/MW.h).
- Carbón pulverizado: 35 €/MW.h (para un precio del carbón en torno a 30 \$/Tm).
- Central de gas de ciclo combinado:
 - 36 €/MW.h (para precios del petróleo moderados del orden de 20/25 \$/barril.
 - 40/55 €/MW.h (para precios del petróleo del orden de 30/40 \$/barril).

Si se admiten estas estimaciones como representativas, se pueden deducir las siguientes conclusiones. La alternativa de una nueva central nuclear frente a centrales de carbón pulverizado o de gas (ciclo combinado) puede ser competitiva (incluso en un escenario de precios moderados de los hidrocarburos) si es el resultado de un programa masivo y estandarizado como el que históricamente ha abordado Francia. La reactivación con carácter puntual del programa de construcción de centrales nucleares no permitiría alcanzar a éstas un coste competitivo con las centrales de carbón, pero podría ser competitivo con las centrales de gas de ciclo combinado con escenarios de precios de los hidrocarburos correspondientes a precios del crudo superiores a los 40 \$/barril. Todo ello, por supuesto, sin tener en cuenta el efecto en los costes de diferentes externalidades (en concreto, sin tener en cuenta el efecto del coste de emisión de CO₂).

Externalidades

En este apartado se pretende examinar el efecto que sobre los costes medios de generación eléctrica de las diferentes alternativas tecnológicas mencionadas puede tener la internalización de determinados costes no incorporados al cálculo o incorporados en una cuantía que puede resultar discutible. Estos costes reflejan, en su mayor parte, externalidades en sentido económico, aunque no en todos los casos. El Ministerio de Economía francés, por ejemplo, incluye entre los costes externos el de I+D; en la medida en que una parte de los resultados de la inversión en I+D sea enteramente apropiable por una empresa, la asunción de este coste por una institución pública no es tanto un coste externo como una subvención.

La repercusión de las externalidades en los costes de generación está normalmente fijada a través de la regulación, por lo que en un contexto enteramente regulado del sector eléctrico no presenta ningún problema. Sin embargo, en un marco liberalizado, las expectativas de cambios en la regulación de la repercusión de los costes externos afecta de diferente manera a las diferentes alternativas tecnológicas, introduciendo riesgos regulatorios de carácter idiosincrásico que repercuten de distinta manera en el

coste de capital de las diferentes alternativas. (Se considera aquí que los riesgos regulatorios, aunque sean idiosincrásicos, afectan al coste de capital; no se sigue, por consiguiente, el criterio de los modelos CAMP, que excluirían el impacto en el coste de capital del *equity* de aquellos riesgos no correlacionados con el riesgo de mercado).

El coste de la seguridad nuclear

Como ya se ha señalado, este coste puede considerarse plenamente internalizado a través de la incorporación en el cálculo de las inversiones requeridas, los seguros o provisiones para cubrir la responsabilidad civil, o los cánones o impuestos a satisfacer. Sin embargo, los estándares de seguridad pueden modificarse en el futuro, lo que implica la asunción potencial de costes complementarios. Como ya se ha dicho, esta incertidumbre incrementa el riesgo regulatorio y, por tanto, el coste de capital. Aunque también existen incertidumbres en relación con el modelo que finalmente se impondrá en la gestión de los residuos (por ejemplo, en cuanto al papel del reprocesamiento del combustible) y su almacenamiento (lo que puede implicar diferentes escenarios de costes), se considerará aquí exclusivamente el coste contingente ligado a la seguridad del reactor (en concreto a la posibilidad de accidente en su núcleo). Este coste vendría representado por el producto de la probabilidad de accidente en el núcleo del reactor multiplicado por el valor del daño ocasionado por el mismo. Como en el caso de otros riesgos catastróficos de baja probabilidad, este producto (podríamos decir que tiende al producto de cero por infinito) tiene un significado poco claro.

El primer problema que se plantea es la estimación de la probabilidad de un acontecimiento como el accidente en el núcleo del reactor cuya magnitud es muy baja. La estimación de esta probabilidad a partir de la experiencia histórica es difícilmente aceptable dado el tamaño de la muestra. El estudio del MIT ofrece una evaluación de este tipo teniendo en cuenta la experiencia de EE UU desde 1957 hasta el 2002 (se ha construido y operado más de cien reactores y ha ocurrido un accidente con daños en el núcleo del reactor en Three Mile Island). Esto supondría una probabilidad de un accidente por 2.679 reactores/año. Dado que este tipo de medida se considera insatisfactoria, como en el caso de acontecimientos análogos en otros sectores (accidentes aéreos, explosión de instalaciones de almacenamiento gaseoso, etc.), se utiliza un procedimiento indirecto de estimación de la probabilidad de accidente, conocido como Probabilistic Risk Assessment (PRA). Este procedimiento permite estimar la probabilidad de un fallo en el núcleo a partir de la probabilidad de fallo de los diferentes componentes del reactor (e incluso de sucesos externos como una catástrofe natural) integrándolos en un escenario de secuencias que pueden dar lugar a un accidente en el núcleo del reactor. De acuerdo con este método se ha evaluado la probabilidad de daño en el reactor, en un accidente por 10^4 reactores/año (más baja que la estimación en función de la experiencia histórica). No obstante, en el escenario de desarrollo de la energía nuclear examinado por el MIT (que supondría triplicar el número actual de reactores en el mundo, actualmente en torno a cuatrocientos, en los próximos cincuenta años), esta probabilidad implicaría la existencia de cuatro accidentes en el próximo medio siglo, lo que el estudio considera inaceptable, planteando una exigencia de una accidente por 10^5 reactores/año (que es también la considerada en el estudio del Ministerio de Economía francés). Si se admite, como en el estudio del MIT, una probabilidad de fuga radioactiva a la atmósfera condicional al acontecimiento del accidente en el núcleo de 0,1, la probabilidad de un accidente tipo Chernóbil sería de un accidente por 10^6 reactores/año.

Estas probabilidades, de cuantía efectivamente muy baja, no son percibidas de la misma manera por la opinión pública. Existen análisis empíricos en EE UU que muestran una notoria discrepancia en la evaluación relativa (frente a situaciones de riesgo de otro tipo) de esta probabilidad entre grupos de expertos y gente “normal” (la evaluación de los expertos se acercaría más a las estimaciones estadísticas). Por otro lado, en la medida en que el programa de construcción de nuevas centrales en el mundo se hiciese más voluminoso, aunque la probabilidad de accidente por reactor/año se mantuviese, la probabilidad de accidente por año se incrementaría en función del número de reactores construidos. Además, si un accidente (la probabilidad no es cero) tuviese lugar al comienzo de la eventual reactivación del programa inversor en centrales nucleares en el mundo, las probabilidades *a priori* estimadas se tendrían que corregir al alza, lo que afectaría también previsiblemente a los determinantes del coste contingente que debería ser internalizado.

El estudio del Ministerio de Economía francés, siguiendo el análisis Externe de la Comisión de la UE, realiza una evaluación de este coste contingente sobre la base de una probabilidad de accidente en el núcleo de 10^{-5} reactores/año, estimándolo en 0,01/0,46 €/MW.h, con un valor mediano de 0,05 €/MW.h. EDF considera que las nuevas exigencias de responsabilidad civil del Convenio de París estarían cubiertas con un aumento de su prima de seguro hasta 0,5 €/kW (lo que impactaría en el coste de generación en una cuantía de 0,06 €/MW.h, alineada con el coste contingente estimado de accidente en el núcleo), lo que, en principio, supondría la plena internalización de este coste a través de la consideración de la nueva prima de seguro, que, además, no representa un impacto relevante en el coste de generación.

La internalización del coste de la seguridad nuclear no parece, por tanto, modificar significativamente el coste estimado de generación nuclear (ni aunque se añada el coste estimado de la gestión de residuos y del desmantelamiento). Sin embargo, como ya se ha señalado, existen notables incertidumbres con respecto a los eventuales cambios regulatorios futuros en materia de seguridad que afectan al riesgo regulatorio inherente a la inversión en una central nuclear en un entorno de sector eléctrico liberalizado y, por tanto, al coste de capital.

El coste de las emisiones de CO₂. Si se siguiese una lógica análoga a la del apartado anterior, el coste medio de generación de las centrales con combustible fósil debería internalizar unos costes equivalentes al daño ambiental esperado por el efecto invernadero imputado a las emisiones de CO₂. Pero también en este caso la cuantía del coste externo internalizable se fija por vía regulatoria. Una alternativa podría haber sido la fijación de un impuesto por Tm de CO₂ emitido, lo que habría hecho muy simple la estimación del “sobrecoste” a considerar en el cálculo del coste medio de generación de las centrales con combustible fósil. Sin embargo, la alternativa que se está aplicando en la UE, más eficiente, es el establecimiento de un sistema de *cap and trade* que introduce mayores incertidumbres a la hora de estimar el “sobrecoste” a considerar.

En el sistema en vigor en la UE el coste internalizable es el correspondiente a las emisiones que sobrepasen el nivel asignado en el PNA (suponiendo la totalidad de las asignaciones gratuitas). El mejor indicador de este coste es el precio del mercado de emisiones de CO₂, pero las características de dicho mercado están también condicionadas por de-

cisiones de carácter regulatorio como el volumen de derechos asignados a las empresas eléctricas en los PNA, el carácter más o menos restrictivo de los futuros PNA y la cuantía de las penalizaciones por incumplimiento (que actúan como un techo a los precios del derecho de emisión). Existen igualmente condicionantes regulatorios en el efecto sobre el mercado de derechos de emisión de la generación de derechos a través de los otros dos mecanismos de flexibilidad (*clean development* y *joint implementation*). Por otro lado, son relevantes, también, condicionantes del precio de los derechos de emisión al margen de las decisiones de carácter regulatorio como el precio de la electricidad al por mayor y el coste de las tecnologías de captura y confinamiento de CO₂ (que establecería un techo absoluto al precio del derecho de emisión). Es importante señalar la correlación positiva (en el actual escenario de precios elevados del petróleo) entre el precio de los hidrocarburos y el precio de las emisiones de CO₂ en los mercados eléctricos liberalizados. En estos mercados el precio al por mayor es fijado por la central marginal (en el actual escenario de precios de los hidrocarburos, por centrales de fuel o gas), lo que incrementa el margen de las centrales de carbón y, por tanto, incentiva su utilización. Este fenómeno tiende a aumentar el peso del carbón en el *mix* de combustibles y, por tanto, la demanda de derechos de emisión y su precio.

Las expectativas sobre el precio de los derechos de emisión de CO₂ en un horizonte a largo plazo están, por tanto, afectados por una gran incertidumbre y los precios, en gran medida sometidas a la discrecionalidad regulatoria. El impacto de dicho precio sobre el coste medio de generación de las centrales de combustible fósil es, sin embargo, decisivo para determinar su competitividad relativa con las centrales nucleares. Puede estimarse⁹ que un precio de 10 \$/Tm CO₂ representa en el coste medio de generación en torno a 3,5 €/MW.h para una central de ciclo combinado y del orden de 8 €/MW.h para una central de carbón pulverizado.

Esto significa que para precios de un orden de magnitud de los 30 €/Tm CO₂, que ya se ha alcanzado en el mercado, la repercusión en el coste de generación de una central de gas de ciclo combinado superaría los 11 €/MW.h y para una central de carbón pulverizado los 25 €/MW.h (y que dicha repercusión para el precio techo hasta 2012, de 40 €/Tm CO₂, alcanzaría órdenes de magnitud del orden de 15 €/MW.h (gas) y 35 €/MW.h (carbón). Por tanto, si el perfil de precios de los derechos de emisión de CO₂ se mantuviese a largo plazo cercano a su actual techo regulatorio, el coste medio de una nueva central nuclear (incluso en el escenario de reactivación puntual del programa inversor en centrales nucleares) podría ser competitivo con el coste de generación en una central de gas de ciclo combinado (hasta en escenario de precios moderados de los hidrocarburos) y con el coste medio de generación en una central de carbón pulverizado.

Dado que se desconocen los nuevos planes de asignación 2008/2012 y, por supuesto, los que se establecerán a partir de esa fecha, resulta imposible anticipar el perfil a largo plazo del precio del derecho de emisión de CO₂. No obstante, la creciente preocupación por el efecto invernadero permite suponer que predominará el criterio restrictivo (y, por consiguiente, la presión al alza de los precios de los derechos de emisión de CO₂).

9 Ministère de l'Economie des Finances et de l'Industrie, Coûts de référence de la production électrique, 2003.

Otras externalidades

No se ha considerado en los apartados anteriores otro tipo de externalidades que, en principio, podrían dar lugar a costes internalizables por vía regulatoria. Por ejemplo, en el caso de las centrales nucleares no se han mencionado los riesgos de proliferación o de acción terrorista, que podría traducirse en sobrecostes derivados de la exigencia de tecnologías con menor riesgo de proliferación (p. ej., en el reprocesamiento de combustible) o de blindajes más rigurosos del reactor. Tampoco se han considerado otro tipo de externalidades ligadas a los objetivos de diversificación y garantía de abastecimiento energético en un área geográfica determinada, es decir, la contribución a objetivos de política energética diferentes de la minimización de costes. Podría plantearse que, en función de esta contribución, se establezcan “primas” (como, p. ej., en el caso de las energías renovables) o penalizaciones, diferentes para cada alternativa de generación.

En lo que se refiere a la diversificación, en primer lugar, la contribución de cada tipo de alternativa tecnológica depende del *mix* existente en cada país (no será igual en Francia que en otros países europeos). En segundo lugar, es posible que el *mix* óptimo (coste-diversificación) de la cartera de generación de empresas no se diferencie sensiblemente del considerado óptimo para el país (si se exceptúa las energías renovables), lo que haría innecesario cualquier incentivo diferencial.

En lo que se refiere a la garantía de abastecimiento, ya se ha mencionado el mayor riesgo de desabastecimiento del gas (con una fuerte concentración de la oferta y las reservas en países de baja estabilidad) que de otros combustibles como el carbón y el uranio (más abundantes, diversificados geográficamente y con producción significativa en países estables). Sin embargo, este mayor riesgo, en un marco de sector eléctrico liberalizado, estaría internalizado en el coste de capital correspondiente a la inversión en centrales de gas, por lo que una penalización sería redundante.

El establecimiento de incentivos diferenciales que modifiquen los costes relativos de las diferentes alternativas tecnológicas de generación eléctrica como respuesta a los imperativos de diversificación y garantía de abastecimiento puede estar justificado si existe una notable discrepancia entre el *mix* óptimo de las empresas de generación y el considerado óptimo por los responsables de la política energética. Este es el caso, por ejemplo, con las energías renovables. Más controvertido resulta la determinación del *mix* óptimo nuclear-carbón-gas del parque de generación en función de los imperativos de diversificación y garantía de abastecimiento y la elección del instrumento más adecuado para inducir dicho *mix*. Si finalmente se instauran las subastas de nueva capacidad de generación como instrumento (aunque sea de ajuste) de garantía de potencia, tal como plantea el Libro Blanco del sector eléctrico, ésta podría ser una vía no únicamente de asegurar la fiabilidad del sistema, sino también el *mix* tecnológico considerado óptimo teniendo en cuenta los imperativos de diversificación y garantía de abastecimiento.

Conclusiones

Como se señala en los párrafos introductorios, estas conclusiones (aunque parezca una contradicción en los términos) no pretenden cerrar un debate, sino abrirlo, que es lo que proponía la Fundación Alternativas en este Seminario. Las conclusiones se basan en

estimaciones de costes que a su vez reposan en hipótesis afectadas por grados elevados de incertidumbre y que, en muchos casos, son controvertidas. Además, para hacer posible la discusión en el Seminario se ha simplificado al máximo y, por tanto, eliminado aspectos concretos relevantes que tienen un adecuado tratamiento en los estudios citados. Teniendo en cuenta estas cautelas, pueden, sin embargo, apuntarse algunas reflexiones a modo de resumen.

1. Dado el bajo coste operativo (Operación y Mantenimiento y Combustible) de las centrales nucleares en funcionamiento, el alargamiento de la vida operativa de algunas de ellas (las más modernas y eficientes) parece una alternativa de más bajo coste que la inversión en nuevas centrales de cualquier tecnología (incluso en un escenario de precios bajos en los hidrocarburos y sin tener en cuenta el impacto del coste de emisiones de CO₂).
2. Los factores determinantes de la competitividad relativa (en términos de coste) de las diferentes alternativas tecnológicas de generación eléctrica son muy diferentes. La competitividad de la alternativa nuclear (altamente intensiva en capital) está estrechamente ligada a todos los factores que afectan el coste de la inversión. La competitividad de la alternativa gasística (con un elevado peso del coste de combustible) depende esencialmente del perfil a largo plazo del precio de los hidrocarburos (así como de la evolución del coste de las emisiones de CO₂). En cuanto a la competitividad de la alternativa carbonífera (dado el elevado impacto en su coste de generación del coste de las emisiones de CO₂), será la evolución de este coste el determinante fundamental.
3. Tal como muestra la experiencia histórica, el coste de la alternativa nuclear dependerá estrechamente de la extensión y estandarización del programa que se pretenda llevar a cabo. Como se ha señalado en los apartados anteriores, un programa masivo y estandarizado (modelo francés) puede reducir el coste medio de una central nuclear a la mitad del que resultaría de una reactivación aislada y puntual del programa inversor en nuevas centrales nucleares. La causa es el elevado impacto de las reducciones en el coste de la alternativa nuclear asociadas a la repercusión del coste de la ingeniería de diseño previo a la construcción del primer reactor de un tipo determinado, el efecto del ahorro de costes por *learning by doing* y la reducción del coste del capital (por reducción del riesgo inherente a la repetición del mismo tipo de reactor). El efecto sobre el riesgo de accidente nuclear, sin embargo, juega en sentido contrario. Para una determinada probabilidad de accidente por reactor/año, obviamente la probabilidad de accidente por año se incrementa en función de la extensión del eventual programa inversor nuclear.
4. Si se admiten como representativos los costes medios de generación barajados en los apartados anteriores, el coste de la alternativa nuclear en la hipótesis del programa masivo y estandarizado (modelo francés) sería competitivo con la alternativa gasística (ciclo combinado) y carbonífera (carbón pulverizado) incluso en un escenario de precios moderados de los hidrocarburos y sin tener en cuenta el impacto del coste de las emisiones de CO₂. Sin embargo, no sería competitivo el coste de la alternativa nuclear en la hipótesis de reactivación puntual del programa inversor en este tipo de centrales.

5. El coste de la alternativa nuclear (incluso en la hipótesis de reactivación puntual de programa inversor nuclear) podría resultar competitivo con las centrales de gas de ciclo combinado en un escenario con un perfil a largo plazo del precio de los hidrocarburos alineados con precios del crudo por encima de los 40 \$/barril.
6. Con un perfil a largo plazo del coste de las emisiones de CO₂ superior a 30 €/Tm CO₂, la alternativa nuclear (incluso en la hipótesis de reactivación puntual del programa inversor) podría ser competitiva en términos de coste con la alternativa de una central de carbón pulverizado.
7. Si el perfil de precios a largo plazo de los hidrocarburos retornase a niveles moderados (en línea con las expectativas barajadas a finales del siglo pasado), la alternativa nuclear (en la hipótesis de reactivación puntual del programa inversor) podría ser competitiva con las centrales de gas de ciclo combinado en un escenario con un perfil a largo plazo del coste de emisión de CO₂ superior a 60/70 €/Tm CO₂.
8. Como ya se ha señalado en los apartados precedentes, el riesgo regulatorio es elevado en todas las alternativas examinadas, aunque por razones diferentes. El riesgo regulatorio para las inversiones en centrales nucleares estaría asociado esencialmente a los eventuales cambios normativos en las exigencias de internalización de costes correspondientes a contingencias específicamente nucleares (seguridad, gestión de residuos, etc.). El riesgo regulatorio para las centrales de combustibles fósiles estaría asociado principalmente con el perfil de los futuros PNA. Si este riesgo se incorpora plenamente al coste de capital (desestimando la lógica de los modelos CAPM), la alternativa nuclear sale claramente perjudicada al ser más intensiva en capital.
9. La prueba del nueve para juzgar la competitividad de la alternativa nuclear frente a las demás alternativas tecnológicas de generación eléctrica debería ser la decisión que adopten las empresas eléctricas de generación en sus programas inversores dentro de un marco del sector eléctrico liberalizado, aunque tampoco esta decisión está libre de condicionantes regulatorios, ya que dependerá del grado de internalización del riesgo regulatorio exigido. Es decir, dependerá del grado de reconocimiento *ex ante* de potenciales *stranded costs* en cada alternativa tecnológica.

Carlos Vélez



Eduardo González va a exponer su ponencia... Director de calidad de Iberduero de 1980 a 1983, director del Consejo de Seguridad Nuclear de 1983 a 1985, en este período fue miembro del Comité de Seguridad Nuclear del OIEA, el ISAC, Presidente del Comité de Organismos Reguladores de la NEA de la energía nuclear de la OCDE y Presidente del grupo de reguladores de la Unión Europea. Posteriormente Director de Relaciones Institucionales de Medio Ambiente e Investigación de Iberdrola, hasta el año 1999, Director de la Central Nuclear de Almaraz-Trillo (2000-2002) y Presidente del Foro de la Industria Nuclear Española a partir del 2003.

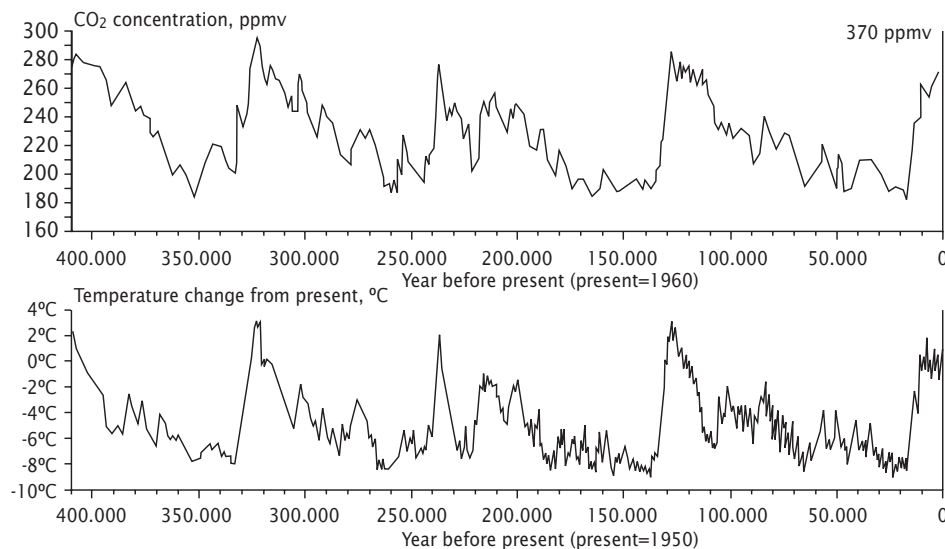
2. La energía nuclear desde una óptica industrial

Eduardo González

“ Había preparado una cosa un poco larga, pero intentaré acortarla todo lo posible. Intento hablar de la industria. Voy a hacer una pequeña introducción antes de hablar desde el punto de vista de la industria.

En el Gráfico 1 sobre el clima del pasado y las concentraciones de CO₂, vemos que no ha superado los 300 ppm en los últimos 400.000 años y que, actualmente, se ha acelerado esa concentración y estamos en 370 ppm más o menos, que crece a unos dos ppm por año. El problema que ven los estudiosos del cambio climático es que, superando los 400-450 ppm, estaríamos en situaciones de inestabilidad que ellos mismos no saben muy bien cómo modelizar. Yo no soy un experto en estas cosas, pero cuando te lo cuentan evidentemente te planteas ese problema. Según distintos escenarios, los aumentos de temperatura media que habría en el planeta estarían entre 2 y 5 ó 6 grados, pero vemos que el riesgo del CO₂ está ahí.

Gráfico 1. El clima del pasado: concentraciones de CO₂ y cambios de temperatura desde hace 400.000 años



Fuente: UNEP-IPCC (Petit-Jouzel)

El otro tema es el gas. Este es el escenario de comercio del gas en el 2000 por parte del Energy Outlook de la Agencia Internacional de la Energía (Gráfico 2).

Los flujos de gas fundamentalmente salen de Oriente Medio y de la zona rusa. En estos momentos son del orden de 20 ó 30 bcm de Oriente Medio y unos 100 de la zona rusa, pero si nos vamos al 2030 las previsiones son que saldrán unos 300 de Oriente Medio y unos 200 y pico de Rusia. Entonces, estos incrementos de transporte evidentemente podrían ser oportunidades de negocio estupendas, pero al mismo tiempo plantean unos problemas de seguridad muy grandes, sobre todo en el mundo en el que entramos en estos momentos.

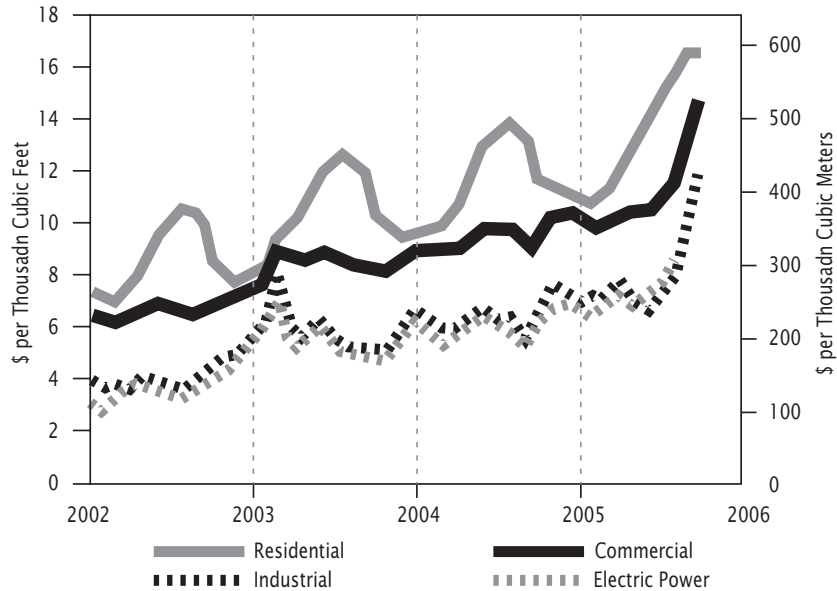
Y por último, como introducción, esto es lo que la Agencia de Información sobre la Energía del DOE presenta como precio del gas en los últimos años para la producción de electricidad: de 2-3 dólares por mil pies cúbicos a unos 7-8. Es decir, se ha multiplicado por 2 y medio. No sé cuál será la tendencia en el futuro, pero en estos momentos, desde luego, la tendencia es de coste creciente (Gráfico 3).

En España la producción hidráulica este año ha sido muy baja, la eólica está desarrollándose y creciendo de forma significativa y en ambas el peso de la potencia instalada es muy superior al de la producción. Sin embargo, en carbón y nuclear normalmente funcionan en base, funcionan más horas y, por lo tanto, con una proporción menor de potencia instalada. La producción casi duplica en porcentaje a la potencia instalada.

Gráfico 2. Fuente de energía. Comercio interregional de gas natural. 2003 (bcm)



Fuente: International Energy Agency – World Energy Outlook 2004.

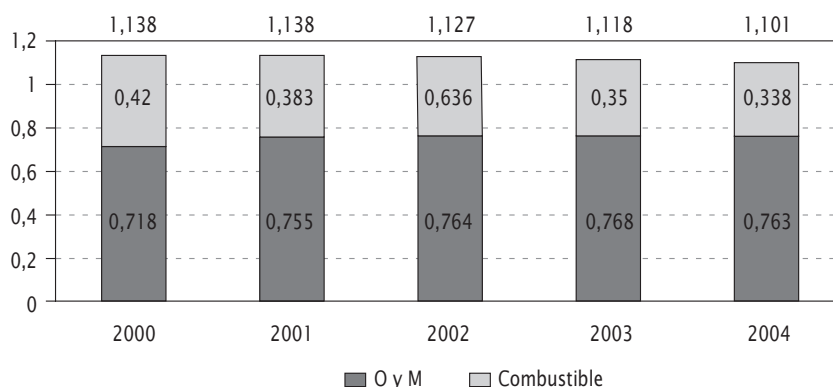
Gráfico 3. Precio medio del gas natural en EE UU. 2002-2005

Fuente: Energy Information – DOE – Estados Unidos

En España, ¿cuál es el coste de producción de las centrales nucleares en estos últimos años? El Gráfico 4 nos muestra los datos de UNESA (Gráfico 4).

Aquí está en céntimos de euro/kW.h, por lo que, si corremos la coma un punto a la derecha, iríamos a los números de que hablábamos antes: unos 11 €/MW.h, para operación de mantenimiento y combustible. A esto hay que añadirle lo que está en la parte inferior, unos 20-25 millones €/año de inversión por cada 1.000 megavatios que se hacen de manera continua. Estas inversiones son las que aseguran el mantenimiento, tanto desde el punto de vista de seguridad como técnico, de las instalaciones. Hay que incluir la segunda parte del ciclo combustible que, de acuerdo con lo que está establecido en España, es del orden de 0,2 céntimos de euro/kW.h, unos dos €/MW.h. Este último valor, evidentemente, puede estar sujeto a alguna incertidumbre, pero una duplicación de ese coste tendría un impacto muy pequeño sobre el coste total. ¿Cómo se han conseguido estos valores? Estos números se han conseguido fundamentalmente porque se ha logrado una muy buena utilización de las centrales, que están funcionando normalmente por encima del 90%, y luego han sido ajustados los costes, pero básicamente es la mejora del factor de carga, del factor de operación de las instalaciones, lo que ha contribuido a unos resultados tan positivos.

¿Qué supone la energía nuclear en nuestro entorno? En la Unión Europea es más o menos el 33% de la electricidad, son 900 teravatios hora anuales. Si tuviésemos que produ-

Gráfico 4. Coste de producción de las centrales nucleares

- Inversión recurrente anual: 20 M€/año/1000 MW
- Coste segunda parte ciclo combustible: 0,2 c€/kWh producido

= 15 €/MWh estable a largo plazo

Fuente: UNESA. Datos en céntimos de euro/kWh neto (constantes 2004).

cir esa energía eléctrica con fuentes de petróleo, necesitaríamos una cantidad equivalente a dos veces la producción de Kuwait, o sea, 4 millones de barriles/día. Es decir, que a través de la tecnología tenemos unos pozos de petróleo que pueden sustituir al equivalente a dos Kuwait, y nos ahorramos un gasto exterior en cuanto a balanza europea de pagos del orden de entre 50.000 y 70.000 millones de euros, según el precio al que pusiéramos el barril de petróleo.

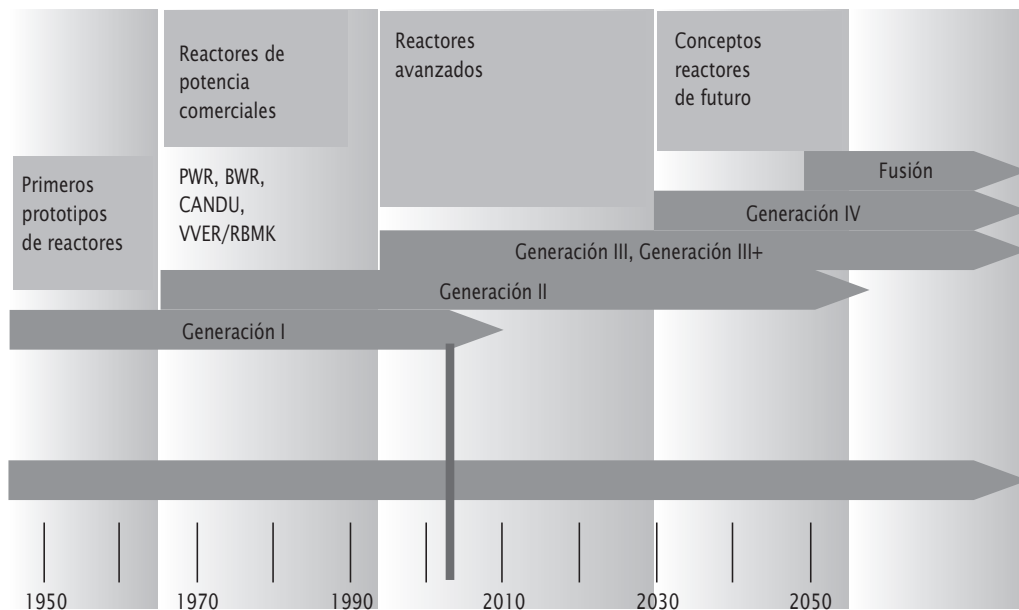
Esto en España, ¿a qué nos lleva? La producción nuclear es del orden del 20% de la electricidad, equivalente a 100 millones de barriles/año, y nos ahorramos en cuanto a déficit exterior entre 3.000 y 5.000 millones de euros al año.

¿Qué suponen las centrales nucleares en España? Precisamente porque no emiten CO₂, suponen evitar una emisión de 50 millones de toneladas de CO₂. El sector eléctrico tiene asignados unos 82 millones de toneladas de CO₂. Esto quiere decir que si no tuviésemos las centrales nucleares habría que asignarle casi el doble de lo que tiene. Si lo ponemos a 20 euros, son unos mil millones de euros/año, más o menos. ¿Qué pasa en España con el Protocolo de Kioto? Tenemos un déficit, como sabéis, del orden del 45%. El acuerdo de la UE nos permite un 15%. Según el Plan Nacional de Asignaciones, deberíamos llevar el déficit de 45% a 24%. Este 24% se asignaría de la siguiente manera: 15% lo que nos permita, 2% que iría a sumideros y 7% a la compra de derechos. Esa compra de derechos a 20 euros serían unos 400 millones de euros al año. Esto da una idea de lo que puede suponer para España, o supone, el problema del CO₂, y atajar el incremento

de emisiones de CO₂, aparte de otras consideraciones, como negociar mejor el acuerdo post-Kioto, sin lugar a dudas es para España un tema muy importante. La producción nuclear española se puede llevar a cabo porque hay empresas eléctricas que tienen las capacidades necesarias, pero también porque hay una industria nuclear española muy importante, que supone en cuanto al suministro de equipos para nuestras centrales por encima del 60%, 70% u 80%, dependiendo de las actividades. Prácticamente el 80% de lo que nos gastamos en España en la operación es dinero que se gasta en España. Y aquí tenemos empresas grandes como equipos nucleares, que fabrica reactores y acaba de obtener un contrato hace unas semanas para construir todo el circuito primario de un reactor prototipo que los sudafricanos quieren desarrollar, un reactor de módulos de 160 MW; es una empresa que en la fabricación de componentes mecánicos está en la punta de la tecnología. Tanto en tecnología como en precios, porque compite con Francia, Japón, Corea, Rusia... y ha conseguido este contrato. ENSA tiene también contratos en EE UU y China.

Tenemos una empresa como es ENUSA, que fabrica el combustible. Nosotros, en España, no explotamos las minas de uranio porque, al haber bajado el uranio tanto de precio en los últimos años se cerraron las que había, pero sí tenemos la capacidad de fabricar combustible. Es decir, el uranio lo compramos fuera, el enriquecimiento se hace fuera, en Eurodif entre otros, y luego el ensamblaje de ese combustible se hace en España. Vendemos combustible a países como Alemania, Bélgica, Finlandia, Francia y Suecia. Aparte de eso tenemos una serie de empresas de servicios que realizan toda la formación del personal, simuladores e inspecciones de las centrales, empresas de ingeniería o de suministro de

Gráfico 5. Evolución de la energía nuclear



otros equipos. Tenemos una capacidad que se mantiene viva, aunque en estos momentos, evidentemente, no en el nivel de construir centrales, pero sí en el nivel de suministrar servicios a nuestro parque y al parque mundial.

Es significativo que todas las actividades son siempre de alto valor añadido; es decir, que siendo un volumen de personas relativamente pequeño, sin embargo, la generación de valor añadido es muy elevada.

Me imagino que luego José M.^a Martínez Val hablará más del desarrollo de la tecnología, pero se sigue trabajando a futuro.

En estos momentos (Gráfico 5) los reactores que tenemos son básicamente los reactores de la generación I y II, se está trabajando y hay diseños y ya se están empezando a instalar reactores avanzados, lo que son la generación III y III+. Podemos considerar de esta generación el que se está construyendo en Finlandia, el EPR (*European Power Reactor*), de diseño Framatome y Siemens (que se fusionaron para formar AREVA). Luego ya entraríamos en reactores del futuro, generación IV, o la propia fusión. Normalmente se ha trabajado en conceptos evolutivos con algún elemento pasivo, de manera que por un lado se mejora la seguridad de las instalaciones con más separación de sistemas, más redundancias, y por otro se mejoran aspectos para un mejor aprovechamiento del combustible. En Estados Unidos, algunas empresas van a empezar a construir e instalar reactores en el 2008-2009. La generación IV es una generación aún más adelantada que no sería comercial hasta 2030. Estos reactores contribuirán de forma significativa a reducir los residuos, dificultar la proliferación y permitir el uso de la energía nuclear cientos de años.

Centrales nucleares del futuro

A) Tercera Generación. Centrales nucleares avanzadas

- Simplicidad: reducción de sistemas y construcción por módulos.
- Conceptos evolutivos y conceptos básicos.
- Programa europeo EUR (*European Utilities Requirements*).
 - EPR de Framatome ANP (evolutivo de agua a presión).
 - EPP de BNFL - W (pasivo de agua a presión).
 - BWR90 de BNFL - W (pasivo de agua en ebullición).
 - ABWR de GE (avanzado de agua en ebullición).
 - SWR1000 de Framatome ANP (avanzado de agua en ebullición).
- Diseños licenciados por la NCR en USA.
 - System 80 + BNFL - W (evolutivo de agua a presión).

- ABWR de GE (evolutivo de agua en ebullición).
- AP-600 de BNFL - W (pasivo de agua a presión).
- AP-1000 de BNFL - W (pasivo de agua a presión).

B) Generación IV

- Programa para el desarrollo y demostración de uno o más nuevos sistemas nucleares, utilizables comercialmente hacia 2030, y que ofrecen ventajas en los campos de sostenibilidad, economía, seguridad y fiabilidad, no proliferación y protección física.
- Sistemas:
 - SFR - Reactor rápido refrigerado por sodio.
 - LFR - Reactor rápido refrigerado por aleación de plomo.
 - GFR - Reactor rápido refrigerado por gas.
 - VHTR - Reactor de muy alta temperatura.
 - SCWR - Reactor supercrítico refrigerado por agua.
 - MSR - Reactor de sales fundidas.

C) Programa INPRO del OIEA

- *International Project on Innovate Nuclear Reactors and Fuel Cycles.*
- El objetivo principal es la utilización segura, sostenible, económica y no proliferante de la tecnología nuclear para satisfacer las necesidades energéticas globales en el siglo XXI.

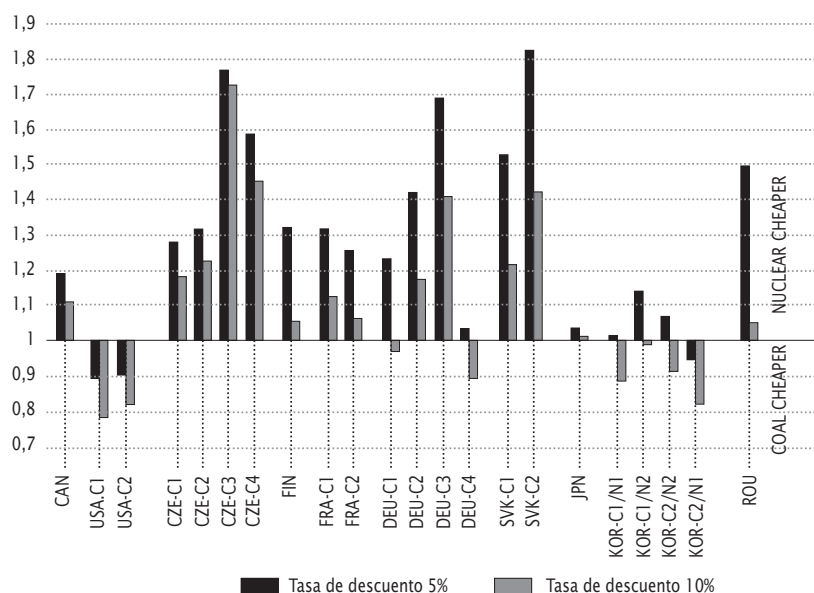
En la Unión Europea, y esto es muy importante, ¿cuáles son las estrategias fundamentales de cara al futuro? Las estrategias fundamentales de la Unión Europea son Lisboa y Kioto. La comunicación de la Comisión de hace un par de meses sobre la estrategia de Lisboa habla de competitividad, de tecnología, de manufactura, de productividad, de valor añadido y de actividad industrial. Esto, en el ámbito energético, uniéndolo a Kioto con la problemática del cambio climático y el CO₂, nos lleva a la energía nuclear. Y en el tema medio ambiente, yo me atrevo a decir que la energía nuclear no supone un problema medioambiental. Evidentemente tenemos que tratar los residuos, pero no es el problema medioambiental como algunos a veces señalan. Por ejemplo, no sé si habéis leído hace unas semanas un informe de la Universidad de Yale analizando la situación medioambiental de todos los países del mundo. En ese análisis, de entre los 10 primeros países, cinco tienen programas nucleares importantes. El primero es Nueva Zelanda y después están Finlandia, Suecia, Chequia y el Reino Unido. Es decir, de los cinco, cuatro

tienen programas nucleares importantes y desde el punto de vista de la visión medioambiental de esos países eso no les penaliza en absoluto.

Si miramos el informe español del Observatorio Español de la Sostenibilidad, en cinco de los 16 campos que analiza, la energía nuclear tendría un aspecto positivo. Desde el punto de vista medioambiental el ámbito nuclear no es donde necesariamente hay que hacer esfuerzos para mejorar el medio ambiente de nuestras sociedades. Creo que esto es muy importante desde el punto de vista político.

¿Qué están haciendo los países para abordar estos problemas en Europa? Finlandia está construyendo su quinto reactor, Francia también va a empezar la construcción de un reactor, en Suiza hace un año hubo un referéndum favorable a la continuación de las centrales nucleares. En Suecia hace 20 años se votó ir parando las centrales. Se han parado algunas, pero se han aceptado aumentos de potencia de las existentes, de manera que hay más potencia instalada de la que había inicialmente y la opinión pública sueca es favorable. En el Reino Unido se habla de que ahora se va a estudiar otra vez la opción nuclear. Blair ha pedido un informe para junio y en Rusia se habla de 15 reactores en los próximos 10 años. Finlandia y Suecia han decidido un almacenamiento del combustible. Esa decisión la ha tomado el Parlamento y, por lo tanto, ha abierto un poco la vía a hacer centrales: en cuanto al quinto reactor de Finlandia, la decisión se toma después de que el Parlamento haya apoyado un repositorio, un almacenamiento del combustible gastado. Es decir, que sí hay soluciones. Yuca Mountain en Estados Unidos es un

Gráfico 6. Ratios de coste para centrales nucleares y de carbón



Fuente: IEA – NEA/OCDE Projected costs of generating electricity 2005 Update.

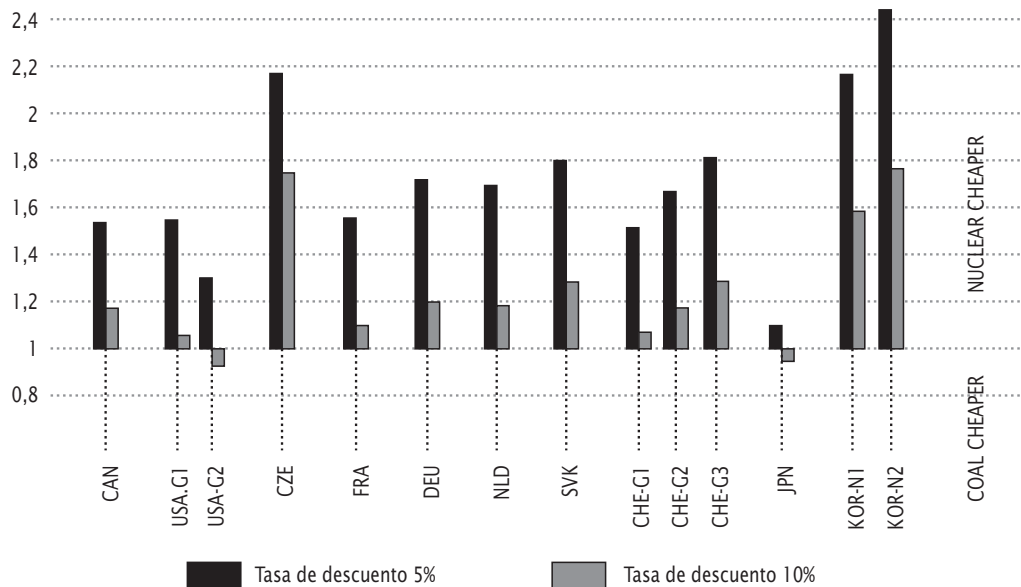
desarrollo necesario. La propia industria, en estos momentos, se pregunta si verdaderamente es lo prioritario, entre otras cosas porque se plantea el reciclado del combustible, y si entras a reciclar el combustible, no está tan claro que sea la mejor opción de manera inmediata. Es un poco de lo que en España se está hablando precisamente cuando se habla de un ATC. En Asia, China e India hablan de 30 reactores cada país en los próximos 15 años, y en Estados Unidos, con la nueva ley de energía de 2005, ya las empresas están hablando de unos 10 reactores para el año 2015.

Y esto, ¿por qué se está haciendo? La OCDE hace un análisis de los proyectos que existen en estos momentos y hace ciertas suposiciones de precios de gas y de distintas energías. Aquí tenemos proyectos de Canadá, Estados Unidos, Chequia, Francia, análisis de proyectos, etc., que comparan los costes entre centrales nucleares y carbón (Gráfico 6).

El Gráfico 7 pertenece a un informe de la OCDE, la Agencia Internacional de la Energía y la NEA. Por arriba, las centrales nucleares son más baratas y, por abajo, el carbón es más barato.

El Gráfico 7 se refiere al gas. El nuclear es más barato arriba, el gas más barato abajo. La tasa de descuento del 5 o del 10, como veis, penaliza mucho a la nuclear en general, porque la inversión es muy avanzada. A pesar de todo, la energía nuclear es más barata que la opción carbón o gas.

Gráfico 7. Ratios de coste para centrales nucleares y de gas



Fuente: IEA – NEA/OCDE Projected costs of generating electricity 2005 Update.

Gráfico 8. Estudios de costes internacionales

	MIT ⁽¹⁾	PIU ⁽²⁾	Chicago ⁽³⁾	RAE ⁽⁴⁾	DGEMP ⁽⁵⁾	Tarjenne ⁽⁶⁾	OCDE ⁽⁷⁾
Coste de generación (p/kWh)	3,9-4,0 ⁽⁷⁾	3,0-4,0	3,1-3,6 ⁽⁸⁾	2,26-2,44	2,0 ⁽⁹⁾	1,7 ⁽⁹⁾	1,3-1,9 1,8-3,0
Tasas de retorno (%)	11,5 ⁽¹⁰⁾	8 y 15	12,5 ⁽¹⁰⁾	7.5	8	3	3 10
Coste de inversión/kW	2.000 \$	2.000 \$	1.500 \$	2.000 \$	1.433 \$	1.900 \$	1.000-2.000 \$
	1.150 £	1.150 £	865 £ ⁽⁷⁾	1.150 £	990 £ ⁽⁸⁾	1.330 £	610-1.210 £
Factor de carga	85%	75-80%	0,85	>90%	>90%	>90%	85%
Plazo de amortización (años) ⁽¹¹⁾	15	20	15	25 y 40	35-50	40	40
Plazo de construcción (años)	3	sin definir	3 a 7	5	5	5	4 a 6

⁽¹⁾ Informe MIT: The future of nuclear power (año 2003).

⁽²⁾ Informe del Performance and Innovation Unit (PIU) del Reino Unido. The economics of nuclear power (año 2002).

⁽³⁾ Informe de la University of Chicago: The economic future of nuclear power (año 2004).

⁽⁴⁾ Royal Academy of Engineering del Reino Unido: The cost of generating electricity (año 2004).

⁽⁵⁾ General Directorate for Energy and Raw Materials of the French Ministry of the Economy, finance and Industry (año 2003).

⁽⁶⁾ Tarjenne. Lappeenranta University of Technology, Finlandia (año 2003).

⁽⁷⁾ Informe OCDE. Projected costs of generating electricity (2005 updated) conversión £ = 1,6503 \$ (año 2005).

⁽⁸⁾ Basado en 1 £ = 1,734 \$ (tasa de cambio utilizada en el informe del RAE).

⁽⁹⁾ Basado en 1 € = 0,7 £ (Bloomberg 10 de marzo de 2005).

⁽¹⁰⁾ Basado en coste de capital nivelado medio.

⁽¹¹⁾ Periodo de deprecación/amortización.

Aquí (Gráfico 8) tenemos el resumen de todos los estudios de costes internacionales que Claudio presentaba: el MIT, el PIU (inglés), el de Chicago, varios más en el Reino Unido, los finlandeses y la OCDE. Aquí está en peniques, luego en libras por MW/h del orden de 40 libras, unos 60 euros más o menos, para los informes del MIT y de la Universidad de Chicago.

Las condiciones de tasas de retorno tienen un impacto, también plantean plazos de amortización de 15 años, y en los otros van a plazos de amortización mucho más largos. Eso también tiene una influencia en ese coste tan elevado de generación del MIT y Chicago. Para los demás estamos en el entorno de 40 euros por MW/h.

Lo que sí es cierto es que, en general, en los costes de producción en lo nuclear la inversión es muy elevada, el carbón es fuerte, pero la inversión no es tan elevada, depende también de si hay sistemas de limpieza de emisiones. En el gas la emisión es pequeña. Operación y mantenimiento tienen costes parecidos y, sin embargo, el combustible es en el que el nuclear tiene costes muy bajos. El carbón es algo más caro y el gas es mucho más elevado.

El plan de infraestructuras que se aprobó, con la última revisión en octubre de 2005, presenta las siguientes previsiones.

Situación en España ante el periodo 2011-2025

- Aumento de la demanda eléctrica: con incrementos de un 3% anual, se requieren 10.000 GW/h anuales adicionales, que pueden ser cubiertos con:
 - 1.300 MW nucleares funcionando 7.500 horas/año.

- o 1.300 MW carbón funcionando 7.500 horas/año.
- o 4.500 MW eólicos funcionando 2.000 horas/año.
- o 2.000 MW ciclos combinados funcionando 5.000 horas/año.
- Garantía de suministro: según el Libro Verde de la UE sobre abastecimiento energético, las importaciones totales de productos energéticos serán:
 - Unión Europea: actual (50%) y año 2030 (70%).
 - España: actual (80%) y año 2030 (?%).

Vemos que el carbón va disminuyendo, el nuclear va disminuyendo, el gas natural sube muchísimo, los productos petrolíferos bajan un poco y las energías renovables suben. De manera que esto nos llevaría a un tercio de gas, un tercio de renovable más o menos, un 15% de carbón y un 15% nuclear. Esto sería en el 2011. Ese documento habla de que la población española va a ser de 47 millones de habitantes en el 2011. Esto solamente para incidir que va a ser muy difícil reducir la tasa de incremento de demanda de electricidad. Estamos en un crecimiento de 4 y pico %. Con los incrementos de población, si pasásemos a 47 millones en 2011 implicaría un crecimiento de un 3% o 4% de la electricidad. España es de los pocos países en que la electricidad aumenta a ese ritmo. Quizá los de la Europa del Este también, pero la Europa continental está por debajo del 1%, y por eso tampoco necesitan inversiones en nueva generación, mientras que nosotros, con un 3% o un 4%, necesitamos inversiones en generación.

Las renovables incluyen la hidráulica y el desarrollo eólico, básicamente. Aunque se desarrolle biomasa y solar, fundamentalmente es eólico. Entonces, esto que veíamos era en el 2011. Hasta el 2011 ya hay unos planes establecidos en los que no entro. Pero a partir de 2001, ¿cómo vemos el crecimiento? Un 3% anual, unos 10.000 GW/h adicionales anuales se pueden cubrir más o menos con esas instalaciones, unos 1.300 MW nucleares, 1.300 MW de carbón, unos 4.500 MW eólicos, unos 2.000 MW de ciclos combinados. Eso sería lo que necesitaríamos cada año, sin eliminar nada de lo que tenemos en operación. Habrá instalaciones que se vayan haciendo obsoletas. En cuanto a garantía de suministro, en España estamos en el 80% de dependencia exterior. La Unión Europea en el Libro Verde del 2001 hablaba de 50% y en el 2030 estaba en el 70%, y eso le preocupaba muchísimo, pues nosotros no sé dónde iremos. En España, en estos momentos, el 50% de la energía eléctrica es con materias primas importadas. Si nos fuésemos a esos porcentajes de gas, quizá aumentaría. Y entonces estamos sujetos a estos problemas. El coste de las energías renovables será elevado, los combustibles fósiles están sujetos a un mercado de difícil predicción y la opción nuclear ayuda a la estabilidad de precios. Yo creo que esto es muy importante. ¿Por qué los finlandeses adoptan la decisión de construir la central, aparte de que ellos consideran que les va a costar 28 €/MW.h? Porque el coste del kilovatio nuclear a 20 años es más o menos el que es, porque el precio de la materia prima uranio en el combustible en la parte del coste del uranio es un 1/3 del coste del combustible, entre el 3% y el 5% de coste de la producción nuclear. Aunque el uranio duplicase su precio, el impacto sobre el coste de la energía sería reducido. Entonces esa estabilidad de precio es lo que ha hecho que en

Finlandia se esté construyendo el quinto reactor, porque así se aseguran un precio estable de la energía eléctrica, aparte de que no querían depender del gas ruso.

Estamos en una situación de aumento de los costes de la electricidad en el modelo que tenemos. He comparado la curva de carga del sistema eléctrico español un jueves de enero del año 2001 y del año 2006. En el 2001, el punto bajo de la curva estaba en 19.000 MW y el alto en 30.000. En el 2006 el punto bajo está en 26.000 MW y el más alto en 40.000 MW. Esto no es el día de más consumo. Esos 10.000 MW de más que tenemos en conjunto los suministramos con energías caras: las energías de base baratas no llegan a esos niveles de demanda. Por eso el precio que tenemos en estos momentos es siempre el caro, y por eso se ha disparado. Habría que aumentar las energías de base baratas para conseguir un buen precio medio de la electricidad. No entro demasiado en cómo se establece ahora el precio del *pool*, que a lo mejor habrá que retocar; por lo menos el Ministerio dice que lo va a retocar.

Entonces, ¿qué podemos hacer en estos momentos? Lo mejor es que las centrales en operación continúen garantizando la seguridad. Nos ahorramos unos 50 millones de toneladas de CO₂ al año, el coste de generación se mantiene muy bajo y la producción sería de unos 1.200.000 GW/h en 20 años, cosa que no deja de ser importante a un coste que podría estar en el orden de entre 15 ó 20 €/MW.h. Esto desde luego habría que hacerlo.

Vamos a analizar adicionalmente un posible escenario. Con un incremento de la demanda eléctrica del 3% anual, intentando frenar las emisiones de CO₂ y buscando una energía eléctrica de base estable y barata, nos llevaría la energía nuclear al 35% de la producción eléctrica anual. De esta manera, la energía de base subiría en su porcentaje y presionaría el precio de la energía eléctrica a una cierta estabilidad. Para llegar a esto, habría que construir unos 15.000 MW nucleares para el 2020. Esto serían unas 10 centrales de 1.500 MW. La central que se está construyendo en Finlandia es de 1.600 MW y el coste de 3.000 millones de euros al año. Con esos 15.000 MW llegaríamos a producir unos 120 teravatios hora al año. Cuando hemos estado discutiendo con los franceses el participar en el EPR que ellos van a construir, hablamos de entre 35 y 45 €/MW.h. Esos son los números que se barajan en estas discusiones.

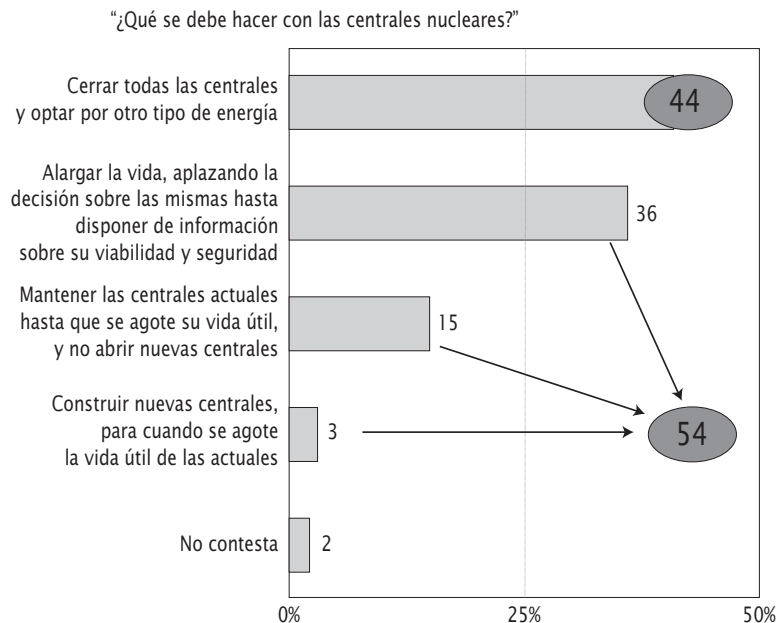
Seguramente los 28 €/MW.h finlandeses son bajos, pero entre 35 y 45 se puede manejar. Y esta producción ahorraría unos 60 millones de toneladas de CO₂ anuales, frente al gas, y frente al carbón unos 120 millones de toneladas de CO₂. En este escenario de construcción, en gas, en inversión, tendríamos unos 450 €/kW.h; en nuclear, unos 2.000. La participación nacional en la inversión podría ser de este orden, un 40%-50% en el gas, un 60%-80% en el nuclear; el coste de kW/h ponemos el mismo, para hacer comparaciones. En el combustible el gas entraría un ochenta y tantos por ciento en el coste y en el nuclear estaría en un 8%. Eso nos llevaría, por ejemplo, a este nivel de inversiones o de gastos en España. Evidentemente, en un mercado abierto no todo se haría en España. En las últimas centrales en España se pudo hacer el 80%-85%; hoy en día el mercado seguramente estaría más abierto y habría que bajar al 60%-70%, pero habría una capacidad importante en España. Esa participación nacional de unos 3.000-4.000 millones de euros en gas y unos 18.000-25.000 en nuclear en España daría este tipo de actividades, en ingeniería de servicios, en bienes de equipo, construcción, otros... Al exterior tendríamos unos gastos de combustible en gas

de unos 4.500 millones, y en nuclear de 256 millones de combustible. En emisiones, en el gas tendríamos unos 60 millones de toneladas de CO₂. Este escenario apoyaría el desarrollo industrial en España, la consolidación de bienes de equipo, la producción de control, simulación... soportaría programas de I+D, consolidaría un capital humano que tenemos de muy alta cualificación, entre 50.000 y 80.000 personas, enlazaría con tecnologías de futuro (la Generación IV, el ITER...). Creo que un país como España no se puede permitir salirse de la tecnología nuclear y nos permitiría seguir participando en los mercados internacionales de tecnología y energía.

Está el problema de la opinión pública. El año pasado hicimos unos estudios de opinión pública con la empresa Ipsos. A la pregunta "Dígame qué importancia cree usted que tienen actualmente las fuentes de energía que le voy a decir en la producción de electricidad en España: solar, eólica, hidráulica". Estas últimas están muy arriba, nuclear y gas abajo. El carbón también algo, el petróleo sube mucho...

¿Qué se debe hacer con las centrales nucleares? El 44% dice que las cierres y optes por otra vía de energía (Gráfico 9). Y luego un 54% va modulando: alargar la vida (que sigan funcionando) hasta disponer de alternativas; mantenerlas hasta que se agote su vida útil; construir nuevas centrales. Esta es un poco la situación de la opinión. Desde luego, hay muchos que piensan que habría que dejarlo, pero hay algunos que dicen "Oye, pues en fin, igual es necesario".

Gráfico 9. La opinión pública

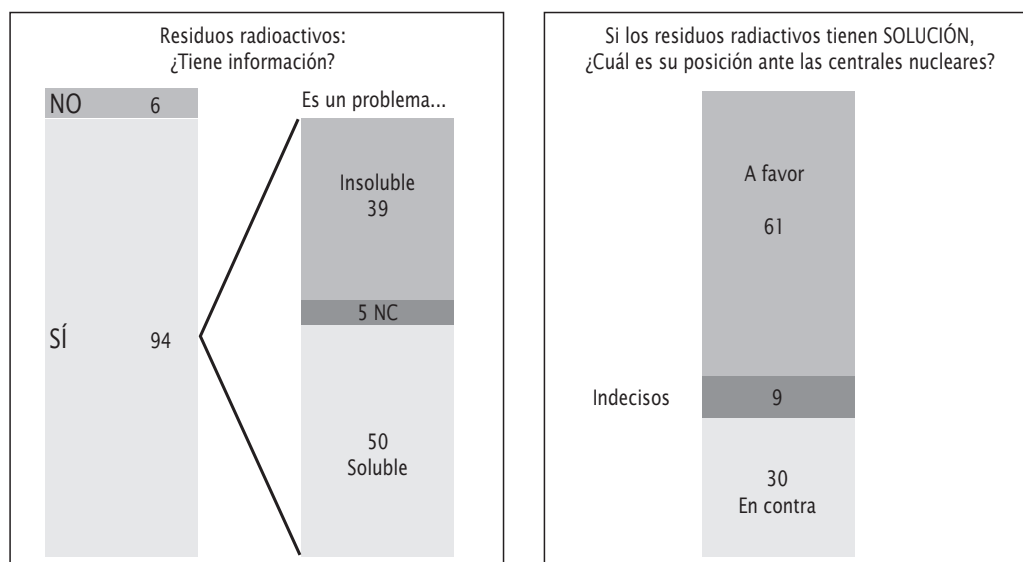


Fuente: Estudio Sociológico Foro Nuclear – Diciembre 2004.

Sobre residuos (Gráfico 10), la gente, paradójicamente (a mí me ha sorprendido mucho), dice que tiene información: el 94%. El 40% dice que es un problema insoluble y el 50% que es soluble. “Si resolvemos los residuos, ¿cuál sería su posición en las centrales?” Aumenta un poco, el porcentaje a favor de las centrales. Con esto quiero decir que hay un espacio de trabajo en la opinión pública. Evidentemente, si grandes responsables políticos o con conocimiento de estos temas aseguran que se puede prescindir de la energía nuclear en España, muchísima gente se lo compra, lógicamente. Otros pensamos diferente, lo que pasa es que no tenemos tanta influencia en la opinión pública.

El futuro energético está sujeto a grandes incertidumbres (no voy a insistir demasiado en consumo, el CO₂, los precios de los combustibles, la dificultad de la garantía del suministro). La dependencia energética española es muy importante y nuestra economía está sujeta a una inestabilidad importante. Y necesitamos fuentes de energía. Tenemos que trabajar en todos los frentes. Habrá que trabajar en CO₂, en los sumideros de CO₂, en renovables, en energía nuclear, en economía del hidrógeno (no hemos entrado en eso porque tenemos un tiempo reducido). Necesitamos planificar a largo plazo, con todos los impactos en el modelo económico que se da en España, en estos momentos hablamos de un plan hasta el 2011, es un plan muy corto. Nos ayuda a ir resolviendo temas, pero no podemos establecer ningún tipo de estrategia real teniendo en cuenta plazos tan cortos.

Gráfico 10. Opinión sobre los residuos radioactivos



Fuente: Estudio Sociológico Foro Nuclear – Diciembre 2004.

Con relación al tema nuclear, la energía nuclear es una tecnología fiable, segura y respetuosa con el medio ambiente. Evidentemente trabajamos para que funcionen bien las centrales y no tengan accidentes; es intensiva en capital y se basa en el conocimiento y en la tecnología, es decir, que la materia prima no es tan importante; el coste del kilovatio nuclear es estable a largo plazo y no emite CO₂; la energía nuclear apoya la competitividad de la economía española, siempre que se mantengan los niveles de seguridad deben mantenerse las centrales en operación. Creo que hay que ser ahí muy cuidadoso. Siempre que se mantengan los niveles de seguridad, son competitivas y hay que mantenerlas. Y es necesario mantener la capacidad que tenemos en España, que es relativamente importante, para estar presentes a nivel mundial. Si desarrollásemos un programa de construcción de centrales, impulsaríamos la actividad económica en bienes de equipo y servicios, y la opinión pública, que es crítica con la opción nuclear, necesita evolucionar para que se pueda utilizar la energía nuclear. Debemos abordar la problemática de residuos. Debemos conseguir una participación de los agentes sociales en esta temática, y la legislación seguramente necesita ser puesta al día. En estos momentos se habla de una revisión de la ley de energía nuclear. Yo creo que son temas que desde luego deben estar expuestos a debate, pero debemos hacer lo posible para que el uso de la energía nuclear en España sea posible.

Carlos Vélez



Nuestro siguiente ponente es don José María Martínez-Val. Es presidente del Comité Científico y Técnico de Euratom y catedrático de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de Madrid. Es director de LAB Fundación para el Fomento de la Innovación Industrial y fue presidente de la Sociedad Nuclear Española.

3. Visión científica de la energía nuclear

José María Martínez-Val

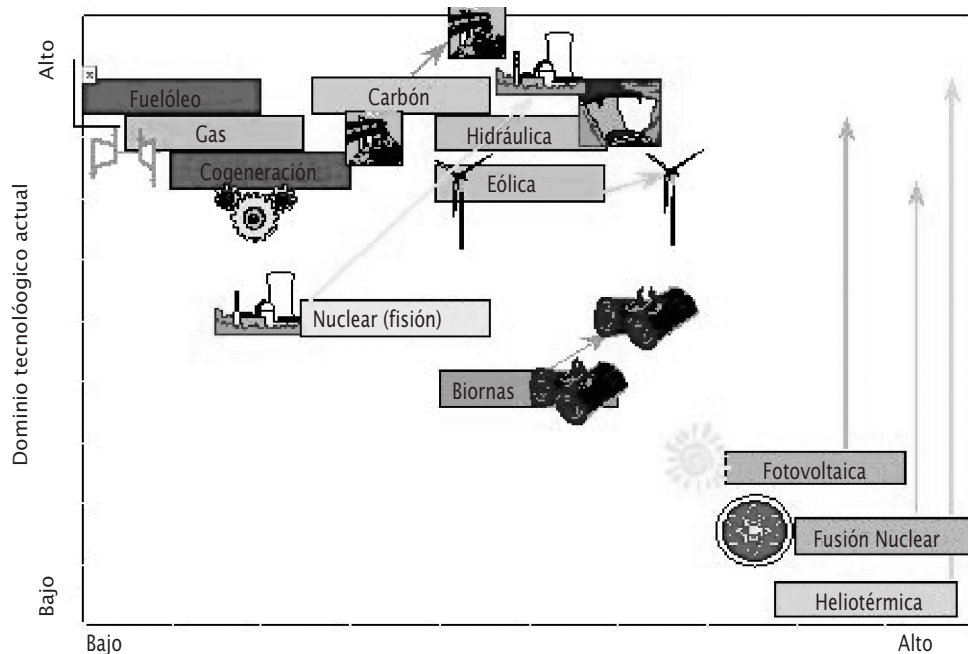
 Muchísimas gracias, moderador. Para mí es un placer y una satisfacción estar aquí en este foro, invitado por el ministro Eguíagaray –para mí siempre será mi ministro–, hablar de un tema que me es muy querido, y hacerlo con una perspectiva nueva.

En la primera ponencia, Claudio Aranzadi nos ha hecho una descripción sistemática y contundente de la energía nuclear de aquí y ahora, y en un marco de economía libre de mercado. Después Eduardo González nos ha advertido de lo que puede pasar en un futuro a medio plazo si no apostamos por unas energías que proporcionen, como es el caso de la nuclear, un precio barato de la energía eléctrica de base. A mí me corresponde hablar de la energía nuclear desde un punto de vista científico y me es muy agradable hacerlo alrededor de esta mesa, con Juan Antonio Rubio y Carlos Alejandre, que son los dos científicos nucleares más señalados de este país y seguro que intervendrán con sus apreciaciones.

Como mi ponencia puede ser un poco árida, precisamente por ser de contenido científico, me he permitido distribuir una fotocopia de ella, porque, además, voy a tener que ir muy rápidamente, más rápidamente incluso de lo que había pensado. Espero no pasar de los 15 minutos.

Hace dos días, el día 7, en Bruselas, cerrábamos en el Comité Científico y Técnico de Euratom nuestra opinión formal sobre el séptimo Programa Marco, mirando hacia el futuro en el sentido de que nuestra apuesta va mucho más allá de lo inmediato. Nuestra apuesta tiene que ser analizar qué es lo que la energía nuclear puede aportar para la Humanidad a largo e incluso muy largo plazo. Ésa es la cuestión científica. Y sin lugar a dudas hemos de tener en cuenta que la situación va a evolucionar fortísimamente. Traigo aquí un disco que contiene las ponencias de un curso de verano del año pasado de la Politécnica, que tuve el honor de dirigir, en el cual precisamente también Juan Antonio Rubio y Carlos Alejandre intervinieron, y me interesa destacar que su título era Energía: inventando el futuro. Porque en este campo, como en tantos otros, el futuro se ha de inventar; por sí solo no existe.

Y deseo señalar también que en el curso justamente anterior fue Josep Borrell quien lo clausuraba y era un curso lógicamente sobre Europa. Él hablaba como presidente del Parlamento Europeo, y decía que los dos problemas más graves que tiene Europa en este momento son el problema demográfico y migratorio, y el programa energético. Y efectivamente, creo que hay que inventar el futuro de la energía para poder salir de la

Gráfico 11. Potencial intrínseco de las fuentes de energía

situación en la que estamos, en la que hay cuestiones muy complicadas, particularmente la de la energía nuclear, pero quizá la más complicada de todas sea asegurar la satisfacción de la demanda de energía para el futuro.

En el Gráfico 11 vemos el potencial intrínseco de las fuentes de energía, en ordenadas el dominio tecnológico actual, y en abscisas el potencial energético asintótico a muy largo plazo. Desgraciadamente resulta que las fuentes de energía se ubican en la bisectriz secundaria en vez de en la primaria, que sería lo deseable. Quiere esto decir que aquello que dominamos bien tiene poco potencial a largo plazo; y aquello que no dominamos, como pueden ser las energías solares y la fusión nuclear, resulta que tiene un potencial energético asintótico espectacular.

Sí quisiera resaltar que la energía nuclear de fisión, aunque muchos consideran que está saturada en sus posibilidades, realmente desde el punto de vista científico tiene muchísimo por hacer, si bien está claro que es la fusión nuclear la que tiene más futuro. En ese sentido, y para explotar este potencial, la investigación nuclear, como cualquier investigación, se debe basar en ideas, presupuestos y herramientas. Yo aquí hablaré ligeramente de ideas. Lo de los presupuestos lo discutimos hace dos días en Bruselas y lo de las herramientas todavía más, porque creo que una de las cosas que falla radicalmente en la investigación nuclear europea es el tema de las herramientas, no tanto en fusión como en fisión.

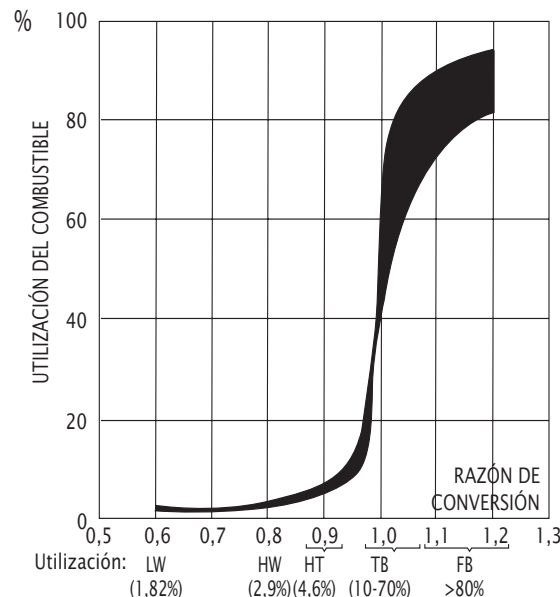
Quisiera ya centrarme en las posibilidades que ofrece la energía nuclear de fisión y fusión, partiendo de la situación actual y de las iniciativas que hay en candelero, yendo con

la imaginación hacia el futuro. Ya se ha hablado de esto, yo creo que lo ha expuesto magníficamente bien Eduardo. Tenemos una situación actual en fisión que es importante y que de hecho es muy prometedora en los países asiáticos, y también en algunos países europeos. Particularmente importante es el caso finés, del cual se ha hablado, pues no sólo han optado por una quinta central nuclear, sino además por tener ya su repositorio en roca granítica, etc.

Pero realmente, si miramos cuál es la perspectiva energética de la fisión, ya Carlos Vélez nos había anunciado que estamos ante una energía para mucho menos tiempo de lo que parece. La producción de fisión actual, medida en julios, es del orden de 3×10^{19} , y las reservas que tenemos contando no sólo uranio, que es a lo que él se ha referido, sino añadiendo el torio, en total son algo menos de 10^{24} julios. Si dividimos las reservas por la producción de fisión actual, equivalen a 34.000 años de producción en teoría, pero este es un cálculo erróneo, absolutamente erróneo. Realmente hoy no se aprovecha sino el 0,6% de la energía térmica potencial del combustible, con lo cual tan sólo serían 200 años lo que representarían las reservas. Si nos limitamos tan sólo al uranio, serían del orden de 60 años, como ha mencionado Carlos anteriormente.

Hay aquí, por tanto, una cuestión fundamental: si queremos que la energía nuclear sea de verdad una energía de futuro y pueda contribuir al desarrollo energético sostenible, se ha de aprovechar cerca del 100% de la energía potencial que tiene, y eso nos lleva a la reproducción y al reciclado, y a reactores muy distintos de los que hoy día tenemos. Con los reactores de hoy día, básicamente de agua ligera (LWR), e incluso con reciclado

Gráfico 12. Aprovechamiento del combustible

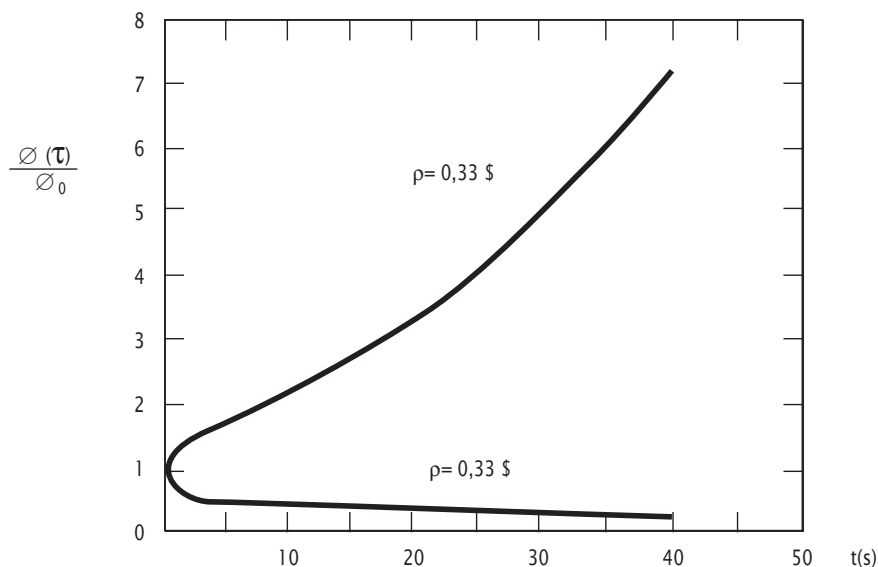


completo, no se llegaría al 2% de aprovechamiento. Hoy día, como digo, se mantienen al nivel del 0,5% o 0,6%, pues no hay reciclado (Gráfico 12). Si quisiéramos realmente aprovechar el combustible que la naturaleza nos ofrece, nos tendríamos que ir a otro tipo de reactores, bien *thermal breeders* o *fast breeders*, pero, en cualquier caso, reactores con una razón de conversión muy por encima de la unidad.

Éste es un término muy técnico, que representa el cociente entre las tasas de nucleidos fisibles producidos respecto de los consumidos, y es sin duda alguna un parámetro importante de la energía nuclear, que sirve además para señalar que la energía nuclear es mucho más una promesa que una realidad. Medida como realidad tiene su interés. Medida como promesa tiene mucho más interés, y yo creo que ésa es una de las razones por las cuales Francia no abandona la energía nuclear de fisión y, además, considera que la energía nuclear de fusión es un paso más allá de la energía nuclear de fisión, pero no una carrera diferente, aunque sus reactores y las reacciones en que se basan sí sean sustancialmente diferentes.

Hay que subrayar que es muy difícil conseguir en los reactores una razón de reproducción mayor que la unidad. Eso sería más fácil en reactores críticos que en reactores subcríticos. No voy a detenerme demasiado en esta diferenciación entre los diversos tipos de reactores, pero lo que sí está claro es que los reactores subcríticos son desagradables, por así decirlo, al *establishment* nuclear, que no quiere oír hablar de ello. Los reactores subcríticos tendrían grandes ventajas, entre otras, que en ellos sería mucho más difícil un accidente como el de Chernóbil, una situación en la que se pueda llegar

Gráfico 13.

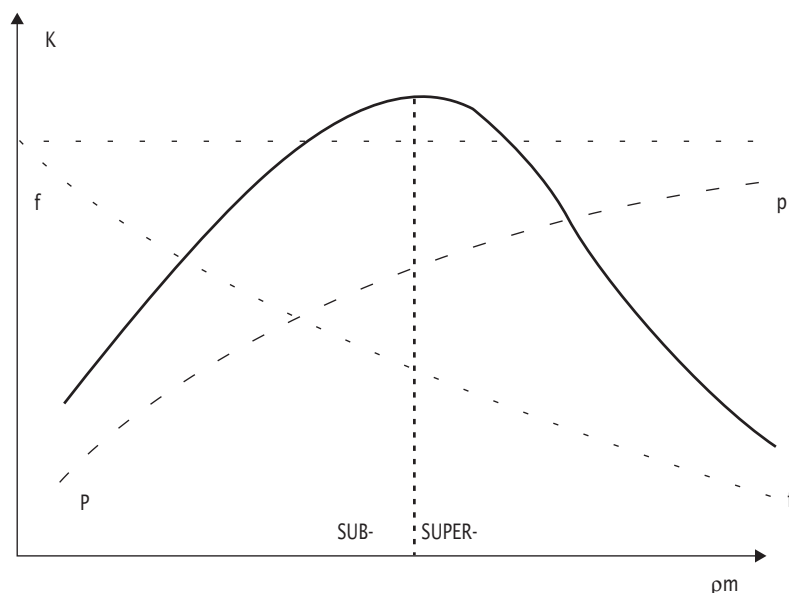


a una auténtica explosión nuclear, aunque haya sido en potencia muy baja respecto a las explosiones nucleares de tipo militar. Pero sin lugar a dudas es de características explosivas en cuanto que la cantidad de energía liberada en la unidad de tiempo es del orden de un terajulio en menos de un segundo. Y es muy importante, sobre todo para señalar que la tecnología no lo puede todo, resaltar que lo que convirtió en catastrófico Chernóbil, los errores de los operadores, fue la propia física del reactor. Ciertamente que la raíz del accidente fueron las violaciones que cometieron de lo que podríamos llamar seguridad administrativa. Llevaron al reactor a una situación inestable por realimentación positiva, y ahí es donde la física se adueñó de todo y motivó la catástrofe. Y lo que está claro es que no cabe repetir un accidente como ese. Para los ingenieros nucleares es inaceptable que alguien repita esa barbaridad.

En el Gráfico 14 se ve que este parámetro, denominado reactividad, es dominante en la evolución de la potencia de un reactor. El factor de multiplicación K (relacionado con la reactividad) depende de la densidad de moderador de una manera muy peculiar y tiene una joroba del tipo que se aprecia en la gráfica siguiente, y en la zona supermoderada, a la derecha del máximo, el reactor es inestable.

En esta zona supermoderada el reactor tiene una realimentación de potencia positiva, y cuando el reactor inicia una pequeña excursión de potencia, se transforma rápidamente en una explosión. Los técnicos rusos lo sabían perfectamente, pero, desgraciadamente, jugando con el experimento que hicieron, llevaron al reactor a esta posición y el reactor les jugó una mala pasada y saltó por los aires. No he traído aquí unos datos propios de Chernó-

Gráfico 14. Reactividad y factor K



bil, que hicimos para el Consejo de Seguridad Nuclear, años ha. Pero efectuamos un análisis sobre ese accidente para determinar sus causas físicas, y fue claro que dominó la inserción de reactividad, simplemente con tres dólares de valor de dicho parámetro, pero hay que aclarar que el dólar en este caso es una unidad enorme, pues se alcanza el dólar cuando el reactor se convierte en crítico sin necesidad de esperar a los neutrones diferidos, que son los que permiten controlar el reactor. Ello explica que con tres dólares se destruyera Chernóbil. Y de ahí mi énfasis en apuntar a que los reactores del futuro no pueden estar a expensas de una situación como aquella. Su física ha de ser distinta: intrínsecamente adversa a sufrir realimentaciones positivas de potencia-reactividad.

Si tenemos esta espada de Damocles sobre los reactores nucleares, ¿por qué decimos una opción nuclear a la que augurarle un buen futuro, por lo menos científicamente interesante? Pues por la propia fuerza nuclear. Antes ha manifestado precisamente Carlos Vélez esta gradación de fuerzas, al hablar de lo que son microelectrones-voltio, cuando una molécula de agua cae un metro; electrones-voltio, cuando una molécula de carbono se oxida y produce CO_2 ; y megaelectrones-voltio, 200 en el caso concretamente de la fisión, 200 megaelectrones-voltio, cuando un núcleo de uranio se rompe. Su propia fuerza fuerte es lo que más caracteriza a la energía nuclear, un millón de veces más fuerte, por unidad de reactivo, que las reacciones químicas.

Y la otra razón es una cuestión humana. El hombre difícilmente admite fronteras, y el hombre hasta ahora ha sido capaz de dominar todo avance científico que ha realizado. No creo yo que vayamos a poner puertas al campo y que a la biología la vayamos a coartar absolutamente, y vayamos a prohibir su explotación dentro de lo que sea lógico. Aquí tampoco estamos proponiendo que sea una explotación ilógica de la energía nuclear. He dicho que para nosotros sería inadmisible que volviera a ocurrir otro Chernóbil. Y de hecho, para abordar el futuro, lo tendríamos que hacer bajo unos criterios de desarrollo nuclear sostenible, que tendrían cinco grandes epígrafes que satisfacer.

Primero, que no fuera proliferante, ésa es una cuestión esencial. Que no pueda contribuir a la multiplicación del armamento nuclear.

En segundo lugar, que los reactores fueran inherentemente seguros, particularmente que fuera imposible, y subrayo la palabra imposible, los accidentes de supercriticalidad pronta como fue el caso de Chernóbil.

Tercero, que hubiera minimización de escapes de radiactividad, y eso hacía referencia a esta polémica que ha habido antes entre Claudio y Eduardo sobre la tasa de fusión del núcleo y la acotación de los escapes. Es muy importante tener en cuenta que, si se acota el escape de radiactividad en función de ciertas características inherentes del tipo de reactor que se tenga, podemos convencernos primero a nosotros mismos, después a la clase política, y después a la sociedad en general, de que los sistemas son razonablemente seguros. Es cierto que la sociedad en general acepta mucho mejor una mortandad continuada, gota a gota, como es la de los automóviles, que antes se ha traído a colación, que los siniestros acaecidos en accidentes aéreos.

Cuarto, la minimización de la radiotoxicidad de los residuos, particularmente los de muy largo plazo. Este es otro criterio fundamental en el desarrollo nuclear sostenible.

Quinto, que se obtuviera un aprovechamiento adecuado del combustible, muy por encima del 0,6% actual. Y por supuesto, aunque esto no es relativo a la característica nuclear como tal, que sea económico, y por eso nos ha dado una lección Claudio anteriormente, pues este es un objetivo o un criterio, según se mire, imprescindible, en la energía nuclear y en cualquier bien comercializable.

No obstante, el criterio nuclear fundamental que debe guiar todo –desde la concepción y proyecto hasta el desmantelamiento– es evitar interacciones dañinas de las radiaciones ionizantes con la humanidad a cualquier plazo. Particularmente con la humanidad contemporánea. Y en ese sentido contamos ya con estándares de protección radiológica bien establecidos, aunque mejorables, casi podríamos decir a la baja. Las estimaciones que hay hoy día es que con estos estándares estamos sobreprotegidos, pero no importa, pues en todo caso habrá que refinar esos estándares. Tenemos como referencia la radiactividad natural, que además presenta variaciones espectaculares de un sitio a otro.

El principio tecnológico fundamental para poder satisfacer este criterio fundamental es la integridad de las barreras de confinamiento de los radionucleidos. Para ello, como antes se mencionaba, hay que evitar temperaturas muy altas, por inadecuada refrigeración de los productos radiactivos, hay que evitar la fusión del núcleo, y evitar mucho más aún accidentes de reactividad con enormes incrementos de potencia, porque eso no hay estructura que lo aguante. Eso destroza el reactor, destroza cualquier tipo de edificio de contención que haya.

En los reactores occidentales entendemos que este punto está resuelto suficientemente; en un reactor tipo Chernóbil no lo estaba ni muchísimo menos, y es sintomático que esos reactores jamás se hubieran exportado fuera de la Unión Soviética. En los demás países de su entorno se instalaban reactores VVER, similares a los reactores PWR occidentales, pero nunca reactores RMBK. Para el futuro, digamos que a largo plazo, comparativamente a lo que estaba previendo Claudio, hay iniciativas como la de la Generación Cuarta, de la cual ha hablado brevemente Eduardo, que se basan en el análisis progresivo de seis reactores que han sido los elegidos, de los cuales posiblemente dentro de unos años se seleccionarán tres. Algunos de estos reactores fueron estudiados en los años setenta y ochenta, si no con la misma tipología, sí con tipología muy parecida. Por ejemplo, aquí se habla de reactores de muy alta temperatura. En esos años teníamos los reactores HTGR, reactores de los cuales hubo dos ejemplos claros, Peach Bottom y Fort Saint Vrain, que hubieron de cerrarse a principios de los ochenta. Tras la oposición antinuclear fortísima promovida por el presidente Carter, no había manera de continuar en Estados Unidos con estas investigaciones. Lo mismo ocurrió en EE UU con los reactores de sodio, como el SFR del Gráfico 15, que pagaron en cierta medida las disposiciones antinucleares del presidente Carter. Entre otras cosas, promovió la iniciativa INFCE, de la cual Carlos Vélez se acordará muy bien, que lanzó en las Naciones Unidas, algo así como una acción contraria al *Atoms for Peace*, de 1953, del presidente Eisenhower.

Los reactores no son el único elemento que nos debe preocupar, sino el ciclo combustible en su totalidad, y particularmente los residuos, y en ese sentido he de decir que la ciencia nuclear, todavía no la tecnología, tiene herramientas para poder reducir la radiotoxicidad de los residuos a largo plazo. Otra cosa es que esto no tenga sentido, porque serían inversiones cuantiosísimas, si no va a haber un despliegue masivo de la energía

Gráfico 15. Próxima generación de reactores nucleares

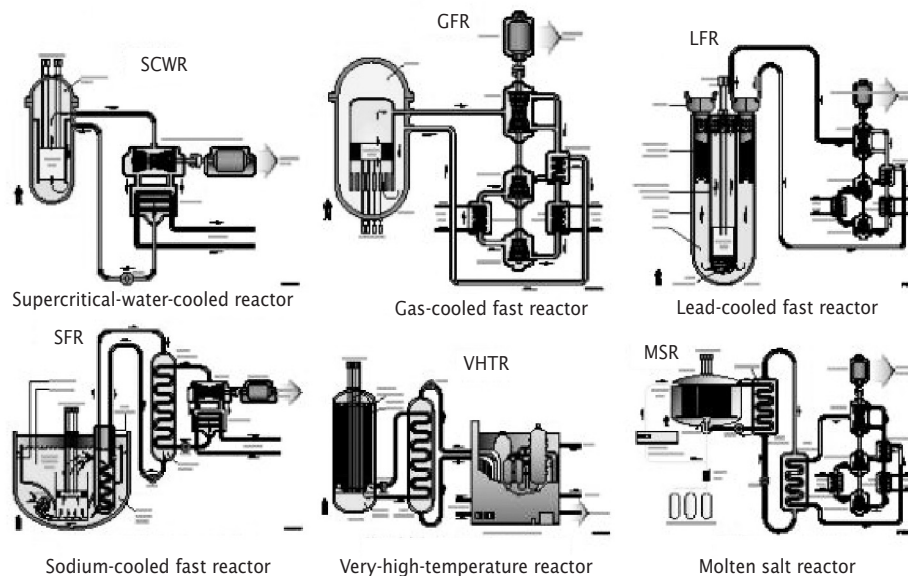
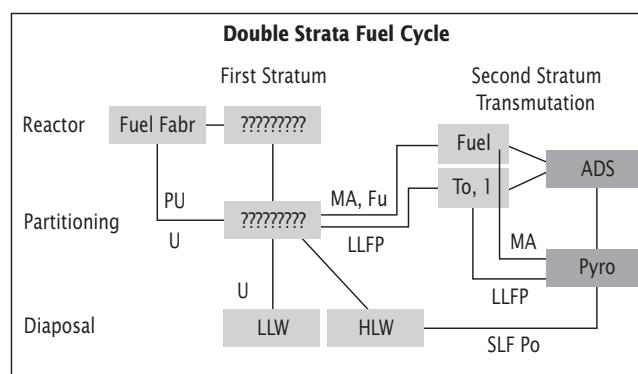
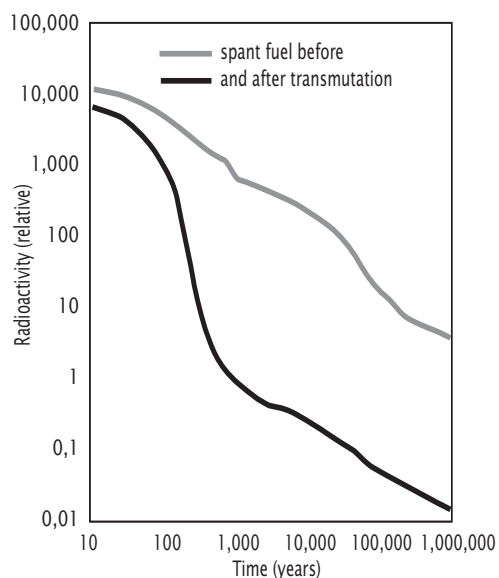


Gráfico 16. Minimización de la radioactividad de los residuos



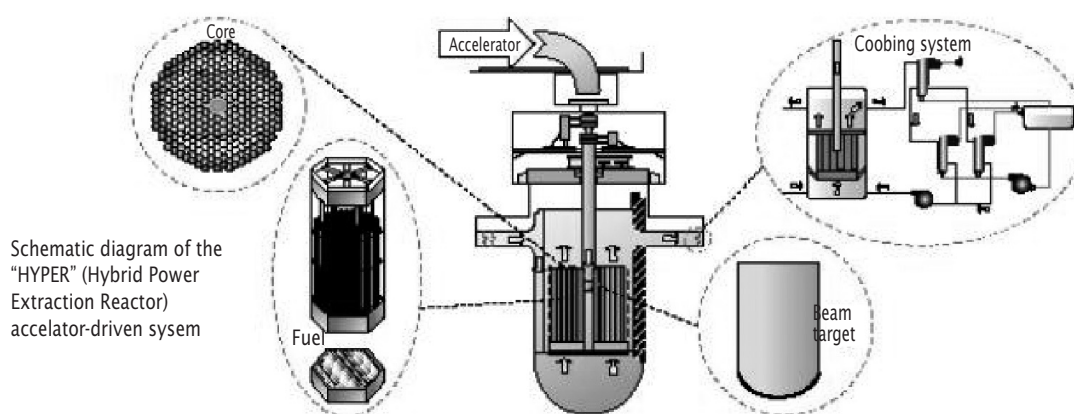
nuclear. Pero está claro, como se ve en el Gráfico 16, tomado de unos cálculos de la Unión Europea, que la transmutación de los transuránidos proporcionaría una reducción drástica del período de peligrosidad de los residuos.

Sería magnífico si pudiéramos eliminar todos los actínidos de los residuos. Llegaríamos a la referencia de radiactividad del uranio natural, a la referencia de las minas de uranio, en 700 años en vez de en más de un millón de años, lo cual significa una variación enorme en la percepción que tenemos del problema de los residuos.

Por supuesto hay países que no quieren creer en esto, porque su clase política, o su sociedad, les ha obligado a resolver el problema de los residuos antes de poder abrir una segunda fase de la energía nuclear. Ha sido el caso, antes señalado por Eduardo, de Finlandia. Finlandia aceptó en el Parlamento iniciar ya la construcción, que se inicia ya, en granito, de su repositorio de alta actividad, al tiempo que se daba luz verde a la quinta unidad nuclear. Por otro lado, en un ambiente social distinto respecto a la energía nuclear, en un par de años estará iniciándose en Suecia un AGP muy parecido, porque tienen, además, una geología similar.

Es curioso que cuando los fineses y suecos discutían con los norteamericanos los parámetros temporales del AGP norteamericano de Yucca Mountain, los fineses fueran un poco críticos con eso, pues decían que con llegar hasta la siguiente glaciación tenían bastante, porque mucho más allá no era posible prever nada en su tierra. Es curiosa la percepción que tienen en Finlandia sobre qué significa el largo plazo. Saben que Finlandia, incluso por razones

Gráfico 17. Posibilidad de reactores híbridos, aunque repugne al *establishment* nuclear



epirogénicas, de movimiento geológico, no va a durar demasiado donde está. De modo que para ellos 30.000 años es algo absolutamente no de largo plazo, sino de ciencia ficción.

Para finalizar la parte correspondiente a la fisión, quisiera ampliar brevemente lo dicho ya sobre reactores híbridos (Gráfico 17), que podrían usarse particularmente para transmutación. A pesar de haber trabajado en este tipo de reactores, y en transmutación de actínidos, soy de los que acepta que por razones de no proliferación, que son las fundamentales en mi escala de valores para poder desplegar la fisión, convendría reciclar todos los transuránidos juntos. Esto sería una variación a las expectativas actuales, que se podría asimilar dentro de la Generación IV, a la cual podrían ayudar algunos, unos pocos, reactores híbridos, para terminar de reducir la radiotoxicidad hasta límites del orden de la referencia natural. Pero indudablemente estamos hablando de investigaciones muy caras, y que requerirían del orden de 30 años o cosa así. No obstante, serían una pieza más para extraer de los minerales de torio y uranio la inmensa riqueza energética que tienen, que bien aprovechada, como se ha dicho al hablar de los cinco criterios de sostenibilidad, serían de gran beneficio para la humanidad.

Y ahora quisiera abordar brevemente la potencialidad de la fusión. Hace unos 10 años la fusión era algo no nuclear, era algo de *plasma physics*. Tenemos aquí al mejor científico de fusión nuclear no sólo de España, sino de Europa, que es Carlos Alejandre, y realmente él podrá decir que hace 10 años en su ámbito esto no era nuclear, pero hoy día sí lo es. Hoy día la fusión se considera como algo esencialmente nuclear porque la decisión de construir el ITER ha cambiado enormemente la percepción. Y de hecho, hoy día hay un debate en Francia que parecía que iba a pasar desapercibido, y es que ya ha empezado una cierta oposición antinuclear contra el ITER. No en el sitio donde se va a localizar, por supuesto, que están encantados de recibir allí el ITER.

La fusión, sin lugar a dudas, es una fuerza todavía más fuerte que la fisión, por unidad de masa. No quisiera entrar aquí en las dificultades intrínsecas de la fusión. No hay tiempo, las resumo en estas notas:

- Activar la colisión núcleo-núcleo a alta velocidad:
 - Aceleradores: poco útil.
 - Fuerza bruta: calentamiento del plasma (a más de 40 millones de °C).
- Confinar el plasma calentado, durante un tiempo suficientemente largo.
- Modos de conseguir el calentamiento + confinamiento:
 - Método gravitatorio: el Sol y las estrellas.
 - Método inercial: implosión de la materia mediante fuerzas externas:
 - A alto nivel: explosivos H.
 - Microscópicamente: ICF.

- Método magnético: atrapamiento de las partículas cargadas mediante:
 - Arrollamiento en líneas de campo.
 - Pozos de mínimo B.

Existe básicamente una línea que en el momento actual está considerada como que puede llevar a reactores de fusión, que es el método de confinamiento magnético, dentro de la cual está la línea de los Tokamaks.

La fusión se basa en la reacción de nucleidos muy ligeros, en vez de nucleidos pesados, y eso tiene una enorme ventaja: no produce productos de fisión y no produce actínidos. De modo que, aunque tiene una problemática de protección radiológica importante, sin embargo, no tiene problemática de seguridad nuclear, en el sentido estricto de la palabra. Repito que tiene una problemática muy fuerte de protección radiológica, pero no de seguridad nuclear.

A los científicos de la fusión magnética les queda pendiente la demostración de ser capaces de dominar totalmente este nuevo reactor. Indudablemente, con los precedentes que hay en JET, en el Tore-Supra, en el TJ2 del CIEMAT, y otras máquinas de laboratorio, está claro que esto se puede hacer. Yo estoy seguro de que el ITER será un éxito, aunque un éxito caro, pues seguramente saldrá por el doble o el triple de lo que se piensa, como ha pasado en el JET, como pasa en el CERN y como pasa en todas las situaciones donde hay un laboratorio de física. Pero, sin embargo, creo que es muy alta su promesa.

Y otra línea que puede ser de promesa, pero tiene connotaciones militares y, por lo tanto, en la Unión Europea se ve con cierta dificultad y en Estados Unidos está medio clasificada, es la línea de confinamiento inercial, en la cual lo que se hace son microexplosiones de cápsulas de deuterio y de tritio. Aunque esta alternativa no se contempla todavía como comercializable, hay que señalar que algunos de los laboratorios norteamericanos, particularmente el Z Pinch de Sandia, están más cerca de la ignición de lo que ha alcanzado el confinamiento magnético antes del ITER. Lo que ocurre es que para los EE UU no es prioritario, ni mucho menos, llegar a desarrollar esta línea como una fuente de energía.

La razón de desarrollar la fusión radica en los siguientes hechos: existe un átomo de deuterio por cada 6.500 átomos de hidrógeno en el agua del mar. Como de cada núcleo de deuterio podremos obtener unos 5 mega-electrones-voltio, el resultado es extraordinario: como en un litro de agua de mar hay 10^{22} átomos de deuterio, su contenido equivale, en números redondos, a 200 litros de petróleo. Teniendo en cuenta que tenemos 1.500 millones de kilómetros cúbicos de agua en la Tierra, eso significa 1.031 julios de contenido energético en el deuterio, sólo en el deuterio. Lo cual corresponde a 32.000 millones de años del total de la energía consumida actualmente por la Humanidad.

No va a durar tanto la Tierra. Debido a la evolución de la nucleosíntesis del Sol no duraremos ni mil millones de años, que ya es cifra larga. Y si se explotara la fusión con un

tope de un 1% de la energía solar llegada a la Tierra, y decimos un 1% porque lógicamente si se excede, podría desequilibrar el balance termofísico terrestre, tendríamos para llegar a ese plazo humanamente infinito.

El deuterio podría proporcionar energía durante más de 500.000 millones de años con la situación actual de nivel energético que tenemos. Se escapan las cifras, son auténticamente de desarrollo sostenible. Pero el desarrollo sostenible tiene un punto crucial y es el mantenimiento del planeta. Creo que es algo que va más allá incluso del desarrollo sostenible. Tenemos que considerar al planeta como una máquina, en gran medida una máquina térmica que tiene unas implicaciones biológicas importantísimas. Es una problemática muy compleja la que hay asociada a todo ello, con extinciones biológicas no del todo explicadas; no ya la de los dinosaurios de hace 60 millones de años, sino la del oso cavernario que había en Altamira con nuestros primeros padres iberos. Cuando se pintó Altamira, el oso cavernario aparecía de vez en cuando y echaba de las cuevas a los pintores trogloditas. En el museo que hay actualmente al lado de las cuevas se ve toda esa convivencia mal llevada entre los colmillos de los osos cavernarios y nuestros padres cromañones. Esa extinción del oso cavernario, precisamente por la aparición de esta última interglaciación, es algo que no se explica, todavía esa extinción biológica no está explicada. Y tiene un fundamento térmico claro, pues fue asociada a esa variación natural y profunda del clima.

Desde luego creemos que la energía nuclear debe jugar un papel importante en este contexto. Tiene una problemática muy especial, particularmente por su difícil comprensión por parte de la sociedad. Yo creo que no sólo va a ser difícil resolver ciertos problemas, como es el del suministro energético, sino que será incluso difícilísimo llegarlos a plantear rigurosamente. Creo que hay una dificultad de entendimiento ciencia-política-sociedad que hay que superar, porque, si no, nos vamos a estancar. Decía Borrell en su intervención a la que he aludido (que era sobre la Unión Europea) que Europa tiene esos dos problemas, y que curiosamente él no veía que para ninguno de los dos problemas, ni el demográfico-migratorio ni el de energía, Europa tuviera una receta. Se podía hacer el diagnóstico, pero no estaba clara la terapéutica. Yo esta última sí me atrevo a verla, por lo que corresponde a la energía: la investigación científica.

Carlos Vélez

“ Muchísimas gracias por esta visión rápida, pero muy muy interesante sobre lo que nos puede deparar el futuro. Sí, ya empezamos con una hora de retraso la parte de discusión. Yo creo que más vale que la empecemos antes de pasar a la comida, donde podremos seguir discutiendo.

Juan Antonio Rubio

“ Yo quería dar algunos datos adicionales, que pueden ser complementarios a los que las personas que han expuesto han dado. Quería complementar un poquito lo que mi amigo Chema ha explicado y dar un poco mi visión concreta de lo que puede

ser la energía nuclear, vista naturalmente desde el punto de vista de un científico, que de todas formas tiene un interés fundamental en promover que lo que la ciencia desarrolla sea útil. Como panorama energético para completar lo que se ha dicho, querría decir que el consumo es enorme, está disparatado. Y todo esto tiene su traducción, naturalmente, en el ahorro energético. En estos momentos, la potencia por persona en el planeta es de 2,3 kilovatios. El consumo energético diario es de 0,2 gigajulios por persona y día, que equivale aproximadamente a seis kilos de carbón por persona y día. Pero ese es el promedio, porque resulta que los países desarrollados y los países en vías de desarrollo tienen una situación muy diferente. Los países desarrollados consumen aproximadamente seis veces más del promedio, de manera que estamos consumiendo del orden de 30 kilos, treinta y pico kilos de carbón por persona y día, en los países desarrollados. Por cierto, que esos desequilibrios entre países desarrollados y países en desarrollo fundamentalmente tienen un origen energético, o en parte energético, y están dando lugar, sin duda, a desequilibrios sociales y políticos tremendos.

En este contexto ¿cuál es la situación energética actual? El 80% del consumo se basa en los combustibles fósiles, y el 7% de la energía primaria es energía nuclear, es decir, que prácticamente el 90% del consumo energético está basado en dos fuentes de energía que tienen rechazo social ambas. Las energías fósiles tienen rechazo social porque, y últimamente lo hemos visto, o lo estamos sintiendo más, tienen emisiones gaseosas, en particular CO₂, que pueden tener o dar lugar a cambios dramáticos en el clima del planeta. Efectivamente, si hubiese, que parece que la hay, una correlación entre el aumento de temperatura del planeta y las emisiones de combustibles fósiles que son del orden del 1% de todo el inventario de CO₂ que hay en la atmósfera, que es actualmente de 2.750 gigatoneladas, el aumento de temperatura del planeta en este siglo debido al consumo actual de combustibles fósiles podría ser del orden de cuatro grados. Ciudades como Venecia desaparecerían. De manera que ése es un problema que tiene ya un rechazo social. La energía nuclear ¿por qué tiene rechazo social? A mi modo de ver, está claro que es por la seguridad, y más aún, por la gestión de los residuos radiactivos. Nadie quiere, creo, convivir con un almacenamiento de residuos radiactivos, que pueden durar cientos de miles de años. Este es mi punto de vista.

En este contexto, ¿cuáles son las fuentes masivas de energía? Vengo a la nuclear. Para darles unos datos, la superficie cultivada del planeta actualmente son 10 millones de kilómetros cuadrados. Si quisiéramos producir los 10 teravatios de potencia que ahora necesitamos, que quizá devenga en 40 dentro de 50 años si los países en vías de desarrollo se desarrollan, si quisiéramos producir eso con biomasa necesitaríamos 20 millones de kilómetros cuadrados, el doble que la superficie cultivada. Quiero decir que la biomasa puede tener una aportación al consumo, pero nunca ser masiva, al menos por ahora. Si quisiéramos producir esa energía y alcanzar esa potencia con energía eólica necesitaríamos aproximadamente la misma superficie, 10 millones de kilómetros cuadrados, en lugares favorecidos. Quiere esto decir que la energía eólica tiene su ingrediente en la dieta energética, pero tampoco será máximo. Si queremos tener una contribución o producir los 10 teravatios con energía solar, necesitaríamos un millón de kilómetros cuadrados, porque la densidad energética que viene del Sol llega a aproximadamente un kilovatio por metro cuadrado, muy dispersa, y hay que concentrarla, pero ya eso supone, para todo el planeta, la superficie de Francia y España conjuntamente. Si se quiere hacer con energía nuclear,

bastaría con 100.000 o 200.000 kilómetros cuadrados. No mucho menos, si contamos las dimensiones de cada planta nuclear. De manera que, a mi modo de ver, las fuentes masivas de energía, masivas, quiero decir, que pueden atender el consumo de forma sostenible mucho tiempo son, y empiezo por una que no he mencionado, el carbón, y que los *speakers* anteriores han mencionado, porque carbón sí que hay para 250-300 años, y quizá más.

Hablar de las reservas es hablar de algo que tiene un horizonte no muy preciso, porque cada vez hay más reservas. Claro, las reservas salen cada vez más caras. Una fuente energética deja de ser fuente cuando el coste de su extracción, más o menos, es lo que uno consigue de dinero con esa reserva energética. Pero bueno, ahí las reservas energéticas están limitadas; en el carbón no, por tanto es una fuente masiva, hay para 250-300 años, pero sí que están en el gas, en el petróleo (50-60 años, quizá más) y 60 en la nuclear. Si se utiliza el combustible nuclear tal cual, estamos solamente quemando el 0,5% del uranio. Sólo el 0,5% del uranio. Estamos desechando 200 veces lo que estamos utilizando. De manera que darían, con el inventario de uranio actual, los recursos para 50 ó 60 años como ha dicho el doctor Vélez. De manera que la nuclear de fisión (hablaré de fusión también, la fusión a cierto plazo, no sabemos si 30, 40 ó 50 años) es claramente una fuente masiva de energía. Está en un momento clave de su desarrollo, pero dentro de 30, 40 ó 50 años será una fuente masiva de energía. No sin la polémica social que puede originar también, pero quizá menor que en la energía nuclear de fisión.

Casi todo el mundo tiende a creer que estamos en un renacimiento de la fisión nuclear cuando hace poco estábamos en su ocaso. A mí me da la impresión de que estamos en un período transitorio. Está el mundo pendiente de lo que se puede hacer con la fisión, porque más o menos, el número de reactores que se van construyendo o se piensan construir compensa el número de reactores que se van cerrando. En estos momentos hay 460 reactores de fisión, aproximadamente, en el mundo, con 350 gigavatios eléctricos de potencia. Yo creo que estamos en un periodo transitorio hasta que, científicamente, se consigan cuatro condiciones de la fisión nuclear. Desde luego, en este tiempo, la energía que proporciona la fisión nuclear es una energía que tiene unas condiciones de coste suficientemente competitivas como para que valga la pena quizá hacer el máximo esfuerzo, de forma que la vida media de las centrales nucleares pueda ser mayor, y sigan aportando lo que aportan en algunos países al consumo energético. Eso requerirá cierta investigación... ¿Qué cuatro condiciones necesita la energía nuclear para tener un renacimiento masivo y a largo plazo? Primero, la sostenibilidad. Y la pongo la primera por ponerla de alguna manera, pero la sostenibilidad implica... neutrinos rápidos. Y no hay otra solución. De manera que hay que cambiarlo. No hay otra opción. Ésa es la primera. De ahí que a cierto plazo, si se quiere que la energía nuclear sea sostenible, inevitablemente hay que cambiar el concepto de reactor. Los cálculos de lo que va a costar un kilovatio/hora en Francia no van a diferir tanto de lo que costará en Estados Unidos, porque es un nuevo concepto.

El segundo punto es la seguridad. Si queremos que sea masiva la energía nuclear, ahora hay 400 centrales, aproximadamente, son 466. Bien, en estos momentos es el 7% del consumo de energía primaria. Si pensamos en que la contribución de energía nuclear sea masiva, vamos a pensar en un 20%. Debería, por tanto, haber ahora para una aportación masiva de energía nuclear aproximadamente 1.500 reactores. Si resulta que tenemos en cuenta que el consumo energético puede crecer en 40 años del orden de un factor 4, 3,

me da igual, estaríamos en 5.000 reactores o 6.000, funcionando a 100 años, son 500.000 años de funcionamiento de un reactor. Si la probabilidad de accidente es un 1 por millón, casi seguro que tenemos uno, lo cual quiere decir que eso es inadmisibile. En consecuencia, la seguridad hay que mejorarla. Pero la seguridad hay que mejorarla, y Chema lo ha apuntado, no sólo por la mejora por redundancia probabilística de la seguridad, sino buscando una seguridad intrínseca, que se base no ya en esa mejora redundante probabilística, sino en procesos físicos que no fallan. Por ejemplo, uno puede utilizar para la refrigeración bombas, bombas de extracción de calor. Puede utilizar redundantemente una detrás de otra, con lo cual disminuye la posibilidad de accidente porque tenemos una, otra, otra y otra, y disminuye constantemente. Siempre que sea esto económicamente competitivo. Lo que no falla nunca es la convección natural, porque eso es una ley física. De manera que el día en que podamos construir instalaciones nucleares cuya refrigeración se haga con convección natural, no tendremos posibilidad de accidente por refrigeración.

Lo mismo pasa con el tipo de reactores, depende de lo que se quiera invertir. Podemos utilizar reactores críticos. Los reactores críticos tienen, para mantener la criticidad, el juego posible de los neutrones diferidos, que son, dependiendo de qué combustible se utiliza, o bien 0,6%, o bien 0,2% si es plutonio. Y en ese caso, tenemos que jugar en la criticidad y puede haber un accidente de criticidad. Si se utilizan conjuntos subcríticos vale más caro. La posibilidad de accidente es muchísimo más baja, y en algún caso, y dependiendo de qué criticidad se utilice, puede ser intrínsecamente seguro. De manera que hay sitios de la seguridad en los que se puede jugar. Luego hay que ver cómo se traduce eso en el coste del kilovatio/hora, que eso es otra cuestión, pero la posibilidad de la seguridad existe para mejorarla, y a mí me parece que eso no es muy costoso. Probablemente en la utilización de conjuntos subcríticos inicialmente será bastante más costoso. A largo plazo no tanto.

Luego, punto a mi modo de ver fundamental: los residuos radiactivos. Hay ahora 250.000 toneladas de residuos radiactivos, 300.000 toneladas de combustible irradiado. Bueno, almacenar 300.000... a España le corresponde un 2%, más o menos, de esto. Almacenar 300.000 toneladas de combustible irradiado tiene problemas, y muchos problemas, por lo menos desde el punto de vista de percepción pública. Sin embargo, lo que sí podríamos hacer, y se sabe hacer, aunque tecnológicamente habría que mejorarlo, es destruir una gran parte de ellos. Por ejemplo, de esas 300.000 toneladas de combustible irradiado, residuos son poco más de un 1%, de manera que serían 3.000 toneladas de residuos de verdad en todo el mundo. De esas 3.000 toneladas, si elimináramos el 99% que ahora diré si es posible, nos quedaríamos con un 1% de ellos, que serían 30 toneladas. 30 toneladas a densidad 10 resulta que se convertirían aproximadamente en 3.000 kilos, 3.000 litros. 3.000 litros a almacenar, en España el 2%, serían 60 litros de residuos. 60 litros de residuos puede que la población lo aceptara en un almacenamiento profundo. Estoy haciendo un argumento muy simple, porque no es tan fácil tampoco almacenar los 60 litros, pero son cantidades que sí que pueden sonar. Bueno, pues hay metodologías, que están ahora en marcha y están dentro de los programas. Lo ha explicado Chema, para la eliminación de residuos por encima del 99%. Se puede quizá alcanzar el 99,5 e incluso el 99,9%. Claro, esas tecnologías significan también el que su puesta en práctica y su desarrollo no tengan impacto en la posible proliferación, porque eso indica, inevitablemente, el reprocesado del combustible. Pero ¿qué es lo que ha pasado hasta la fecha? Lo que ha pasado hasta la

fecha es que las grandes potencias han ido al reprocesado del combustible porque lo que querían no era destruir el residuo, sino utilizar el plutonio riquísimo para hacer bombas. Y todo el reprocesado que han utilizado es esencialmente un reprocesado analítico que les permitía tener plutonio muy purito para hacer sus bombas. Pero existen sistemas de reprocesado que son capaces, como ha dicho Chema, de tomar todos los actínidos juntos, de tal forma que hacer una bomba es imposible. Y esto lo sabe muy bien el doctor Riler. De manera que los residuos radiactivos son eliminables. No en su totalidad, habrá necesidad de un almacenamiento geológico, pero puede que pequeño, y son eliminables haciendo una separación de residuos que no sea proliferante. Por lo tanto, hay solución para estos problemas. Hay que hacer un esfuerzo de investigación y desarrollo en ellos para que la energía nuclear sea competitiva. El coste que eso va a conllevar, no lo sé, habrá que hacer una estimación de costes, pero es factible. Ahora, teniendo en cuenta, fíjense, en 50 años, 60, al ritmo actual, y con mayor aumento del consumo, hemos consumido todo el combustible fósil del planeta. Dentro de 200 años las generaciones futuras nos van a ver a tres generaciones como unos locos que han acabado con lo que el planeta ha generado como riqueza durante centenares de miles de años. Es una cosa terrible.

Paso rápidamente a programas europeos. Hay programas europeos de seguridad, como el Febus, Cabri, Artis, Halden, tengo todos aquí. Estamos en ellos en España. En gestión de residuos hay programas europeos como el Aspo, Europar, Eurotrans, estamos en ellos. Y hay todo un programa para la eliminación de residuos y otro programa para incrementar la seguridad con enorme importancia. Lo mismo hay para combustibles que puedan permitir la eliminación de residuos. Y luego sostenibilidad, hay como conceptos básicos de posibles reactores sostenibles, aquellos que se refrigeran por sodio, por gas, por plomo, y se están intentando todos ellos. De manera que a cierto plazo sí que entiendo que la fisión estará en condiciones de ser aceptable. Kioto me parece un aperitivo, y sólo un aperitivo. Si se confirma lo que está pasando en el medio ambiente, la penalidad de Kioto se va a multiplicar por un factor considerable. Pero considerable.

Bueno, lo que quería decir es que en España estamos en todos estos programas, y naturalmente estamos haciendo el máximo esfuerzo, porque creemos que en el futuro la generación energética será muy diversificada y habrá que utilizar todas las fuentes de energía.

Carmen Martínez Ten

Yo quería decir que estamos haciendo un debate a largo plazo, sobre construcción de nuevas plantas, pero que previamente hay una decisión que tomar respecto al alargamiento de la vida de las plantas existentes. En mi opinión, habría que alargar la vida de nuestras centrales, porque no nos va a quedar otra solución, y creo que la discusión sobre construcción de nuevos reactores en el futuro se podrá plantear con más calma. El alargamiento de vida de nuestras plantas es, en mi opinión y visto el contexto, una decisión sensata. La cuestión es que para lograrlo hay que saber a qué nos enfrentamos y cuáles son los obstáculos para tomar esta decisión. Alargar la vida de las plantas es una estrategia racional para seguir teniendo fuentes diversificadas y, sobre todo, para aminorar los riesgos del suministro exterior. Pero debemos ser conscientes de que la opinión pública es com-

Tabla 1. Opiniones acerca de la energía nuclear

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
EU25	12%	50%	8%	15%	5%	1%	10%
Sex							
Male	13%	48%	8%	15%	6%	1%	9%
Female	11%	52%	7%	14%	4%	0%	10%
Age							
15-24	13%	50%	7%	12%	4%	0%	14%
25-39	12%	53%	8%	13%	5%	1%	8%
40-54	12%	53%	8%	15%	5%	0%	7%
55 +	13%	46%	7%	17%	6%	1%	10%
Education (End of)							
15	10%	44%	7%	20%	5%	0%	13%
16-19	12%	52%	8%	15%	4%	0%	9%
20 +	14%	54%	7%	11%	7%	1%	5%
Still Studying	12%	52%	8%	9%	4%	1%	14%
Household composition							
1	13%	49%	7%	16%	4%	0%	10%
2	12%	51%	8%	14%	6%	1%	8%
3	12%	50%	8%	15%	4%	0%	10%
4 +	12%	51%	7%	14%	5%	1%	10%
Left-Right scale							
(1-4) Left	11%	55%	7%	14%	6%	1%	6%
(5-6) Centre	12%	54%	7%	15%	5%	1%	8%
(7-10) Right	16%	47%	8%	17%	5%	1%	7%
Respondent occupation scale							
Self-employed	13%	49%	9%	14%	6%	1%	8%
Managers	13%	54%	8%	10%	8%	1%	4%
Other white collars	10%	58%	7%	11%	5%	0%	8%
Manual workers	12%	50%	8%	17%	5%	0%	9%
House persons	13%	45%	5%	17%	5%	1%	15%
Unemployed	12%	52%	10%	18%	2%	1%	6%
Retired	13%	47%	8%	17%	5%	0%	11%
Students	12%	52%	8%	9%	4%	1%	14%
Subjective urbanisation							
Rural village	13%	51%	8%	13%	4%	0%	10%
Small/mid size town	12%	50%	7%	16%	5%	1%	10%
Large town	12%	51%	8%	15%	6%	1%	8%

⁽¹⁾ As I do not intend to change my energy consumption habits, I would be prepared to pay more.

⁽²⁾ As I intend to reduce my energy consumption, I would not be prepared to pay more.

⁽³⁾ None of these (SPONTANEOUS).

⁽⁴⁾ I do not intend to change my energy consumption habits and I would not be prepared to pay more (SPONTANEOUS).

⁽⁵⁾ I intend to reduce my energy consumption and I would be prepared to pay more (SPONTANEOUS).

⁽⁶⁾ Other (SPONTANEOUS).

⁽⁷⁾ Don't know.

pletamente contraria a la energía nuclear. En este sentido yo no soy tan optimista como Eduardo González. En la encuesta del Eurobarómetro (Tabla 1) que se ha publicado la semana pasada sobre actitudes ante la energía, podemos observar cómo es el individuo tipo que está a favor de la energía nuclear y el que está en contra.

Según esta encuesta, el individuo tipo que defiende la energía nuclear es el siguiente: hombre, mayor de 55 años, con educación superior, universitario, de derechas y residente en una gran ciudad. La persona a la que no le gusta la energía nuclear es mujer, joven, no tiene un gran nivel de cualificación (por ejemplo, las amas de casa son las más detractoras) y mayoritariamente progresista. A la izquierda no le gusta la energía nuclear. Éstos son los datos. Y a esto nos tenemos que enfrentar y tenerlo en cuenta.

Según el Gráfico 18, en la Unión Europea hay una media de un 12% de ciudadanos que están a favor del uso de la energía nuclear. En el Gráfico 19 podemos ver las cifras por países.

Por países, los más favorables a la energía nuclear son los nórdicos, y el más contrario España. España tiene un 4% de personas que afirman que hay que usar la energía nuclear. Nos mostramos absolutamente a favor de la energía solar y apoyamos en gran parte la eólica. También hay un porcentaje importante de indecisos o de personas que manifiesta que no tiene opinión (Gráfico 20).

Gráfico 18. El ciudadano de la UE ante las energías

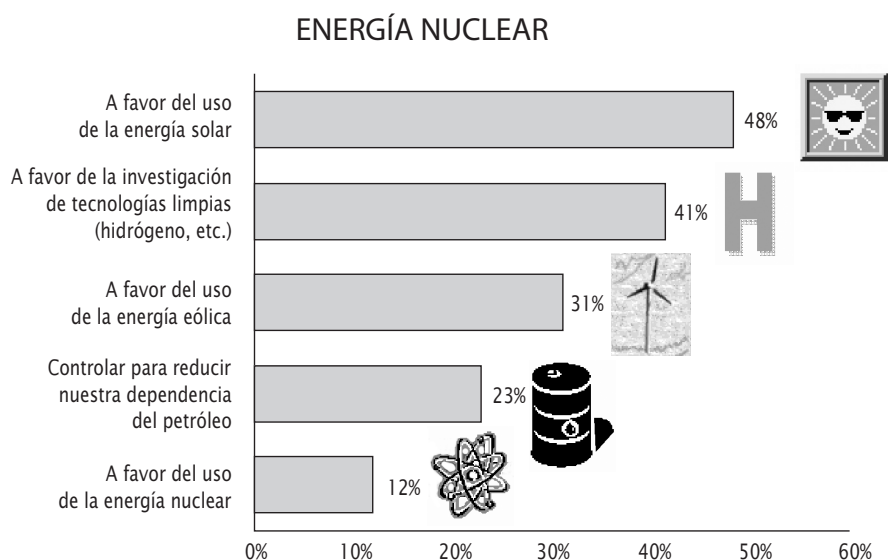


Gráfico 19. La opinión sobre la energía nuclear por países

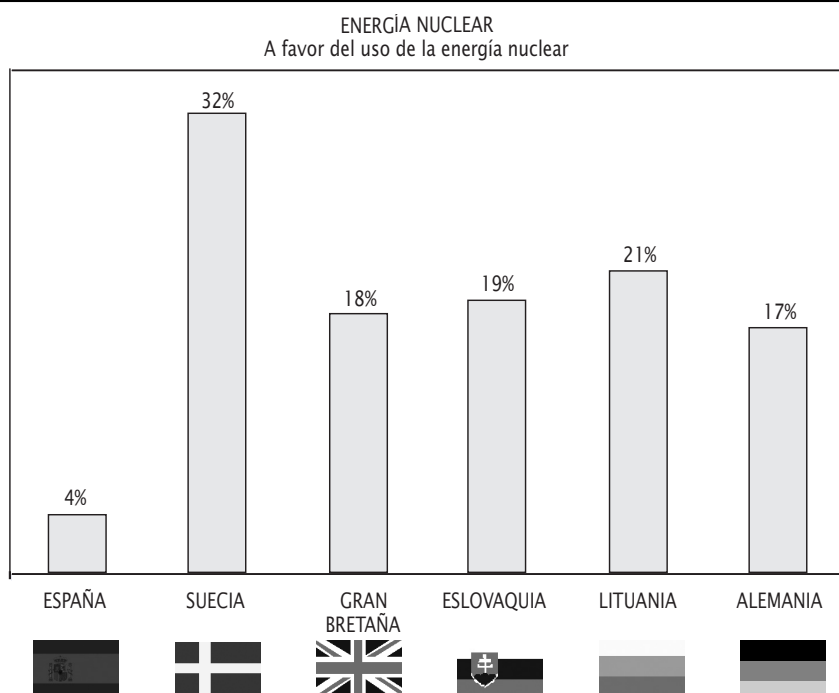
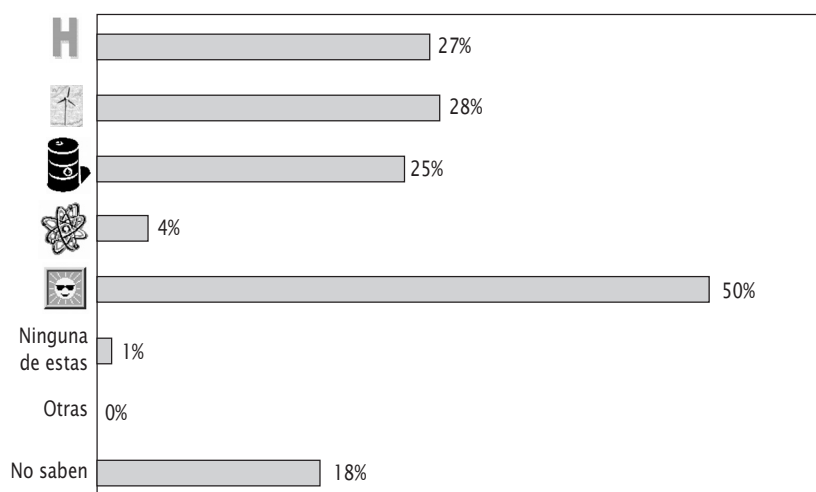


Gráfico 20. La situación de España



En Suecia hay un 32% de ciudadanos defensores de la energía nuclear. Suecia está por encima de la media europea. También están muy a favor de la energía eólica y solar.

En Alemania un 17% de la población está a favor de la energía nuclear, y un 52% a favor del hidrógeno e investigación en nuevas tecnologías. Hay una mayoría defensora de la solar.

Inglaterra tiene un 18% de la población a favor de la energía nuclear. Al igual que la mayoría de los países que estamos viendo, defiende la energía solar y eólica.

En España los ciudadanos muestran una amplia preferencia por la energía solar, aunque menos que en Suecia.

Otros países de la Unión Europea que superan la media comunitaria son Eslovaquia y Lituania. Sin embargo, España es el país de la Unión que menos a favor se muestra de la energía nuclear. Evidentemente es una encuesta que debe tomarse en su contexto. Hay muchos encuestados que no saben/no contestan, un 18% según el Gráfico 20. Sin embargo, son datos que hay que tener en cuenta. No hay que desacreditar las encuestas, porque no nos gusten los resultados.

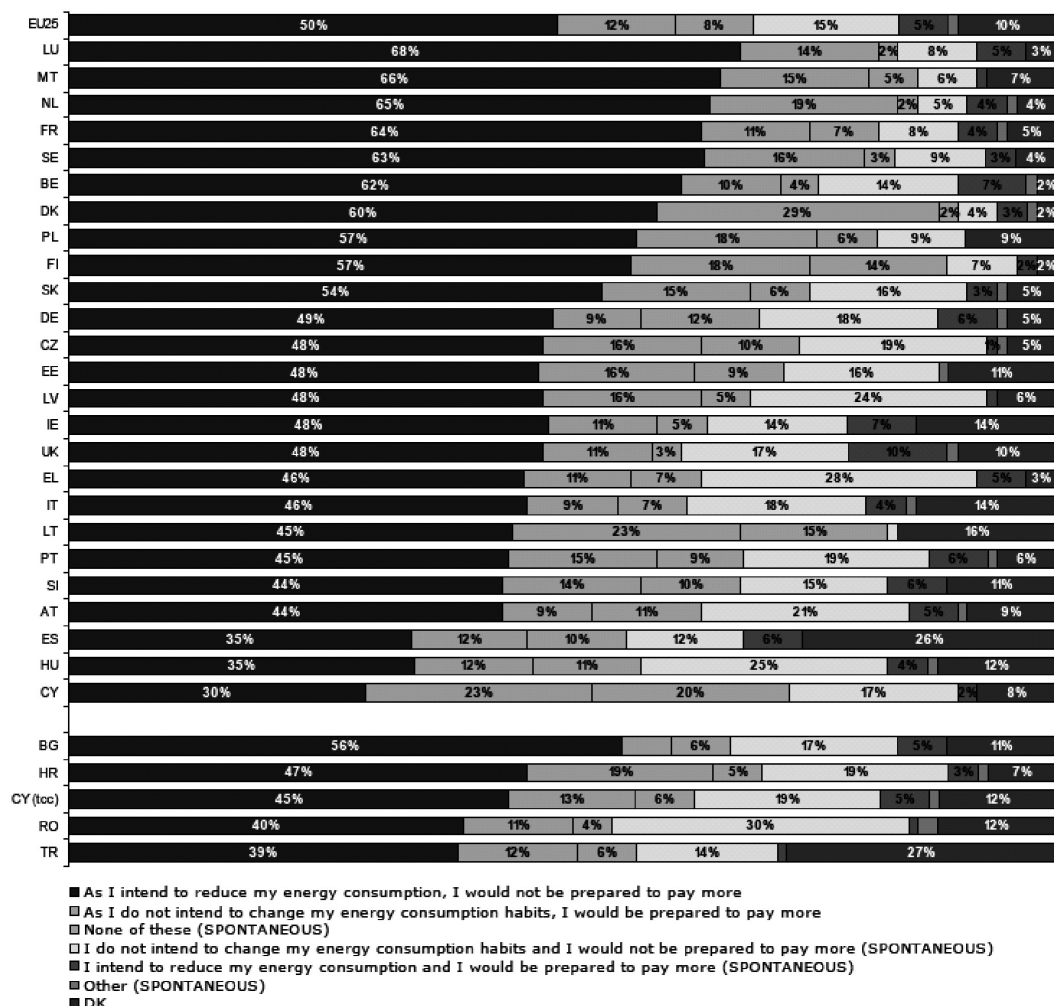
El Gráfico 21 muestra las respuestas a la pregunta: “¿Usted pagaría más por tener más energía renovable? ¿Usted pagaría más por no depender tanto del petróleo? ¿Usted pagaría más por no tener tanta inseguridad en el suministro?”.

El Gráfico muestra que la mayoría de la población no pagaría más por tener energías renovables. Algunos pagarían entre un 6% y un 10% más, y otros pagarían un 25% más, pero la mayoría no estarían dispuestos a gastar más dinero en energía. En fin, creo que para tomar las decisiones correctas hay que tener en cuenta estos datos.

Otro tema que quería mencionar está en relación con la magnífica intervención de Claudio Aranzadi. Claudio no ha incluido en los costes el blindaje del ciclo del combustible. Resulta que enriquecer uranio, y aquí hay personas que saben mucho más que yo sobre esto, es relativamente fácil. En pocas palabras: se hace por centrifugación, por decantación. ¿Cuánto necesitamos enriquecer el uranio? La respuesta es que para las centrales nucleares civiles, muy poco. Para investigación un 18%, y para *bomb weapons*, un 90%. Tecnológicamente, más que un problema de complejidad, se trata de un problema cuantitativo. Irán quiere enriquecer uranio y puede hacerlo. El ciclo de combustible para usos civiles no está blindado. Irán dice que quiere enriquecer uranio para sus plantas nucleares, pero la comunidad internacional teme que quiera enriquecer uranio para usarlo en armamento militar. ¿Cuál es la alternativa? Probablemente conseguir que Irán y otros países formen parte de los organismos internacionales, de los mecanismos que aseguran el cumplimiento de las reglas del juego. Por lo tanto, hay que hablar de esto. ¿Cuál es la alternativa? Consorciar. Que estos países formen parte de alianzas comerciales, de intercambios civiles. Pero la falta de blindaje del ciclo de combustible es un problema, y blindarlo cuesta dinero. Hacen falta inspectores, medios técnicos, programas de seguridad física que aseguren los materiales nucleares frente a problemas que en estos tiempos están muy presentes. Éstos también son costos reales que hay que tener en cuenta.

Gráfico 21. Los españoles ante una toma de decisión

QA66b. As you may know, we are now facing new energy challenges (like high energy prices, international obligations to reduce CO₂ emissions) that could imply efforts from citizens. With which of the following propositions do you agree the most?



Al Baradei, el Presidente del OIEA ha convocado a los expertos en combustible y va a hacer un informe dentro de un mes respecto a la situación en Irán, pero la conclusión será que ya se han dado ultimatus y no se vislumbra la solución. La cuestión es muy complicada.

Por último quería hacer alguna mención a Europa. Creo, sinceramente, que Europa necesita la energía nuclear, y que tiene que tener una estrategia energética. Francia ha ido al último Ecofin con un documento muy claro a favor de la energía nuclear. Hay dos Directivas paralizadas: una sobre seguridad y otra sobre residuos, pero se pueden volver

a colocar encima de la mesa, porque para nosotros las Directivas europeas pueden ser de gran ayuda, en ésta como en otras áreas.

Juan Antonio Rubio

“ Una pequeña precisión, que es importante. La proliferación no sólo depende de las instalaciones nucleares que se tengan. Si uno tiene un buen acelerador y un buen pedazo de uranio, produce un plutonio de primera calidad. De primerísima calidad, y con lo que se puede hacer una bomba. De manera que, inevitablemente, el control de la proliferación habrá de hacerse no sólo en función de lo que pueda pasar en relación con las centrales nucleares, sino también de otra instrumentación, como la de aceleradores, con la cual se pueden producir bombitas de primera calidad. Naturalmente, hay que reaccionar de forma sensata para poder tener un control sensato de estas cosas.

Juan Manuel Kindelán

“ Creo que en cualquier país del mundo no hubiese encontrado más calidad en lo que ha dicho cada uno. Dicho esto, hay que hacer cuatro breves apostillas.

En primer lugar, creo que hay que subrayar algo trascendental que yace bajo lo expresado aquí, que es la gran paradoja energética. Es decir, es necesario invertir a largo plazo y los inversores no están dispuestos a mojarse, no saben de qué va el largo plazo, y se han metido en el ciclo combinado, que es un disparate objetivamente a medio plazo, pero era lo que a corto plazo tranquilizaba más al inversor. En todo lo que se refiere a inversiones a largo plazo no se encontrará quien corra el riesgo, ni en España ni fuera, salvo los Estados. Los quince famosos reactores me parecen una utopía, ¿quién va a invertir y cómo? Primera apostilla importante.

En segundo lugar, todo lo que ha hablado Claudio de los costes, se trata de una perspectiva caótica. Todo lo que ha contado Claudio refleja una situación aberrante, no se sabe en absoluto lo que va a costar el kWh futuro. Se manejan márgenes extremadamente amplios, y variables. Hay verdad en los costes franceses, porque han hecho lo que no ha hecho ninguno, que es la estandarización de las centrales nucleares. Es evidente que en una central nuclear igual a la otra, hecha sistemáticamente, programada, no hay que ser un ingeniero muy competente para comprender hasta qué punto se pueden ahorrar costes. Y esto me parece esencial, porque es justamente lo contrario de lo que hicimos en España y lo contrario de lo que han hecho en Estados Unidos. Y así nos fue al principio a nosotros, y así les fue a los Estados Unidos. Me parece importante, por tanto, en este tema, que todo lo que se ha hablado de tecnología es esencial, lo ha dicho Martínez Val. Es decir, el Gobierno todavía tiene que hacer un esfuerzo más grande en dinero para tecnología.

Es esencial darse cuenta de que el futuro nuclear es incierto pero necesario, a mi juicio, y hay que incentivar a nuestras autoridades públicas para que sepan hasta qué punto hace falta invertir fuertemente en tecnología. Cualquier dólar o euro que se

invierta en tecnología será siempre rentable, contra lo que creen muchos políticos. Y, finalmente, el problema está en la opinión pública. No nos hagamos ilusiones. Lo acaba de decir Carmen. Es decir, el problema es un problema gravísimo y de difícil solución. Yo tengo una gran admiración por mi primer ministro y jefe político mío, pero ha cometido un error tremendo cuando hizo aquella reunión con los ecologistas diciendo que había que cerrar las centrales, porque no lo cumple, ni lo cumplirá, y esto es grave para los políticos. Es decir, hay cosas en las que los partidos prefieren no comprometerse. Esto es un problema grave, porque efectivamente en el caso de la política española es muy difícil convencer a los políticos que se mojen en algo que a corto plazo provoca horror en el electorado, yo no lo haría, claro. Por tanto, yo no puedo recomendar que hagan lo que yo no haría. Pero sí tenemos que ser conscientes del grave *gap* que hay ahí. Es el problema más grave que tenemos por delante, por encima de todos los demás. Es decir, ¿cómo se va transmitiendo a la opinión pública esto? Se puede decir que nos gustan las energías alternativas, la solar, etc..., pero lo malo es que no existen, por ahora. Si es que no existe el Sol aquí hay que fomentar la energía solar, hay que fomentar las energías alternativas, pero seamos realistas, los que entendemos del problema sabemos que eso no soluciona el problema. No es nada más que un parche, una parte del problema.

José Angel Azuara

Las intervenciones me han abierto mucho los ojos y me han permitido plantear el tema no en dos etapas, sino en tres: un poco lo que es el momento presente, otro lo que podría ser el futuro, pero también una especie de brecha que se abre entre decisiones que tenemos que tomar a un plazo intermedio. Carmen Martínez Ten decía muy claramente que parece que no hay duda que es sensato (y Claudio lo decía) que tratar de gestionar bien nuestros activos nucleares es obligado, puesto que la verdad es que es la opción más competitiva y más razonable frente a cualquier otra. Luego esa decisión aparece como muy nítida. Aparecía también otra, y es que las tecnologías nucleares actuales de fisión no son sostenibles a largo plazo, y eso es algo que tenemos que tener también claro. A largo plazo, por razones de recurso, ya se ha dicho claramente cuál es la utilización del recurso, por razones de seguridad y por razones de residuos. Entonces, aquí hablamos de tecnología y hablamos de gran investigación, generación IV, pero eso es una pirueta que nos lleva al 2050. Pero ahora, como planificadores y gestores, tenemos que tomar decisiones hoy para dentro de 10 años, y aquí ya la cosa no está tan clara, porque lo que vamos a manejar son soluciones tecnológicas evolucionadas donde todas las incertidumbres y los inconvenientes vuelven a estar metidos en el mismo jarrito y hay que agitarlos. Entonces, para hablar de problemas, el problema no es hablar de mantener el parque nuclear en España. Me parece que casi está fuera de toda duda. Luego estará en cómo se arropa o cómo no se arropa, cómo se gestiona o qué dificultades tiene. Yo creo que las intervenciones de Martínez-Val y de Juan Antonio Rubio nos llevan claramente a otro tipo de reactores, pero es que los que sabemos cómo evoluciona la tecnología gradualmente, el de generación IV no es el reactor subcrítico que plantea Juan Antonio Rubio, ni los rápidos... En fin, están más allá. Y, por tanto, se abre un *gap*. Y entonces un planificador o un gestor político que tenga que dar una solución energética al año 2020, dando por descontado que mantiene el parque nuclear actual, sabe que no va a poder contar con estas tecnologías tan estupendas, y ahí es donde se genera el problema y

donde las tecnologías deben ponerse en relación con las centrales de carbón supercríticas y con otras soluciones.

España no puede estar fuera de los programas de investigación, pero nos queda ahí un *gap* en medio que es donde deberíamos ahondar bastante más.

Juan Antonio Rubio

“ Sí, sólo una cosa muy pequeña, en relación con el año 2020. Una energía en la que tengo esperanza, Juan Manuel, es el Sol. La energía solar permite la concentración. Y ahora hay concentradores de energía solar, tanto de espejos parabólicos como concentradores de helióstatos. En torre. El CIEMAT tiene la gran ventaja de tener una magnífica instalación al respecto. Hoy por hoy el coste del kilovatio/hora solar, etc., utilizando fluidos, etc., turbinas, el kilovatio/hora solar es aproximadamente 2,5 veces el coste real del kilovatio/hora. Ahora, ni se han optimizado espejos, ni se han optimizado fluidos, ni se han optimizado los tubos, ni se ha optimizado la parte convencional, ni tampoco se ha producido de serie. Tengo la esperanza que para 5 ó 10 años, más bien 10 que 5, la energía solar esté en torno a costes no lejanos a ser competitiva. La de concentración, y fundamentalmente la de espejos parabólicos, necesita algo más, que es el almacenamiento energético, pero en eso estamos. Porque no basta con dar o producir energía, habrá también que generarla durante la noche.

Mercedes Pardo

“ No me quiero extender debido a la hora, así que me gustaría después intervenir un poquito más sobre la cuestión de la opinión pública. En ese sentido quería decir ahora que, dejando para luego ese análisis, recordemos que si un problema se percibe como problema es un problema, aunque se considere que no es racional y todos los calificativos que se quieran adjudicar. También quería puntualizar que aquí se está mencionando el tema de las encuestas de opinión en muchas de las intervenciones, pero en cambio no se ha programado ninguna ponencia dirigida específicamente al tema de la opinión pública. Realmente ninguna ponencia como tal ha abordado este asunto en profundidad, pero parece ser, por lo que hemos venido hablando, que preocupa, porque ha salido en casi todas las intervenciones. Y en ese sentido, nos hemos centrado mucho en las encuestas. También quisiera después decir hasta qué punto las encuestas dan información, qué información aportan y qué información no aportan, y qué otros instrumentos de análisis de la sociedad deberíamos, creo yo, abordar si lo que se quiere es intentar entender y comprender los asuntos de la sociedad. Claro está que también las encuestas se hacen en ocasiones no para querer saber, sino para justificarnos. Esa es otra vía con la cual seré en ese sentido crítica, distinguiendo ambas. Me parece legítimo que se quiera hacer una encuesta para justificarse de lo que sea, pero yo entraré más bien en los instrumentos de conocimiento, en intentar entender algo tan difícil, pues, aunque es muy difícil la parte de tecnología de los reactores, por ejemplo, pues yo les diría que es casi más difícil entender y comprender el funcionamiento de la sociedad. Eso es lo que quería avanzar ahora, para abordar luego más en profundidad el tema.

Pedro Larrea

“ Procuraré, modestamente, contribuir con algunos puntos de vista que espero enriquezcan el intercambio de opiniones. En ese sentido, me gustaría introducir un comentario adicional o, si se prefiere, simplemente abrir un frente que no se ha mencionado, o que se ha hecho sólo tangencialmente. Hablo de la perspectiva de la industria eléctrica, es decir, de los empresarios, que son los que deben tomar decisiones de inversión cuantiosas y a muy largo plazo. Juan Manuel Quintana mencionaba lo que es la gran paradoja, yo diría que el gran reto, de la industria nuclear: que exige inversiones a muy largo plazo, pues estamos hablando de períodos de vida útil de 50 o hasta 60 años. Esta visión de inversiones a muy largo plazo se complementa con otro comentario, esta vez de Claudio Aranzadi, quien concluía diciendo “que funcione el mercado”.

Y esta es la paradoja: la necesidad de una perspectiva a muy largo plazo y el deseo de que funcionen mecanismos de mercado. La magnitud de esta paradoja la pone de manifiesto la experiencia española respecto a la regulación eléctrica en sólo los últimos quince o veinte años. Actualmente está funcionando el mercado, pero en este período de 15-20 años han funcionado una multitud de distintos modelos regulatorios, cada uno a su vez con multitud de cambios, muchas veces intempestivos.

Ahora mismo, parece que todo el mundo está de acuerdo en que debe funcionar el mercado. Pero hay que afrontar por todas las partes involucradas lo que eso significa. La libre interacción de la oferta y la demanda hacen que se ponga de manifiesto el verdadero “valor” de la energía, es decir, lo que los consumidores están dispuestos a pagar en una determinada situación de coste de los productos energéticos. Lo que quiero decir es que en la actualidad el mundo vive en una situación de escasez energética que ha impulsado los precios de los productos energéticos a niveles muy superiores a los de los últimos quince años. Y en ese contexto, el precio o valor de los distintos productos energéticos (carbón, petróleo y, sobre todo, gas) han impulsado el valor, es decir, el verdadero precio de mercado de la energía eléctrica hasta niveles de 60-70 euros/megavatio-hora. Eso es lo que vale la energía eléctrica. Y, si queremos eficiencia energética, entre otras cosas, a los consumidores hay que mandarles la señal de que consumir un kilovatio-hora más de luz vale 60, 70 euros/megavatio-hora.

Por la aceptación del verdadero funcionamiento del mercado en el largo plazo es por donde se puede resolver la aparente “paradoja” antes mencionada. La industria eléctrica estaría dispuesta a invertir en energía nuclear, pero teniendo garantías de estabilidad regulatoria y de un verdadero funcionamiento del mercado en el período de vida de la inversión. La industria no podría arriesgar la magnitud de inversiones necesarias, sabiendo todos los cambios regulatorios que puede haber en los próximos 50 años, si se mantiene la inestabilidad regulatoria que se ha padecido en los últimos años.

En definitiva, los empresarios, el mundo de la industria eléctrica, están dispuestos a afrontar las incertidumbres ligadas a las naturales fluctuaciones del mercado, pues ese es nuestro trabajo. Pero la inversión no puede estar sometida a lo que son las incertidumbres regulatorias, que cambien las condiciones objetivas de recuperación de las inversiones. Y

este es el aspecto más complicado de abordar, porque, además, desde una perspectiva estrictamente política creo que podría argumentarse que es en cierta forma “legítimo” que a lo largo de 50 años de vida, evidentemente, la opinión pública cambie de parecer sobre temas tan estratégicos como la energía nuclear. Y como reflejo de la opinión pública los gobiernos cambian, y como consecuencia las políticas económicas, y las políticas energéticas cambian. Yo creo que este es ahora mismo, desde el punto de vista de la industria, uno de los principales obstáculos de cara a lo que sería el desarrollo de la energía nuclear.

Claudio Aranzadi

“ El precio de la energía eléctrica ha estado en torno a los 60 €/MW.h en 2005 y por encima de este valor en las primeras semanas de 2006, pero lo relevante para las decisiones de inversión es cuál será el precio medio en los próximos 50 años. En cuanto a dejar funcionar al mercado, la prueba del nueve de la competitividad de las diferentes tecnologías será, desde luego, la elección de las empresas de generación eléctrica en un mercado liberalizado. El problema será, sin embargo, cuál es el riesgo regulatorio inherente en cada tipo de tecnología que van a internalizar las empresas en sus costes.

Juan Antonio Rubio

“ El CIEMAT, por indicación del Gobierno, está ahora promoviendo la construcción de una plataforma experimental para comprobar cuál es la mejor manera de combustión del carbón, cuál es la mejor manera de recuperación de CO₂ y cuál es la mejor manera de resecuestro de ese CO₂, que su impacto económico sea del orden de 20 euros/tonelada de CO₂. En eso estamos. Me gustaría ver cuántas industrias juegan con nosotros en ello.

Carlos Sallé

“ Siguiendo con el reto que inició Pedro de contestar desde el punto de vista de los inversores, usaré el símil que comentó Claudio sobre el motor de explosión: creo que las empresas no somos ni pronucleares ni antinucleares. Considero que nos debemos a una rentabilidad en las inversiones que acometemos, y también a las responsabilidades que nos son impuestas por unas obligaciones para dar el suministro. Es decir, si se nos dice que demos el suministro y somos responsables de acometer las inversiones para ello, siendo las tecnologías disponibles las que son, nos gustaría que el abanico de posibilidades de inversión para alimentar la demanda creciente en el marco de obligaciones de distinta índole que tenemos fuesen las máximas posibles.

Dicho lo anterior, me centraré en los dos interrogantes que se han planteado sobre la apuesta actual de corto plazo y la apuesta a futuro sobre la energía nuclear.

Creo que la apuesta actual a corto plazo que tiene una empresa como Iberdrola –creo que extensible al resto de las empresas que tienen activos nucleares– es mantener la máxima solvencia de nuestras instalaciones y de nuestros equipos humanos, porque

hemos apostado por que la Administración, sea la que sea, va a actuar de una manera racional y va a apostar por la extensión de la vida útil de las centrales existentes. Nosotros, ya lo ha comentado Eduardo antes, tenemos unas inversiones recurrentes en las centrales existentes que llegan a 900 millones de euros en los últimos 5 años, que es el equivalente al coste de tres centrales de ciclo combinado en el sector. Pero, además, también estamos haciendo una apuesta importante en los equipos de personal que tenemos en las centrales, algunos se jubilan y estamos extendiendo la cualificación a nuevos equipos de personas. Por ejemplo, y es un dato que me han pasado hoy, en Cofrentes el número de horas de formación que han tenido las 300 personas que hay allí es de 50.000. Para las personas más cercanas a las responsabilidades de seguridad, esto representa más o menos entre el 15% y el 20% de sus horas de trabajo. Creo que está claro que la apuesta actual es por la extensión de la vida útil, y estamos en ello.

En la apuesta del futuro hay varios aspectos.

a) En el análisis del coste-beneficio de mercado, y lo recalco, de mercado, creo que la decisión la tendríamos clara si sólo hubiera el riesgo de mercado. Los números, en los estudios que han presentado tanto Eduardo como Claudio, permiten muchísimos análisis. Yo siempre hago referencia a una máxima, que sería la que utilizaría un economista resignado, que viene a decir que “todo es previsible menos lo relevante”. Entonces los números, depende de quién los haga y de cómo quiera que salgan, son unos u otros. Para no usar datos de ninguna de las empresas aquí presentes, por no entrar en un debate de cifras, me he ido a la última presentación que ha hecho E.ON a los analistas. Ha dicho E.ON que, exigiendo una rentabilidad del 8% y con 6.500 horas, el coste para sus nuevas centrales de carbón es de 65 €/MW.h. En contraste con los datos que Claudio se ha encargado de presentarnos, creo que con dichas cifras la nuclear entra en unos regímenes de competitividad muy importantes en lo que se refiere al análisis coste-beneficio. Evidentemente la situación para la nuclear es mucho más favorable, si la cotejamos con la situación de precios que tenemos en el corto plazo, precios que algunos los denostan sin ninguna demostración, trataré de demostrar que obedece a la realidad mundial del coste de la materia prima. Los precios que tenemos en la actualidad son del orden de los 80-90 €/MW.h. Es fácil hacer un cálculo para comprobar que es ése el valor de la energía: si metemos los valores públicos del CO₂ y del coste del carbón y del fuel en los mercados internacionales, etc., y un rendimiento estándar a las centrales, y añadiendo unos costes estándares de logística, etc., me sale que los costes variables que tiene que recuperar una central de carbón oscilan entre los 43 y los 59 euros, en función de las contrataciones si son realizadas con contratos de largo plazo o en el *spot*; del mismo modo los ciclos combinados tendrían entre 50 y 92 €/MW.h y el fuel, que es el que marca los marginales estos días en el mercado, estaría entre 86 y 116 €/MW.h.

Evidentemente, con estos números de muy corto plazo, la nuclear avasalla, porque los anteriores costes son variables y no incluyen costes fijos. Por lo tanto, la decisión de extensión de vida útil es la opción más racional. Pero como he señalado anteriormente, comparativamente con el coste total de desarrollo de otras tecnologías, el análisis a largo plazo para la nuclear también creemos que es una apuesta interesante.

b) Necesidad de nueva generación: además del análisis coste-beneficio, nosotros creemos como empresa, o como sector, que la nuclear es una tecnología necesaria por diversos motivos:

- Es necesaria desde la vertiente medioambiental. Creo que un problema importante que tiene que resolverse en la tecnología nuclear es el tema de los residuos, porque es un problema que dura cientos de miles de años, y que lo dejamos a la resolución tecnológica del futuro. Pero creo que no lo estamos cotejando de manera justa comparado con, por ejemplo, quemar una materia prima valiosísima, como el carbón o el petróleo, que ha costado cientos de millones de años hacer. Estamos quemando una materia prima de incalculable valor para producir electricidad y calor y, además de gastarla, estamos provocando efectos medioambientales importantes. En ese análisis de esta realidad que ha hecho Claudio, además del coste puro y duro del mercado del CO₂, se deberían añadir los efectos del cambio climático, unos efectos que no están cuantificados en su verdadera magnitud, lo que posicionaría a la nuclear en mucho mejor punto de competitividad medioambiental respecto a otras tecnologías.
- Por cobertura de la demanda: a la hora de establecer hipótesis estratégicas, las empresas observamos que se sigue creciendo en demanda de energía eléctrica; tenemos una sociedad que demanda crecimientos importantes. Por ello, creo que por temas de seguridad de abastecimiento también es clara la apuesta por invertir en una fuente de producción masiva y estable de electricidad como la nuclear.
- Por diversificación del *mix* de producción: me acaban de pasar esta mañana una nueva directiva, del 4 de febrero, cuyo objetivo es que los Estados miembros formulen políticas de seguridad del abastecimiento de electricidad transparentes, estables y no discriminatorias. Establece que los Estados miembros velarán por un alto nivel de seguridad de abastecimiento de electricidad, adoptando las medidas necesarias para propiciar un clima estable en materia de inversión, definiendo las funciones y responsabilidades de las autoridades competentes, incluidas, si procede, las autoridades reguladoras. Entre las medidas que propugna, y que responsabiliza a los Estados miembros, está el aumentar el grado de diversidad en la generación de electricidad a escala nacional o a nivel regional permanente. Creo que estas son señales iniciales de Bruselas para desbloquear y empezar a hacer una apuesta por algunas tecnologías que hasta la fecha estaban un poco denostadas.

Como he tratado de desarrollar, el análisis coste-beneficio de la apuesta nuclear parece interesante, pero ¿qué requerimos las empresas para poder acometer esta inversión? Esencialmente estabilidad. Creo que la solución “a la francesa” a la que hacía mención Claudio (programa de desarrollo de nucleares que permite reducir los costes) también podría ser española si desde la Administración (actuales y futuras, a través de pactos de Estado) se pudiesen crear marcos jurídicos sin incertidumbres que permitan atraer la inversión. Yo creo que la rentabilidad requerida depende muchísimo de ese marco de seguridad jurídica. Para invertir simplemente pedimos que se disminuya la prima de riesgo que ahora mismo se tiene que pedir a una inversión con tanto riesgo, que no es de mercado sino esencialmente regulatorio. En relación con dicha prima de riesgo quiero hacer referencia al plazo de amortización que utiliza el estudio del MIT al que Claudio ha hecho mención. En

situaciones de alto riesgo regulatorio es evidente que alguien pida amortizaciones en 15 años. Por eso esos estudios le exigen a la nuclear algo que no se les exige a otras tecnologías. En el momento en que, en situaciones jurídicas “a la francesa”, se establezca un marco regulatorio estable que, además de permitir reducir costes por estandarizaciones de diseño, la amortización no se va a exigir que se haga en 15 años, y, por lo tanto, los costes fijos anuales se reducirán sensiblemente.

Creo que hay que decir que tenemos una cosa que no tienen otros países, y es la disponibilidad de empresas potentes y con recursos y estabilidad económica y financiera importantes. En el caso, por ejemplo, de Iberdrola, en los últimos cuatro años ha hecho inversiones del orden de 14.000 millones de euros. Endesa y Unión Fenosa han hecho también inversiones importantes. Por lo tanto, hay empresas y hay tejido empresarial para acometer la apuesta. Lo que pasa es que se nos ha guiado con las señales de la Administración en que la apuesta era un marco más estable hacia las renovables y el gas, y a ello nos hemos ido. O sea, que nosotros somos obedientes a las señales que se nos envían.

He hecho estas reflexiones, pese a la depresión que me embargó después de que José María Martínez-Val nos dijera que el mundo se acabará dentro de mil millones de años.

Carlos Alejandre



Quería aprovechar la oportunidad, y simplemente para completar un poco el panorama a largo plazo para estos mil millones de años de los que estamos hablando, quería presentar un aspecto concreto.

En Europa ha habido un debate importante sobre un programa, sobre la fusión, que ha permitido realizar algunas discusiones en torno a la energía nuclear muy interesantes. Antes se mencionaba cómo Francia es el país donde se va a construir este próximo experimento sobre fusión, pero curiosamente la primera oposición que hubo que vencer en esta extraña relación que ha habido durante muchos años entre la fisión y la fusión, fue la oposición del *lobby* francés nuclear, que se opuso durante un período importante a que se considerara el proyecto ITER como algo relacionado con energía. Tenía que ser un proyecto de investigación, única y exclusivamente. Afortunadamente yo creo que esto se ha modificado, y este proceso de nuevo complejo, que ha permitido que finalmente este proyecto venga a Europa, ha requerido una discusión tremenda con nuestros socios, pues en este proyecto están Japón, Estados Unidos, Rusia, China, Corea del Sur, India, y naturalmente Europa. La discusión con Japón ha sido muy difícil, llevó más de un año resolverla, pero tuvo una ventaja muy importante, y es que hubo que analizar en detalle, entre dos grupos tan importantes y desde el punto de vista energético con unos problemas hasta cierto punto tan similares entre Japón y Europa, cuál sería, cómo conseguir que la fusión se acelere como fuente de energía. Y éste es el gran beneficio que hemos tenido en esta discusión en la que, en cualquier caso, España no ha salido muy bien parada en un tema muy concreto. Y esto ha llevado a esta aproximación, a este *road map*, a cómo conseguir la fusión en lo que se llama el *fast track*, un término que ha inventado sir David King, asesor de Tony Blair, el jefe de la Oficina de Ciencia y Tecnología británica, y que intenta acelerar la fusión como la contribución de la fusión como fuente de energía. Y no hay que olvidar que ITER, con todas sus potencias y con todas sus ventajas como

experimento y como paso hacia la fusión, no es más que un paso, pues hay que dar otros muchos. Pero, sobre todo, quiero llamar la atención sobre éste que se llama aquí *fusion technology*, el desarrollo de la tecnología de fusión. Lo cual no es trivial. No es lo mismo construir un experimento que demostrar que es posible generar energía durante 24 horas, 7 días a la semana, 12 meses al año. Y éste es un punto muy importante. Ahora sí que por primera vez en la Historia existe un *road map* consensuado entre los principales países occidentales en este momento y que, además, están poniendo recursos. Esto abre unas oportunidades en mi opinión tremendas para el desarrollo de la fusión. Como dato simplemente orientativo, el *power production* se está hablando en el 2030, es decir, los 25 años de los que siempre hablamos en fusión, pero realmente, como digo, la diferencia fundamental es que ahora tenemos un plan, con unos presupuestos, y con unos compromisos muy importantes. Y aquí es donde yo creo que enlazaría con esta discusión.

Las oportunidades que vienen para la industria en general de alta tecnología, las oportunidades para la industria nuclear y en concreto para nuestro país. En este momento técnicos del CIEMAT están negociando la posibilidad de qué paquetes serían interesantes para que España pudiera construir, pero no hay ninguna decisión. Una vez que los técnicos hayan definido cuáles van a ser, habrá que ver qué podemos invertir: 25, 50 millones de euros en los próximos 10 años, en los próximos 7 años, en tecnologías que serán relevantes dentro de 20, 25 años. ¿Queremos tener esa oportunidad, sí o no? Los técnicos lo único que van a hacer es ponernos encima de la mesa esta posibilidad.

Francia, Italia y Suiza están diciendo que quieren involucrarse desde ahora. España ha dicho que también quiere, en principio, pero la decisión va mucho más allá. Pero un elemento muy importante es que estamos ante un proyecto como es ITER con una gran aceptación social, incluso en nuestro país, que es uno de los que más se opone a la energía nuclear. Tenemos esa oportunidad de utilizar esos desarrollos de I+D que hay que realizar para este proyecto y generalizarlos, naturalmente, que van a tener un ámbito mucho más general que la propia fusión. Esto yo creo que es algo que la industria no puede desaprovechar, pero depende de la industria. Naturalmente el empuje que se puede realizar desde los gobiernos es importante, pero tenemos que ver si la industria está realmente dispuesta a aprovechar estos elementos. Se ha formado una plataforma tecnológica sobre la fusión. Pero ¿está dispuesta la industria a poner esos elementos, a apoyar al Gobierno para que, naturalmente, haya esta conexión entre ambos mundos para impulsar estas tecnologías? Ésta es una pregunta a la que yo, por lo menos por ahora, no tengo respuesta.

En este momento estamos viviendo un momento, en mi opinión, dulce sobre la situación del I+D en nuestro país, donde se están dedicando unos recursos muy importantes. Tenemos unos proyectos, un proyecto de instalaciones que llamamos singulares en el cual estamos analizando entre todos cuáles son aquellas infraestructuras que pueden ayudar al desarrollo científico y tecnológico de nuestro país. Infraestructuras que pueden ser muy importantes. En estos momentos se está negociando con el Gobierno vasco, de hecho está ya en los presupuestos, la construcción de una fuente de espalación de neutrones. ¿Existe esta industria que quiera participar en este esfuerzo y colaborar con el Gobierno en realizar unos planes de I+D? No lo sé. ¿Que pueden impulsar la generación 4, que pueden impulsar el desarrollo del hidrógeno como vector energético utilizando diferentes fuentes? Es una oportunidad tremenda la que existe en este momento,

pero tenemos que ver si aquí hace falta una gran colaboración para que la industria nacional participe y colabore en este esfuerzo, y si no, naturalmente, no creo que lo podamos desarrollar.

Carmen Martínez Ten



Me gustaría ahora intervenir como Consejera del Consejo de Seguridad Nuclear, y en relación con las intervenciones de Carlos Sallé y Pedro Larrea.

Creo que, efectivamente, aquí se está hablando de los activos nucleares como muy atractivos. Si ahora estuvieran en el mercado, probablemente mucha gente optaría por adquirir activos nucleares. La prueba es que nadie quiere desprenderse de ellos, porque diversifican, porque son económicamente interesantes y por otros factores. Carlos Sallé pide estabilidad en la regulación, y habla de que las plantas han hecho inversiones, y eso es cierto. Cofrentes, por ejemplo, y lo digo por Carlos Sallé e Iberdrola, ha resuelto problemas que tenía desde hace tiempo. Pero la estabilidad para las plantas y la estabilidad regulatoria no depende solamente del Gobierno, ni del Consejo de Seguridad Nuclear, depende en gran medida de cómo las gestionen las propias compañías. En este sentido, no puede volver a pasar un suceso como el de Vandellós II, porque Vandellós ha estado a punto de llevarse por delante al Consejo de Seguridad Nuclear, a la institución reguladora. En este momento en el Ministerio de Industria existe una Mesa de Diálogo para ver cómo se transforma el Consejo de Seguridad Nuclear a partir de Vandellós II. El Consejo es un ejemplo de las instituciones que se crearon en los años ochenta en este país, cuando acabábamos de aprobar la Constitución, y es un ejemplo de contrapesos: el Consejo depende del Parlamento, del Gobierno; es un órgano colegiado, tiene un cuerpo técnico que creo que es valioso y en este momento está completamente cuestionado. Así está el Consejo. ¿Por qué? Porque Vandellós fue un pulso al organismo regulador por parte de los explotadores, por parte de la industria. Primero minimizando el incidente. Segundo, atribuyendo al CSN los errores. Lo que ocurrió es que en el regulador se dio crédito al explotador. Con la credibilidad del Consejo, se va por las cañerías la credibilidad del sistema regulatorio, la credibilidad de los técnicos del Consejo y la credibilidad de la planta, y, por supuesto, se pierde también mucho dinero, porque Vandellós ha estado parada seis meses. Eso es lo que no nos puede suceder. Tenemos unas plantas que trabajan a pleno rendimiento, que han incrementado potencia. Debemos estar orgullosos de su funcionamiento. Son industria española y técnicos españoles. Pero Vandellós ha supuesto el cuestionamiento de la solvencia de nuestras plantas.

Y ahora en la reforma del CSN se propone la creación de un organismo supervisor. ¿Va a haber un supervisor del supervisor? En resumen, debemos cuidar la estabilidad entre todos, porque los vaivenes no vienen sólo de los cambios regulatorios. El Consejo no debe estar defendiéndose continuamente, y no se le puede poner en esa posición.

Elías Velasco



Quería agradecer a los organizadores la oportunidad de aportar alguna idea a este Seminario y, sobre todo, escuchar lo que se habla aquí. Llevo 40 años trabajando siempre en la energía, un tercio de mi vida en la energía nuclear, en la central nuclear de

Garroña; un tercio en el gas natural, en Enagás; y un tercio en una empresa eléctrica, Unión Fenosa (UF). Precisamente esta empresa acumula en la energía nuclear conocimientos y experiencias muy interesantes que pueden ser de gran utilidad para todos. UF ha construido la primera central nuclear española, José Cabrera, la cual, a partir del próximo mes de mayo, tenemos que dismantelar, y la estamos transformando en una oportunidad muy interesante para nuestro negocio energético. También UF ha construido la última central nuclear, Trillo 1, y hemos participado en todas las fases del proyecto de Almaraz y Valdecaballeros. En esta última central y en Trillo 2 hemos tenido la moratoria nuclear. En resumen, en UF hemos vivido, y además lo hemos vivido muy vitalmente, porque ha sido muy difícil, todas las fases del negocio eléctrico nuclear español. Asimismo UF tiene en energía más del 50% de carbón, y el tema carbón, nacional e internacional, también nos afecta muchísimo. Hemos desarrollado un proyecto de gas, muy importante (15% cuota nacional), con comercialización e infraestructuras. Y, a su vez, nos interesan mucho las renovables, aunque tenemos un porcentaje bajo. UF es una empresa que tiene como objetivo la diversificación energética. En razón de esas experiencias y conocimientos quería aportar en este Seminario algunas reflexiones sobre el futuro de la energía eléctrica en general y, en particular, sobre el tema nuclear en España.

Por sintetizar, y siendo práctico, hay tres puntos que quisiera destacar. El primero consiste en conseguir en los aprovisionamientos una cesta equilibrada de energías. O sea, por decirlo así, para producir energía eléctrica lo ideal sería un cuarto de gas, un cuarto de carbón, un cuarto de nuclear y un cuarto de renovables. Este objetivo debería ser prioritario, lo cual quiere decir que podríamos confiar en todas las energías y en ninguna, pues todas tienen ventajas e inconvenientes.

El segundo punto es que no es adecuado que la demanda eléctrica sea atendida, como está siendo en los últimos años, exclusivamente por gas y renovables. Esto es grave, y no solamente ocurre en España, sino que también tiene lugar en gran parte del mundo. Gas y renovables son dos elementos importantes en la cesta de aprovisionamientos, pero no en exclusividad. Esto nos puede llevar a dos riesgos, precios elevados e inseguridad de suministro.

Y el tercer punto es que sería un acierto que se estableciera en España el escenario y las condiciones para que fuera posible construir una nueva central nuclear, o al menos, que no se pongan en cuestión las centrales nucleares existentes.

Asimismo, entendemos que en los últimos diez años se han producido tres hechos muy relevantes, que no estaban antes y que afectan a los puntos anteriores. Uno de ellos es que existe una constatación de que el efecto invernadero es un asunto real y muy grave para la naturaleza; por lo tanto, hay que tener muy presente que debemos movernos hacia un desarrollo sostenible en el que sea posible producir menos CO₂ y reducir la concentración del mismo en la atmósfera. El segundo es que se está estabilizando una estructura de precios energéticos altos, por lo menos para la próxima década, y no por razones solamente técnicas y económicas, sino, principalmente, políticas y sociales. Y el tercero es que, tecnológicamente, en producción de energía eléctrica estamos hoy igual que hace muchos años, y más aún, en la extrapolación a futuro tampoco se ven cambios tecnológicos significativos. No ha habido un avance tecnológico para producir energía eléctrica. Dicho de otra forma, lo que tenemos para invertir hoy, tecnológicamente, no es, en lo esencial, diferente

de lo que había hace unos 25 años, y no vemos que en los próximos 20-25 años haya un nuevo horizonte tecnológico para producir energía eléctrica.

Estos tres hechos: CO₂ que hay que reducir, precios de energía altos y falta de nuevos desarrollos tecnológicos condicionan los tres puntos que mencionaba anteriormente.

Voy a hacer una pequeña glosa ahora sobre cada una de las energías para mostrar que la opción nuclear no se puede demonizar, al contrario, se debería desarrollar como cualquiera de las otras energías alternativas. El otro día vi un titular en una revista económica que decía: “energía nuclear, no hay más remedio”. Yo estoy convencido de que no hay más remedio. Veamos por qué.

El carbón ya no tiene precios estables, porque se ha producido una gran concentración empresarial, hoy día hay solamente 4 ó 5 empresas multinacionales de carbón que tienen poder de mercado, y ponen el precio del carbón en función del precio del petróleo y del gas y, por tanto, estos les transmiten en parte su volatilidad. El carbón tendrá, a futuro, muy probablemente, precios altos. El precio del carbón para producir energía eléctrica está en un arbitraje continuo con el precio del gas que produce un precio de la electricidad indiferente con ambas energías.

A pesar de su reciente inestabilidad en precios, el carbón mantiene su estabilidad en el suministro. Ocurre una cosa con el carbón, que es básico para casi 4.000 millones de personas y en países tan importantes como Estados Unidos, Rusia, Australia, China, India, Sudáfrica, Indonesia y Colombia. La consecuencia es que el consumo de carbón seguirá aumentando a tasas del orden de 1,5% acumulativo anual. Entonces, la energía primaria que produce unitariamente más CO₂ seguirá creciendo, con lo que la acumulación de CO₂ en la atmósfera seguirá aumentando. Los mercados de emisión lo único que hacen es fomentar un cambio de tendencia a largo plazo hacia tecnologías menos carbonatadas, pero no resuelven el problema de base. Luego la clave fundamental para reducir el CO₂ es, aquí lo dijo alguien, la captura y el confinamiento definitivo, porque la producción de CO₂ no va a disminuir.

El 50% de la demanda de petróleo se aplica al transporte y éste crece con tasas muy elevadas, y, por tanto, realmente tampoco va a disminuir la demanda de petróleo. Seguirá creciendo con incrementos superiores al 1,5% anual, contribuyendo de forma muy importante al incremento de la concentración de CO₂ en la atmósfera.

Se estima que el consumo de combustibles fósiles, carbón, petróleo y gas, aumentará con tasas acumulativas anuales en el orden del 1,8%. En consecuencia, si queremos reducir el balance de CO₂ en el mundo, no hay otra alternativa que utilizar energías primarias que no produzcan CO₂, como las renovables y la energía nuclear.

Respecto a las renovables, yo creo que se produce una confusión cuando se dice que las renovables son energías alternativas. Son solamente complementarias, y muy convenientes, pero no soportan la punta de la demanda en olas de frío o calor, que es cuando más es necesario garantizar el consumo. Principalmente, las energías renovables son eólicas y las situaciones de olas de frío o calor son anticiclónicas y no hay viento. Por otra parte, las energías renovables, salvo la gran hidráulica, necesitan un apoyo económico para ser competitivas. Hoy en día se justifica con dificultad, en una situación a

largo plazo, una estructura de energías renovables subvencionada, cuando no es capaz de soportar la punta de demanda en los momentos críticos. Luego, podemos concluir que las energías renovables son muy convenientes en la cesta, pero no son determinantes, y un país no puede desarrollar su estructura energética de futuro en base a estas energías, porque, además de ser caras, no serán fiables en las situaciones críticas de demanda energética.

El gas tiene dos problemas, es inestable en precios y tiene ciertos riesgos en la garantía de seguridad y estabilidad de suministro, pero también es conveniente tener en gas un 25% en cuota. Tal vez el gas es, de todos los hidrocarburos, el más versátil, porque no solamente es necesario para la producción de energía eléctrica, que es un uso relativamente reciente del gas, sino que también es necesario para el uso doméstico, comercial y para cierta industria de calidad. Las puntas de demanda de invierno son aún más intensas que las de la electricidad. Atender el incremento de la demanda del sistema de producción de energía eléctrica sólo en base a gas va a significar que en los máximos de puntas de invierno no solamente va a estar demandado al máximo el sistema de gas para producir energía eléctrica, sino también, simultáneamente, para atender a los otros usos del gas. Esta es la causa principal por la que los precios de futuros del gas tienen un factor de 2 ó 3 entre el invierno y el verano. Y, además, duran mucho los inviernos en países con fuerte demanda de gas, como por ejemplo Estados Unidos. El invierno empieza en octubre y termina en marzo, o sea, seis meses de precios altos y volátiles.

Con todo lo anterior quiero decir que incentivar la estructuración de un sistema energético eléctrico en base sólo a renovables, que no pueden soportar la punta de demanda, y a gas, que es inestable en precio y tiene ciertos riesgos en el suministro, genera una debilidad estructural grave. En mi opinión, creo que es de general conocimiento este diagnóstico de la tendencia a la que se está dirigiendo el sistema eléctrico español, pero, no obstante, no se vislumbra que la política energética del futuro se modifique para corregir la situación. Si todo el mundo lo sabe, si el diagnóstico parece claro, ¿cómo es posible no ponerle soluciones? ¿Cómo es posible que la política energética de nuestro país permita o incluso incentive seguir invirtiendo hasta 34.000 megavatios que podrían ser autorizados en gas, y alcanzar 20.000 megavatios subvencionados de energía eólica (como indica el PER), y no hacer centrales de carbón ni nucleares para atender el incremento de la demanda de producción de energía eléctrica? Pues eso es lo que podría ocurrir en España. Este es el problema. Este es el problema que tenemos encima de la mesa. Estamos en una situación que hay que modificar, que no es estable, que es muy grave, y es muy grave ya.

Otro tema a considerar es el aprovisionamiento de gas. Se consume actualmente en España casi metanero y medio diario de 140.000 m³ cada uno. Tienen que llegar 400 metaneros al año. Ahora tenemos 10.000 megavatios de potencia eléctrica con gas. Cuando en el año 2007 tengamos 24.000 megavatios eléctricos funcionando en base en la punta de invierno hay que alimentarlos permanentemente con gas. No tenemos almacenamientos subterráneos estratégicos para soportar esa demanda en circunstancias críticas en el invierno. En resumen, está en peligro la seguridad de suministro eléctrico si los incrementos de demanda eléctrica se siguen atendiendo exclusivamente con renovables y gas. Lo más importante es la seguridad de suministro, incluso más que el precio.

Se ha dicho aquí esta mañana que solamente apoyan a la energía nuclear un 4% de las personas de este país. Con este escenario social y siendo, en mi opinión, imprescindible contar con la opción nuclear, la tarea es inmensa, para que de nuevo sea posible en España construir una central nuclear y, por supuesto, no haya riesgo de que las centrales nucleares existentes cumplan su vida de diseño. Creo que es una tarea de liderazgo político.

¿Cuáles son las condiciones necesarias para realizar una inversión en una central nuclear? En mi opinión son básicamente dos. Que se pueda garantizar el montante de la inversión y el plazo de construcción previsto, y que haya seguridad y estabilidad regulatoria durante la explotación. Eso hoy día no es posible porque las circunstancias políticas y sociales en el entorno de la energía nuclear no lo permiten. Ése es el escenario que hay que modificar y crear uno nuevo, que permita a las empresas afrontar las inversiones nucleares. Mientras eso no ocurra no se puede invertir. ¿Por qué han invertido, que no se ha dicho aquí, en Finlandia? En Finlandia hace muchos años no llegaba ni al 4% los que apoyaban la energía nuclear. Allí ha ocurrido una cosa. Primero, ha habido una decisión del Gobierno y del Parlamento en favor de este asunto. Entonces, el acierto de la central nuclear finlandesa es que se ha creado un escenario durante yo diría casi una década para que el Gobierno y el Parlamento pudieran tomar esa decisión. Y entonces, ¿qué pasa? Que estos empresarios finlandeses lo que han conseguido con su central nuclear es tener en 25 años costes muy competitivos asegurados, porque la energía nuclear, al ser muy intensiva en capital y muy baja en costes variables, es estructuralmente, por definición, un negocio en base a controlar los costes.

En resumen, vuelvo a repetir los tres puntos que mencioné al principio: primero, que la clave es una cesta de aprovisionamientos equilibrada con todas las energías. El segundo es que es un desacierto, estructuralmente hablando, atender la demanda de energía eléctrica exclusivamente en base a gas y a energías renovables, que en mi opinión ya están saturadas. Y tercero, que hay que crear un escenario para que pueda un empresario construir una central nuclear, y, por supuesto, mantener las centrales nucleares existentes, y eso hay que hacerlo cuanto antes, y es una tarea que hay que liderar. La tarea es tan difícil que no se puede resolver de abajo arriba, hay ciertas cosas que hay que liderar y, si no, seguiremos haciendo más renovables y más gas y tendremos graves problemas de suministros y de precios. Esto es, básicamente, lo que quería aportar.

Francisco Linde de Castro

Lo primero que quiero decir es que, como representante de Enresa, me siento un poco cohibido porque estoy con el vicepresidente de mi compañía, con el ex presidente fundador de mi empresa –y luego tutelador de ella como presidente del Consejo de Seguridad Nuclear– y con los ministros que aprobaron el Segundo, Tercero y Cuarto Plan General de Residuos Radiactivos.

Dada la entidad y autoridad de las anteriores intervenciones, me limitaré a hacer una breve reflexión. Desde Enresa, ¿qué se puede decir sobre crisis energética y energía nuclear?

Nosotros, para poder trabajar y porque es verdad, siempre nos hemos querido proyectar al exterior como una empresa medioambiental, no como una empresa nuclear. Esto

es así, porque, aun en la hipótesis de que se cerraran todas las centrales nucleares españolas, Enresa seguiría trabajando durante muchos años como titular de un servicio público tal y como queda establecido en la Ley 24/2005, que transforma Enresa en entidad pública empresarial.

En todos los emplazamientos donde hemos trabajado y trabajamos, bien sea en el almacenamiento de residuos de baja y media de El Cabril (Córdoba), como en los desmantelamientos de la fábrica de uranio de Andújar y de la central nuclear de Vandellós 1, siempre nuestra proyección ha sido la de una empresa medioambiental, lo que nos ha permitido que se comprendan mejor nuestros planteamientos cuando hemos tenido que proceder al desarrollo de nuestros trabajos, la construcción de nuestras instalaciones o a la ampliación de éstas.

Ahora bien, es verdad que en términos objetivos una empresa como Enresa, titular de un servicio público y que aplica soluciones solventes y rigurosas a la problemática de residuos radiactivos mediante los proyectos y programas que se contemplan en el Plan General de Residuos Radiactivos, favorece –o resta impedimentos–, en términos objetivos, la opción nuclear, bien sea en el caso del alargamiento del período de vida de las centrales nucleares existentes, o bien en el caso hipotético de nuevas inversiones.

En este sentido, esa doble realidad de empresa que se define medioambiental y empresa tecnológica gestora de los residuos radiactivos, con un alto nivel de credibilidad, nos ha llevado precisamente a una relación de amor-odio con los movimientos ecologistas y ambientalistas que, de una u otra manera, aflora siempre que hemos estado en relación con ellos.

Desde otro punto de vista, el nivel y trascendencia de todos los dilemas y alternativas energéticas que se están debatiendo aquí durante esta Jornada es de tal envergadura que no parece desenfocado el afirmar que la gestión de los residuos radiactivos tiene sólo la dimensión de un modesto negociado dentro de la galaxia energética.

¿Por qué lo digo? Porque entiendo que la gestión de los residuos radiactivos no es una contingencia en el sentido que antes Claudio nos habló de contingencias que planteaban incertidumbres insalvables a la hora de determinar con fiabilidad la escala económica de las diferentes opciones y alternativas energéticas que se nos plantean.

Yo creo que, a cada nivel de tecnología, que evidentemente es cambiante con el paso del tiempo, se ha conseguido que los sucesivos Planes Generales de Residuos Radiactivos –que al fin y al cabo es el Plan de Actuación de Enresa– expliciten soluciones técnicas rigurosas y cuantifiquen el coste de la gestión de esos residuos radiactivos; en ese sentido, ni la planificación energética general ni la de las empresas han considerado en ningún momento que la gestión de los residuos radiactivos sea una contingencia, sino que, gracias a lo contemplado en el Plan General de Residuos Radiactivos, todos los agentes energéticos y el propio Gobierno, al establecer la tarifa eléctrica, han contado con información económica suficiente para actuar y tomar sus decisiones.

Antes, Eduardo González ha hablado de la repercusión de los residuos radiactivos en el coste de la electricidad. Es verdad que los 0,2 céntimos de euro de los que has hablado

como repercusión de la gestión de los residuos radiactivos en el kW/h nuclear está en función del hecho de que la internalización de costes se ha implantado en el año 2005 y que con anterioridad Enresa ya había podido acumular un fondo importante, casi durante 20 años, en los que no había internalización.

Ahora bien, si se decidiera alargar el período de vida de las centrales nucleares actuales, la cifra de 0,2 céntimos de euro sería menor para dichas centrales, y mayor si en algún momento hubiera nuevo equipamiento nuclear, aunque parece que esto hoy no está en el orden del día.

Pero, en cualquier caso, lo que quiero decir es que, *ceteris paribus* –es decir, a un nivel dado de la técnica y con unas obligadas hipótesis de base–, todo esto está perfectamente cuantificado en el Plan General de Residuos Radiactivos, que cifra en 12.000 millones de euros el coste total de dicha gestión, de los cuales se han gastado, hasta la fecha, 3.000 millones de euros. También se conoce, en todo momento, la dimensión del fondo para la Gestión de los Residuos Radiactivos, que en estos momentos supera los 1.800 millones de euros.

Por supuesto que si consideramos el carácter cambiante de las tecnologías, las cuantificaciones del Plan General de Residuos Radiactivos van cambiando, sobre todo en la medida en que entren en juego tecnologías de separación y transmutación que permitieran reducir la radiotoxicidad y el período de vida de los elementos radiactivos. Pero, en lo que yo me atrevería a llamar el peor de los casos –porque se estaría renunciando a desarrollos tecnológicos ventajosos–, es decir, la solución geológica pura y dura, esa también se podría cuantificar, aunque pudiera no ser socialmente aceptable.

Como última consideración, quiero referirme a la próxima aprobación del sexto Plan General de Residuos Radiactivos. Ahí se va a consagrar y dar prioridad a algo que ya existía en planes anteriores, me refiero a la opción de un almacenamiento centralizado para residuos de alta actividad –ATC en nuestra jerga– cuya conveniencia, como bien sabe mi vicepresidente Juan Antonio Rubio, no sólo está basada en las sinergias de economías de escala y de seguridad, sino también en el convencimiento de que a medio plazo los avances científicos y tecnológicos permitan la disminución y reutilización de lo que ahora consideramos residuos sin más y podamos así simplificar y minimizar la gestión de los residuos radiactivos.

Estamos, pues, en los momentos previos al pistoletazo de salida para conseguir un objetivo que todos consideramos muy importante, el ATC, que tendrá sus dificultades, pero que también cuenta con una importante cobertura política e institucional por parte del Gobierno y del Parlamento, y esperamos que también de la sociedad en la medida en que el proceso que se emprenda sirva, entre otras cosas, para transmitir a la sociedad el importante avance que supondría para España el contar con este tipo de instalación.

Luis Atienza



La verdad es que después de escuchar a Elías Velasco, cuya música comparto plenamente, y la letra en gran parte, me cuesta mucho hacer una intervención.

No obstante, voy a aportar alguna reflexión sobre los elementos más vinculados a los problemas de seguridad de suministro que a los problemas de coste y precio de las diferentes energías.

En primer lugar, yo comparto el criterio de que la política energética es siempre y sobre todo una opción política, un arbitraje social entre tres objetivos fundamentales: la competitividad, medida en términos de coste, la seguridad de suministro y la protección del medio ambiente, incluyendo en el medio ambiente la percepción social del riesgo vinculado a la seguridad. Por tanto, se trata de un arbitraje que incorpora muchos elementos de valoración social, para el que el mercado tiene respuestas insuficientes, y que, por tanto, va a implicar, inevitablemente, un arbitraje político. Es decir, la razón de que utilicemos la expresión “política energética” es que hay que realizar ese arbitraje entre objetivos en materia energética para los cuales el mercado no siempre va a tener una respuesta eficiente. Podemos, en cierta medida, utilizar el mercado, aportándole mecanismos de internalización de algunas de estas valoraciones sociales que permitan que funcione como el instrumento eficiente de asignación de recursos, que en general le caracteriza.

En segundo lugar, creo que en España tenemos un problema muy grave de seguridad de suministro energético, que se agrava por la ausencia de percepción social de la existencia de ese problema de seguridad de suministro, fundamentalmente porque no tenemos experiencias relevantes en nuestra memoria inmediata e incluso en la remota de rupturas graves de suministro. A medida que nos vamos haciendo mayores tenemos menos memoria, inmediata y remota, pero es cierto que no hemos tenido ningún problema traumático de seguridad de suministro energético como el que se ha percibido en el centro de Europa durante apenas una semana, 15 días, con el problema del suministro de gas de Rusia, o como ha descubierto un país productor de gas como el Reino Unido este invierno, que se ha despertado de repente con riesgos de racionamiento de gas, en un país productor de combustibles fósiles y, hasta hace nada, importante exportador neto de gas. Nosotros no tenemos esa percepción, aunque se dan en nuestro caso algunos de los elementos fundamentales para que nuestro problema sea muy grave: un 80% de dependencia exterior, con un 20% restante basado en un carbón nacional con un coste muy poco competitivo cuya producción estamos reduciendo por razones económicas, una energía nuclear que hemos decidido que vaya perdiendo peso a un ritmo entre natural, orgánico, y acelerado, una energía hidroeléctrica topada ya en su capacidad de expansión y, por tanto, con la energía eólica como único elemento adicional relevante para reducir nuestra tendencia al crecimiento de la dependencia energética. Una energía eólica muy interesante, porque se trata de un recurso renovable y autóctono, pero limitado en su expansión porque aporta energía, pero, como comentaba Elías Velasco, no aporta potencia firme para garantizar la demanda, y su integración debe realizarse sin comprometer la estabilidad y la seguridad del sistema eléctrico.

Como anécdota diré que, cuando vino el Rey a visitar Red Eléctrica en el mes de diciembre, estuvimos mirando las aportaciones eólicas en ese momento. En algunas zonas del norte de España había una fuerte ola de viento y la producción eólica representaba por encima del 60% de la potencia instalada. La media nacional estaba en ese momento entre el 40% y el 50%, una aportación relevante. Pero no recuerdo exactamente la fecha, el 1 o el 2 de septiembre, en un momento de reactivación de la actividad económica después de las vacaciones, con un fuerte calor y una demanda de

verano muy alta, la aportación eólica era de 250 megavatios, de un total de 9.500 megavatios instalados. Es decir, apenas el 3% de la potencia instalada. Cuando tenemos una ola de frío o una ola de calor, el máximo de demanda se produce al final de la ola, que es cuando se instala el anticiclón, y coincide el máximo de demanda con la caída en picado de la aportación eólica. Por tanto, la energía eólica realiza una contribución importante a nuestra dieta energética, y en Red Eléctrica hacemos todos los esfuerzos para maximizar su integración en condiciones seguras en el sistema, pero tiene unas limitaciones obvias. El sistema eléctrico necesita potencia firme garantizada. El nuestro tiene una energía hidroeléctrica que puede aportar el 14% de la generación de electricidad en un año húmedo, o apenas el 7% como en 2005. Podemos contar con 11.000 MW de potencia en un momento concreto o menos de 6.000 y durante muy pocas horas en época de sequía, como en algunos momentos de este invierno. Por tanto, tenemos un problema de irregularidad en la aportación de firmeza o garantía de potencia de la energía hidroeléctrica. Tenemos una eólica que puede llegar a 20.000 megavatios instalados en los próximos 5 años, pero de los que solamente podremos contar con seguridad con 1.000 ó 1.500 MW en determinados momentos y, por tanto, con la necesidad de regular un sistema en el que el eólico puede aportar 13.000 o 14.000 MW, o puede aportar 1.500, y puede pasar de una aportación a la otra en apenas 12 horas.

Y luego, otro elemento relevante, hemos apostado por el gas, y yo creo que es una apuesta razonable para un país en que el gas tenía un peso en su dieta energética muy inferior al resto de los países europeos. No estamos mal posicionados geográficamente en el suministro de gas, pues viene del Mediterráneo y del sur y, por tanto, por nuestra posición geográfica parece que podemos aspirar a tener un diferencial favorable de costes de transporte respecto de Boston, o incluso respecto del Reino Unido y, por otro lado, las tecnologías de ciclo combinado han permitido alcanzar niveles de eficiencia energética muy importantes. Pero la realidad es que ¿cuántos días podemos aguantar con una cierta interrupción de suministro de nuestro circuito de aprovisionamiento en el gas? Pues estamos hablando de muy pocos días. Apenas tenemos almacenamientos estratégicos. Podemos hablar de menos de 10 días, pero sobre la base de que antes de esos 10 días tendríamos caídas de presión que podrían disparar centrales de ciclo combinado y llevar al racionamiento eléctrico. Esa es la realidad. ¿Por qué? Porque no tenemos más que un 5% de nuestra demanda eléctrica con contrato interrumpible y, por tanto, cuando no pudiéramos disponer de una parte algo significativa de nuestras centrales de ciclo combinado, habría que racionar la electricidad. Tenemos un sistema de aprovisionamiento de gas que yo creo que tiene una flexibilidad importante en cuanto a que tenemos más plantas de regasificación que nadie en Europa, pero a cambio tenemos un sistema de suministro por gasoducto en antena, y eso es un problema muy grave. ¿Por qué? Porque el problema de Rusia ha sido un problema de toda Europa Central. Se ha resuelto relativamente rápido porque era casi toda Europa la afectada. Si ese problema se hubiese producido con Argelia, con nuestro gasoducto del Magreb, solamente España y Portugal hubiésemos sido directamente afectados por este problema y, por tanto, los únicos a presionar o a intervenir para resolver un problema de nuestro suministro en antena.

En esas condiciones, yo sí que creo que hay margen para la política energética. El problema es cómo internalizar estos objetivos de política energética en las decisiones empresariales, es decir, cómo se distribuyen las responsabilidades entre el ámbito global social y el

ámbito empresarial privado. También en el arbitraje entre los intereses del corto y del largo plazo. Tengo una experiencia relativamente limitada en relaciones con grandes inversores, pero suficiente para concluir que es inevitable que los grandes ejecutivos de las empresas prefieran equivocarse con todos que acertar aislados, especialmente si los beneficios de sus aciertos los van a disfrutar muy probablemente sólo sus sucesores. Ésa es la realidad. Por tanto, se está produciendo un comportamiento gregario, que conduce a una apuesta monotecnológica de visión más de corto plazo que de largo plazo.

Nosotros, Red Eléctrica, hemos conseguido financiación a 30 años en el mercado de emisiones privadas americano. ¿Por qué? Porque se percibe como una opción de inversión estable, regulada, a muy largo plazo. Pero ir al mercado a captar recursos financieros a 30 o 40 años, en contra de la ideología energética y empresarial dominante, cuyos resultados van a superar normalmente el plazo de rendición de responsabilidades de ese alto ejecutivo que va a tener que explicar esa inversión, es, como poco, una operación de mucho mérito. ¿Por qué? Porque lo único que le puede suceder a corto plazo son desgracias, que el coste se desvíe por encima de lo presupuestado y que el plazo de construcción se alargue por encima de lo previsto. Ello sin contar que pueda cambiar la percepción social sobre la energía nuclear o las exigencias tecnológicas de seguridad que dificulten o encarezcan adicionalmente el proyecto. Los beneficios los recibirán sus sucesores. Si, efectivamente, no acumula desgracias y, por tanto, consigue llevar adelante esa operación, los sucesores se encontrarán con la suerte de que alguien asumió ese riesgo que les proporciona unos beneficios para toda su trayectoria empresarial o profesional.

Por tanto, además de inevitable, es muy oportuno que se realice ese debate social de medio y largo plazo. Es un debate político con mayúsculas, de medio y largo plazo. Un debate para el que es necesaria una valentía política que consideraré muy meritoria. Es necesario realizar un esfuerzo de pedagogía social para una sociedad que no percibe el riesgo de suministro. Cuesta tanto hacer una línea de alta tensión que no llevo a imaginar lo que puede costar hacer una gran infraestructura energética nuclear. Si a una sociedad que vive en la precariedad eléctrica como la del nordeste de Cataluña, por poner un ejemplo, le cuesta tanto aceptar que su seguridad de suministro mejora extraordinariamente con una línea que le interconecte con Francia, creo que la tarea es titánica. Hay que tener mucho ánimo, pero es cierto que no va a haber decisiones de inversión a 30 ó 40 años si no hay un cierto consenso político y un marco de estabilidad regulatoria. Lo he comentado antes con Claudio Aranzadi, no se trata de establecer primas o subvenciones a una opción tecnológica concreta, sino de la búsqueda de fórmulas para una cierta socialización de la cobertura de riesgo.

Claudio Aranzadi



Una cobertura de riesgo gratis es una subvención.

Luis Atienza



Quizá sí, pero a cambio la sociedad podría conseguir una mayor seguridad de suministro y una reducción de su coste de largo plazo. Por otro lado, creo que

los debates sobre alargar la vida de las centrales existentes o construir nuevas centrales tienen una entidad política muy diferente, y seguramente el más viable desde el punto de vista de la gestión política es el del alargamiento de la vida de las centrales. Es relativamente fácil justificar y explicar que el coste marginal de la generación eléctrica con las centrales existentes, en condiciones de seguridad, va a ser inferior al coste marginal con la energía alternativa y, por tanto, esta opción parece razonable. La discusión será en qué medida, si el precio se fija por el coste marginal de la energía alternativa, el diferencial entre el coste marginal de la energía alternativa y el coste marginal del kilovatio/hora nuclear producido con alargamiento de vida se internaliza como incentivo para las propias empresas o se captura por parte de los consumidores. En mi criterio, creo que ésa es una discusión que sería útil hacer. Desde el punto de vista de la gestión política puede tener una cierta utilidad vincular esa captura de una parte de esa eficiencia en beneficio de los consumidores, vinculándola a la financiación de las primas de las energías renovables como un elemento que permita justificar una parte de ese alargamiento de vida ante el conjunto de la sociedad.

Si uno fuera capaz de abstraerse de los problemas de rechazo social, la opción nuclear podría ser una apuesta tecnológicamente interesante para nuestro país, seguramente también económicamente, y sin duda desde el punto de vista de la seguridad de suministro y de nuestros objetivos en términos de emisiones de CO₂, y con muchas externalidades positivas relevantes. Pero es cierto que se trata de un debate sometido a muchas incertidumbres derivadas de la evolución de los precios de las energías primarias alternativas, en particular de los combustibles fósiles, y de los objetivos en términos de reducción de emisiones de CO₂ y del precio del derecho de emisión de la tonelada de CO₂. Por supuesto, estoy convencido de que una eventual decisión de desarrollo debería adoptarse en paquete para asegurar una curva de aprendizaje que nos pudiera permitir que los costes de construcción fortaleciesen su competitividad.

Juan Antonio Rubio

“ En primer lugar quería hablar un poquito sobre la cesta de posibles energías o de energías que debería de asegurar el mercado. No sé cuáles han de ser los componentes reales de la cesta. Se han nombrado varios que deben serlo, pero en qué porcentaje no lo sé. Ahora, pensemos que, dado que el mercado cambia, la cesta también debe cambiar un poquito. De manera que no está mal, a mi modo de ver, que los gobiernos atiendan a los posibles cambios de la cesta. Yo recuerdo que mi madre, en tiempos, compraba el bacalao que era muy barato y ahora el bacalao es carísimo. La cesta cambia un poco con el tiempo, y conviene en cierta medida incentivar un poco el cambio de la cesta. Lo digo porque por ejemplo una fuente masiva de energía, lo dije antes, va a ser el Sol. Además a España eso no le es extraño. Y hay dos soles, uno, el que representa Carlos, que es reproducir en la Tierra lo que se hace en el Sol, y otro es la energía que nos llega del Sol. De hecho, en España, yo creo que entre la tierra, el agua, el fuego y el sol lo que más preferimos es el sol. Y a mí me parece que la energía solar por concentración, y también les parece a las empresas eléctricas que están colaborando con nosotros en desarrollar centrales térmicas de alta temperatura, dentro de unos pocos años, tengo para mí que puede ser perfectamente competitiva, y supone una garantía de suministro no total, una garantía de suministro, pero además autócto-

no. Además, puedo decir, por ejemplo, que Argelia querría exportarnos a Europa no ya gas, dentro de 10 años, nos quiere exportar 10 gigavatios de potencia eléctrica de origen solar. Luego otros se lo creen también. Lo digo porque ése es un ingrediente de la cesta masivo, y es un ingrediente en el cual podemos tener competitividad.

Hablando ya del sol generado en la Tierra, que es la fusión, no me extraña nada la reacción que el ITER ha generado un poquito en Francia, porque en Francia sí que se dan las condiciones para la energía nuclear, pero por inercia. No es que sea reluctant Francia a un proyecto nuevo como la fusión; es que lo es incluso a las variaciones de los esquemas de fisión que no sean las centrales que ellos venden.

Creo que habrá una convergencia hacia posturas similares en Europa, también de Francia, que de alguna manera va a someter a Francia, igual que a los demás, a los avatares que pueda tener la energía nuclear tal cual se concibe ahora. También quería comentar, como elemento esotérico, que el señor Vélez dijo en su presentación que no tenemos que cerrarnos a cualquier otra oportunidad. Le voy a decir una. Es una lástima que la Naturaleza haya hecho que los componentes elementales sean tales que un electrón que se ha descubierto un poco más pesado, que se llama muon, resulta que dura sólo una millonésima de segundo. Si llega a haber durado una milésima de segundo la fusión ya la teníamos funcionando, y la fusión es inagotable. Pero qué lástima, dura una millonésima de segundo. Esto quiere decir que no podemos saber si dentro de 10, 15 ó 20 años tendremos un fenómeno físico que, como en su momento con la fusión, pueda contribuir a garantizar un suministro energético, que además a lo mejor lo tomamos con prudencia, porque cuando nació la fisión, todos nos lanzamos a ella porque estábamos en la vorágine de la Gran Guerra, y ése ha sido el problema fundamental que ha tenido la fisión, que ha nacido marcada por un origen militar. A mi modo de ver.

En cuanto al petróleo, este combustible es fundamental para el transporte que supone el 35% del consumo. Ahí en el transporte tenemos el petróleo y nada más, ¿verdad? Hay que hacer un poquito en biomasa, para biocarburantes que pueden decrecer el consumo de petróleo en el 10% y hasta el 20%. Petróleo y diésel. Y luego, claro, cuando se hable en algún momento de energía, Juan Manuel, de nuevo hay que hablar del hidrógeno. No queda más remedio que hablar del hidrógeno. Es el futuro del transporte.

Juan Manuel Kindelán

Quería brevemente apostillar algo que es importante y que ha dicho Carmen respecto a la regulación. El caso de Vandellós. En los dos últimos años de mi presidencia del Consejo de Seguridad Nuclear, el sistema entró en un marco económico liberalizador y se dejó de pagar a las empresas lo que gastaban. Me preocupaba y repetía continuamente que el gran problema que tenía el Consejo en el futuro era cómo conseguir supervisar que se hiciese el mantenimiento adecuado en las centrales. Creo que realmente lo que ha pasado en Vandellós es un ejemplo típico de un mal mantenimiento, y lo peor, que el pobre técnico tiene miedo a decir que hay que gastar más en mantenimiento porque le van a decir que no, que tiene que ahorrar dinero. Entonces, el problema es grande, porque no se remedia supervisando al supervisor

(que es lo que están pactando un poco políticamente), sino más bien cómo se supervisa al supervisado, que lo haga el supervisor o el que sea. Éste es el problema tremendo, objetivo, que tenemos por delante, y que tiene el sector por delante; cómo se monta un sistema en el que realmente se supervisa a un supervisado que tiene mala intención, en el buen sentido de la palabra; es decir, que actúa mirando al mercado y que objetivamente está para ahorrar dinero, que es lo suyo, que es su deber. Entonces ¿quién compatibiliza el ahorro de dinero con la seguridad suficiente? El Consejo tiene la competencia técnica de hacerlo, pero el Consejo no puede estar todo el día en la central. Y yo imagino, y lo digo de un modo totalmente rápido, y puede que criticable, que hay que hacer una reforma del Consejo, que no es naturalmente por arriba, sino por abajo; es decir, hace falta dotar al Consejo de los medios económicos, para que haya agentes, igual que hay inspectores de calidad y agentes técnicos que están encima del supervisado, no con un inspector que está ahí haciendo lo que puede, sino que está continuamente haciendo auditorías y gastando mucho dinero, mucho esfuerzo, en ver si el supervisado está realmente haciendo las cosas como deben ser. Este es el problema político que tenemos por delante y que tienen por delante el Parlamento y el Gobierno.

Eduardo González

He hablado al principio, pero quería comentar algunos temas. En estos momentos, ¿quién está soportando la rentabilidad de la generación eléctrica en España? Desde luego, las renovables no, el gas está al borde, el carbón aportará algo, la hidráulica produce muy poco, y la nuclear. De hecho, con el sistema que tenemos, aunque se pueda explicitar de otra manera, la nuclear está soportando el coste fundamentalmente de renovables. En Alemania pasa lo mismo. A veces te dicen “No, es que en Alemania han decidido cerrar las centrales”. Se toman decisiones a largo plazo que no implican ninguna decisión actual, y con el excedente conseguido se posibilitan las inversiones en nuevas tecnologías que, desde luego, hay que intentar, pero que en algún momento dado tienen que empezar a nadar por sí solas. Quizás para las nucleares debemos tener en cuenta los CTC, también habría que considerar la influencia de la Transición sobre el coste final de las centrales.

Segundo, la energía nuclear es fundamentalmente una infraestructura para un país porque el 80% o el 90% de sus costes son fijos. Es una infraestructura igual que son los embalses, y tiene ese valor, también ese riesgo. Es una creación de capital para el país, y eso tiene un valor reconocido por el mercado, aunque la activación de grandes inversiones supone dificultades financieras para las empresas eléctricas.

Pero claro, el problema que tienen es de otra índole: es un problema de energía, es un problema hoy en día de garantía de suministro, y otras cosas que tenemos que valorar. En el ámbito eléctrico todavía hay una dificultad de la modelización económica de la actividad eléctrica, que no es una *commodity* tan clara como las demás, no es un servicio tan claro como otros servicios que están mejor modelizados. Por la dificultad en la modelización económica estamos teniendo los problemas que tenemos, y por eso es tan difícil encontrar el mecanismo de enfrentarse a ello. El mercado solo seguramente no puede, porque necesitaríamos recursos, etc., y ahí hay unas rigideces, tanto en el lado de la

demanda como en el lado de la oferta, que hacen que sea difícilmente sustituible una fuente de energía por otra alternativa en plazos cortos. Creo que el modelo económico ahí no analiza suficientemente bien el sector eléctrico. Y eso me lleva un poco al problema, intentando abordar lo que comentaba Carlos Alejandre, ¿está la industria dispuesta a investigar? Yo en una temporada fui responsable corporativo de investigación en Iberdrola, y claro, el problema fue justo cuando nos quitaron el 3 por 1.000 famoso: todo era recortar, porque no teníamos ese 3 por 1.000. Yo creo que en el ámbito nuclear normalmente las empresas siempre estarán, más las empresas eléctricas, cercanas al poder político, al poder del Estado, en términos globales, porque creo que en el poder político, aunque esté sometido a ciclos o a gobiernos con un cierto tiempo, también hay una inercia y una responsabilidad. No sé si es la eléctrica la que dice que hay que hacer gas o es el Estado el que dice que hay que hacer gas, pero el caso es que se hace gas. O es la moda. Entonces, en lo nuclear también necesitamos esa estabilidad tecnológica. Es decir, aparte de las centrales funcionando y dando un servicio, y aunque hayamos intentado varias veces alejarnos de lo nuclear, nunca hemos podido porque no hemos sido lo suficientemente inteligentes. Agradecemos que algunas personas digan “bueno, menos mal que ha habido algunos cuantos que han aguantado, porque si no, ¿qué hubiera sido de esto?”. Pero esa estabilidad también es necesaria, y un país como España no puede estar sujeto a vaivenes continuos.

Hay que recordar que el 90% de la potencia nuclear instalada en España arranca con gobiernos socialistas.

La estabilidad tecnológica es importante. No podemos estar continuamente mirándonos el ombligo, diciendo, “¿Somos o no somos?”. Hace falta una cierta estabilidad, y hace falta en ese sentido poner todas las cartas sobre la mesa, discutir a fondo. Es muy difícil, pero creo que las personas que estáis o estamos en ciertas cuestiones, con ciertas responsabilidades, tenemos esa obligación.

La tercera reflexión sería el tema del medio ambiente. Cuando hablo de Kioto, hablo de Lisboa. Me atrevo a hablar de medio ambiente porque no sé en qué medida conocéis este informe que ha sacado la Universidad de Yale sobre los índices medioambientales y cómo los clasifica Yale.

El tema nuclear, teniendo ciertos riesgos y siendo muy importante, no es la principal batalla medioambiental de un país, y de un país como España. Yo no digo que no tenga aspectos medioambientales a considerar, pero no es la principal. Nosotros tenemos problemas de sequía, de desertificación, de polución en las ciudades, de agua, de muchas índoles, y parece que el tótem ecologista en España es ir contra las centrales nucleares. No me resisto a contar una anécdota: el otro día, pensando un poco en esta reunión, mirando papeles viejos, vi un documento de la Fundación Ebert, de 1988 o de 1989, sobre energía. Entonces, la problemática energética tenía la prioridad de cerrar las nucleares. Y con los ecologistas pasa un poco lo mismo: su mayor problema es meterse con las nucleares. Comprendo que sea una preocupación grande para ellos, pero de alguna manera se apropián de toda la problemática ecológica y les parece que los únicos que tienen derecho a decir algo sobre eso son ellos. El tema medioambiental es mucho más amplio y creo que hay que poner en claro las prioridades.

Lo último: el Consejo. Estando en el Consejo me tocó sufrir Chernóbil y el incendio de Vandellós I. Chernóbil, con todo lo que supuso, lo aguantamos razonablemente. El incendio de Vandellós I fue lo que inclinó la balanza, en muchos aspectos, en última instancia a favor de posiciones antinucleares en España. Y eso que Vandellós I fue un incendio de la parte convencional, a la nuclear no le pasó nada, todo se controló. Pero el que ocurriese esto en España nos llevó a una situación mucho más difícil de manejar políticamente.

Creo que la primera prioridad del operador es la seguridad, porque sin seguridad la central no opera, y aquí debería utilizarse la norma de que la última peseta la gane otro. El último dólar que te ahorres es mejor que no te lo ahorres. Evidentemente es más fácil decirlo que hacerlo. En realidad en Vandellós el coste específico de ese fallo era una parte muy pequeña del coste de inspección.

Desde el lado de las empresas sí se ha reflexionado, se han hecho esfuerzos por estar más metidos en los sistemas de WANO, la organización que desarrollamos las empresas eléctricas después de Chernóbil para alcanzar unos estándares globales a nivel mundial en las centrales. Y se han tomado decisiones de estar más implicados, de hacer más auditorías internas, de una mayor revisión y presión interna. En esta comunicación que alguien esta mañana ha comentado que presentó el Gobierno francés en el Ecofin hace unos días, se habla de la energía nuclear y se dice que se va a crear un organismo independiente de supervisión en Francia. Nosotros lo tenemos desde 1981, porque nuestro modelo de supervisión es muy avanzado, y eso a pesar de todos los problemas que podamos tener. El modelo de transparencia, de información que hay en España, es de los más avanzados a nivel mundial, y no creo que se pueda mejorar mucho. Yo no digo que el mecanismo de información a los agentes sociales, el Estado autonómico no haya que tenerlo en cuenta, pero no son aspectos técnicos de supervisión. Y en el lado del supervisado, evidentemente el supervisado es responsable, tiene que ser responsable. La función de supervisión o presión que pueda tener el regulador sobre el supervisado no es necesariamente tener detrás de cada técnico otro técnico, sino que tiene que haber otros mecanismos de organización. Hay ejemplos de empresas eléctricas que tienen montado el mecanismo para que internamente haya unos mecanismos de supervisión fuertes soportados por el Estado.

Creo que debería establecerse algún mecanismo de revisión de la legislación; esta revisión ha de ser en realidad el pacto nuclear que va a haber en España para los próximos 20-30 años. La Ley de 1981 del Consejo es el pacto de la Transición sobre el tema nuclear, con sus debilidades. Ahora, seguramente lo que sea será ese pacto, y hay que hacerlo de manera muy equilibrada. Por ello confío en que todo el mundo tenga sensatez para que se establezca una buena supervisión, para que cada uno tenga las responsabilidades que tenga que tener, para que no queramos inventar cosas que no existen en ningún sitio.

José María Martínez-Val



Quisiera ser muy breve, y tomo el relevo de lo que había dicho Carlos Alejalde en relación con el ITER en España y su aceptación social, porque hemos puesto encima de la mesa que uno de los problemas más graves, posiblemente el problema más grave que tiene la energía nuclear en España, sobre todo de cara a nuevas instalaciones, es el rechazo social, y, sin embargo, cuando el ITER se presentó en España, prácticamente de manera

unánime hubo un respaldo total. No sé cómo se logró gestionar eso, indudablemente en gran medida Carlos ha sido el culpable, pero yo le echaba la culpa, la exitosa culpa, desde el punto de vista científico, pero no sé si echársela también desde el punto de vista político, porque se logró que hubiera unanimidad desde la Administración local hasta la Administración del Estado, desde los medios de comunicación especializados hasta los más demagógicos había una apuesta considerable a favor del ITER, y todo el mundo sabía que era una instalación de fusión nuclear. Por supuesto era un reactor totalmente distinto a los actuales, pero era una instalación nuclear. Y, sin embargo, creo que en España había incluso más aceptación social de la que había en Francia en relación con el ITER. Yo creo que es un ejemplo de cómo se puede revertir, en cierta medida, la situación. Por supuesto que como ha significado ahora mismo Eduardo el incendio de Vandellós I para nosotros supuso un palo, además de unas demandas penales para ciertas personas, y un trago durante 10 años. Entonces el problema de la aceptación social también puede, creo yo, no manipularse, sino revertirse con una adecuada información, con un adecuado diálogo y evitando la crispación, que fue una de las cosas que más se significó en el ITER, que prácticamente no se utilizó para nada el ITER como una herramienta de discordia ni entre Cataluña y Madrid, ni entre un partido y otro. En ese sentido fue un acierto el que se pudiera llevar así adelante y de lo cual tenemos que aprender. Nada más.

Mercedes Pardo

“ Quería intervenir exclusivamente en lo que yo creo que puedo aportar algo, o al menos eso espero. Quería en primer lugar hacer una pequeñísima reflexión, de carácter más general, sobre los contextos sociales amplios en los que estamos, para luego entrar en la cosa más concreta de la opinión pública, porque creo que, si queremos entender las cosas con un poco de profundidad, hay que verlo en términos más intelectuales, también históricos, más macro, que permitan dar más sentido a lo micro. Aquí estamos hablando bastante de seguridad, por lo que creo pertinente hacer mención a la teoría sociológica de la Sociedad del Riesgo. Es decir, es curioso que la seguridad sea, además, un concepto bastante utilizado y popularizado precisamente en sociedades donde hemos conseguido elementos de riesgo mucho menores. Por ejemplo, un indicador, la esperanza de vida, hace 50 ó 60 años era 40 años, y ahora estamos en España en alrededor de 82 para las mujeres y 75 para los hombres, y desde luego en 10 ó 15 años no me cabe la menor duda de que vamos a dar un salto enorme. Sin embargo, tenemos mucho más riesgo real y/o percibido. ¿Por qué? Porque queremos más seguridad. Claro, como las empresas eléctricas, que quieren más seguridad. Todos queremos más seguridad. Precisamente porque, como lo que tenemos es bueno, queremos mantenerlo.

Aquí yo creo que habría casi que revertir a los griegos. Voy a contar una anécdota que creo que expresa esta idea. Estaba en el aeropuerto esperando para ir a Noruega y había un saharauí que iba a Noruega. Estábamos hablando de que le gustaba mucho Noruega, y le digo “¿pero qué es lo que te gusta de Noruega?” Y la verdad es que su respuesta se me quedó grabada. Dice: “pues lo que me gusta de Noruega es que nunca pasa nada”. Y aquello se me quedó grabado de tal manera que creo que efectivamente hay que decir que muchos de los filósofos clásicos griegos (excepción de los estoicos como continuación de la tendencia de los cínicos) no tenían razón en su definición de felicidad. Probablemente, para determinadas sociedades, la felicidad no es tanto las pasiones y las emociones como el

no tener ningún tipo de sobresalto de nada. Con esto quería decir que, en parte, la explicación de por qué insistimos tanto en determinadas cosas, tendrá que ver con eso. Y en ese sentido, otro marco teórico que explica, y que no ha lugar aquí ni tiempo para desarrollarlo en profundidad, sería la teoría sociológica de los valores posmaterialistas de las sociedades muy desarrolladas, con generaciones que se han socializado en un nivel de abundancia (no todos, por supuesto, y con diferencias) sin precedentes en la historia de la Humanidad, por lo que ponen más el énfasis en la calidad (por ejemplo, el ecologismo) que en la cantidad.

Otro elemento que yo creo que es importante es el tema de la confianza y la credibilidad, que funciona, obviamente, en la acción social y en los liderazgos. Es lógico, no sabemos mucho de todo; sabemos algo, quizá, pero no de todo, y la cultura funciona internalizando cosas que no tenemos por qué estar pensando en ellas cada día, constantemente. Suelo mencionar algo que olvidamos, que damos por hecho, por normal, y es que a andar hemos tenido que aprender. Si no lo hubiéramos aprendido, no sabríamos andar, y cuando andamos todos los días no estamos pensando “tengo que levantar el pie derecho 90 grados hacia arriba, después 35 grados hacia el frente...”. Pues no; lo tenemos tan internalizado dentro de nuestra vida cotidiana que ya hemos aprendido y lo hacemos sin pensar. Igualmente ocurre en todas las esferas de nuestras acciones en sociedad, con mayor o menor automatismo. La credibilidad y los liderazgos, las asociaciones y los mediadores para las diversas actividades son clave a la hora de decir si estamos de acuerdo o no, por ejemplo, con la energía nuclear. La mayoría de la gente no necesita (ni desea, ni podría) ser experta en energía nuclear, de manera que “confía” en las personas y/o instituciones que hacen de mediación. Y la credibilidad es algo que se gana, que cuesta y que se puede perder en medio segundo. Muchas de nuestras respuestas se basan en a quién creemos y a quién no creemos. Ocurre con ciertos asuntos que, por mucho que se digan, no se creen. Entonces, eso hay que trabajarlo y eso significa un trabajo profundo.

Entro ahora directamente en el tema de las encuestas, y luego terminaré con la cuestión de la opinión y de la opinión pública. Las encuestas aportan porcentajes, y en una sociedad en la que valoramos los datos, eso está bien; además, así también sabemos dónde están las mayorías, dónde están las minorías. Es un instrumento, es una herramienta de análisis de la sociedad, pero, por desgracia, a veces tiene muy poca credibilidad. ¿Por qué? Porque en ocasiones no se utiliza como un instrumento de análisis de la sociedad, sino para decir lo que nosotros queremos decir y tratar de convencer... Entonces, la encuesta como instrumento está empezando a desprestigiarse, y hay que tener efectivamente cuidado al respecto. La ficha técnica de la encuesta es muy importante para saber cómo se ha hecho, de qué manera, cómo son esas preguntas, de qué forma... Se requiere rigurosidad y profesionalidad para hacer una encuesta que sea válida.

Además de los análisis cuantitativos, se precisa de análisis cualitativos que no nos dan porcentajes, pero donde los discursos sociales, los símbolos, salen mucho más explícitos. Nosotros hemos trabajado bastante con la energía, con grupos de discusión. Es una técnica bastante compleja, pero es como crear una representación de la sociedad en pequeño. Como en las encuestas, pero, si se hace bien y se crean buenas situaciones, se explicitan las justificaciones, los discursos sociales. Porque en definitiva los individuos no somos individuos en sí mismos. Además de individuos, somos expresión de una sociedad, de los grupos a los cuales pertenecemos, de los grupos primarios donde nos socializamos, etc.

Por lo tanto, en parte, si creas esas condiciones para que salgan los símbolos y las justificaciones y los discursos, puedes “extrapolarlo”, entre comillas, no estadísticamente, al conjunto de la sociedad, a los grupos sociales, cómo pueden entender o cómo no.

Se asume fácilmente, por ejemplo, que ha fracasado la política de utilización de lámparas eficientes, de ahorro energético, en los hogares españoles, pero nunca nos hemos parado a pensar qué es lo que ha pasado. En una investigación que nosotros hicimos resultaba que la gente cree que los casquillos de esas bombillas no sirven para sus lámparas. Los folletos de las agencias de todo tipo, de ahorro energético, de energía, de medio ambiente, no decían que servían para esos casquillos. En todas decían que era bueno para el medio ambiente, que se ahorra energía, que se amortizaba, cosa que también es un poco complejo de entender ese concepto de amortización, pero en ninguna decía que servía para los portalámparas. Incluso para mí fue una sorpresa ese resultado, porque nunca pude imaginar que eso estuviera en la cabeza de la gente. O cosas como que hay que poner la lavadora a 60 grados porque mata los gérmenes de la ropa. Claro, esto es un concepto que viene obviamente de sociedades tradicionales donde efectivamente había que matar mucho los gérmenes. Ahora casi los matamos demasiado. Bueno, quiero decir que todos estos elementos son creencias que están ahí en la cabeza y que obviamente hay que trabajar con ellas. Y los símbolos son clave a la hora de esas conexiones, porque nadie es experto en todo ni tiene por qué serlo.

Termino con dos últimos apuntes: uno, que en cualquier caso todos tenemos nuestra deformación profesional y personal, y aquí, como profesionales de ese campo, pensamos que la energía es el asunto más importante, y obviamente la energía es importantísima para las sociedades, en sentido amplio, no solamente a nivel de lo que es, sino de la tecnología, de la organización social en torno a esa energía, en fin, de toda una serie de conceptos mucho más amplios. Pero no es lo único que existe en la vida para las personas ni para la sociedad, obviamente, y, por lo tanto, el concepto de energía, o la visión de energía, es muy diferente si se ve sola que si se ve en relación con otros aspectos de la sociedad que nos inciden; además, la energía se percibe de forma diferente, o se entiende de forma diferente, según entremos en una especificación mayor. Por ejemplo, no se ve lo mismo en nuestra actividad en el hogar o cuando cogemos un coche, cuando estamos en el trabajo o cuando estamos de ocio. Hay que profundizar, pues, también en esas asociaciones porque no son conceptos absolutos y únicos, sino que están en relación con otros asuntos que importan a las personas en su vida cotidiana y decisiones.

Y termino diciendo que precisamente en esas políticas públicas y privadas hay un déficit que convendría desde luego abordar, que es el déficit de cómo una política energética, como otras muchas políticas, no solamente es una cuestión de medidas económicas, de medidas legislativas, de medidas financieras o de incentivos fiscales, sino también de medidas sociales. De manera que los instrumentos sociales para abordar esa problemática son importantes. Los instrumentos sociales incluyen buena información, buena comunicación social, procesos de participación social, y también desarrollar mucha mayor investigación social sobre las temáticas de la energía. A veces se olvidan estos aspectos; cuando hablamos de I+D parece que se piensa sobre todo en crear aparatos, pero el I+D también es ser capaz de que la sociedad profundice en los mecanismos de cohesión social, imprescindibles para el desarrollo de las sociedades.

Carlos Sallé

“ Con relación a lo señalado por Carmen, he de decir que en la referencia que hacía en mi intervención a la estabilidad regulatoria me refería esencialmente a los órganos de regulación económico-regulatorios encargados de la planificación y retribución en los sectores energéticos. Evidentemente no me refería a una estabilidad exigible a los órganos encargados de la seguridad. No he estado muy metido en la crisis de Vandellós, en lo técnico, pero desde luego el planteamiento que se hace desde nuestra empresa es otorgar los máximos poderes a las autoridades encargadas de la supervisión, no sólo de la seguridad, sino de la regulación económica, pero sobre todo de la seguridad, y que, con posterioridad a un análisis riguroso y con garantías, se sancione a aquellos que no cumplan con sus obligaciones. En cualquiera de las intervenciones que yo haga se debe entender que siempre es en el contexto del máximo cumplimiento de la seguridad por parte de las empresas. Pero me gustaría añadir que, para las empresas, es mucho más importante que cualquier beneficio en el corto plazo que se pudiera obtener de un uso inadecuado de sus instalaciones cumplir con sus obligaciones en lo relativo a la seguridad. Las empresas no solemos jugar con la disponibilidad de las instalaciones, mucho menos con la seguridad, porque el efecto para nosotros es devastador, no sólo porque hay connotaciones penales en los responsables, sino de cara a la pérdida de imagen en la opinión pública. Dicho lo cual, reitero que en mi anterior intervención yo me refería a la estabilidad regulatorio-económica exigible a las autoridades.

Estamos en un marco en el que sería un gran avance que en la situación actual la Administración reconociese que hemos cambiado del paradigma de la energía a 36 euros. Porque la verdad es que seguimos en un planteamiento de energía barata que nos está costando cambiar. Yo creo que se está asimilando poco a poco, pero que estamos en una situación de precios de las materias primas, y precios, por lo tanto, de la electricidad, que han aumentado no sólo por el propio incremento de dichas *commodities*, sino por una sensibilización mayor medioambiental, que hace que cada vez se internalicen más costes medioambientales y, por lo tanto, se presione al alza los precios de la electricidad. Creo que sería un gran avance que la sociedad y la propia Administración dispongan de información no sesgada sobre la relativización de los problemas de la nuclear, y también de la importancia que tiene una valoración real de lo que se paga por la electricidad, rompiendo el paradigma de la energía a 36 euros. Luis ha estado comentando el problema que hay en dejar al mercado todas las decisiones. La Escuela de Chicago, la que más rabiosamente apuesta por el mercado, te diría que la diversificación, en este caso de la apuesta por la nuclear, los agentes la podrían decidir si se valorase como un valor de opción. Es decir, que si yo he apostado por la nuclear en un momento dado y la Administración es consistente con un planteamiento de mercado, cuando venga una situación en la que aflore el incremento de precios por problemas de combustible por falta de diversificación o por problemas geopolíticos, aquellos que hayan apostado por la nuclear puedan recibir, sin intervención administrativa, los ingresos correspondientes a dichos precios elevados. Entonces, como valor de opción funcionaría el mercado. Pero, para que funcione el mercado, la sociedad y la propia Administración tienen que admitir los ciclos de los precios, sin perjuicio de hacer un transitorio hasta llegar a esa situación. Es verdad que el mercado no lo aporta todo. Es muy importante que tengamos claro en plazos largos de tiempo a dónde vamos.

Trato a continuación de complementar lo que ha dicho Mercedes sobre la importancia de detectar bien lo que piensa la opinión pública. Hablaba Mercedes de encuestas más orientadas a temas psicológicos o sociológicos; cuando trabajé en una consultora económica, aprendí que también hay unas técnicas muestrales y de encuestas econométricas que vienen a tratar de huir de la típica pregunta simple de decir “¿le gusta la nuclear? Sí o no”. Es evidente que hay que emplear otras técnicas, por ejemplo, el *choice modeling*. Recuerdo que esta técnica se usó cuando se decidió apostar por la puntualidad en el AVE. Si se hubieran hecho preguntas simples como “¿le gusta a usted que el precio sea bajito para ir a Sevilla?”, pues todo el mundo diría que sí. “¿Le gusta que le pongan panchitos?”. Pues sí. “¿Le gusta llegar pronto?”. Pues sí. Estas respuestas están muy orientadas a la mala pregunta que se ha hecho. Sin embargo, hay técnicas que meten varios atributos al mismo tiempo, y la gente tiene que decantarse cuando le preguntan, por ejemplo, si quiere llegar puntual, pagando más y con un refrigerio a bordo frente a una opción más barata, pero menos puntual, por ejemplo. En lo que respecta al tema que nos afecta, las preguntas complejas deberían ser del estilo de si quiere energía nuclear que va a abaratar el precio y va a disminuir los efectos del CO₂ frente a otras opciones; es una pregunta compleja, frente a las simples. Por ello, creo que la forma en que se hagan las encuestas a la sociedad puede cambiar un poco la percepción que se tiene en la actualidad tan contraria a la nuclear.

José Ángel Azuara

“Creo que en el tema de CO₂ y Kioto hemos pasado muy rápidamente, y al pasar tan rápidamente nos hemos cargado el carbón también muy rápidamente. El hablar de nuclear es hablar de energía eléctrica, pero sin producción de CO₂. Ahora bien, la producción de energía eléctrica no es responsable de todas las emisiones de CO₂ que se producen. Hay otros sectores muy importantes, como transportes y residencial. Pretender que el sector eléctrico resuelva los temas de CO₂ me parece una barbaridad y, además, me parece peligroso que se utilice como razonamiento para irnos más hacia la energía nuclear. Si el tema de la reducción de emisiones de CO₂ es importante, habrá que ver en qué contribuye el sector eléctrico, porque si contribuye en un porcentaje, no podrá resolver más que esto, y también el sector residencial y el sector de transporte. La política de transporte tiene mucho que decir en el tema del CO₂, y, si no la obligamos, estamos cercenando muy de raíz el tema de las posibilidades de meter carbón, que sigue siendo una materia prima que, según todos los estudios de agencias internacionales, va a seguir siendo muy importante en los próximos 50 años. Como el carbón no puede ser a causa del CO₂ y Kioto, y las renovables han llegado a saturación, tire por la nuclear. Hace falta un poco de fineza, y yo creo que en este argumento nos podemos apoyar más de la cuenta en el tema de CO₂.

Respecto al riesgo, incidentes radiactivos o nucleares han existido desde hace muchos años. Eduardo ha citado Vandellós I, podríamos hablar del Hospital Clínico, pero también podríamos hablar de Acerinox, podríamos hablar del Tyreles o de Vandellós II. Estos incidentes ponen en cuestión el sistema, generan crisis. Son crisis de confianza, y ahí se cuestionan dos cosas: la necesidad del uso de tal energía y el controlador. Siempre aparece el controlador. Yo creo que no hay episodio, en todos los que hemos citado, donde el Consejo de Seguridad Nuclear no haya salido a escena. ¿Qué sabe del Tyreles, qué sabemos de submarinos nucleares, qué sabemos de...?

En el tema de Vandellós creo que esta crisis ha sido más dura, entre otras razones, porque ya había una situación de crisis adicional, generada en parte porque el Partido Socialista, en su programa electoral, dice que hay que cerrar las centrales nucleares. O sea, hay una crisis de sustrato, se está cuestionando todo, y también hay un grupo político que lo tiene claro, que es Izquierda Unida-Los Verdes, y saben que cuestionando la credibilidad del controlador están cuestionando la credibilidad global del sistema.

Yo diría que la crisis de Vandellós II se juega en un escenario ligeramente distinto que ha permitido que el empujón fuera adicional. Podría hablar incluso de las crisis internas del Consejo, con una presidencia complicada, pero creo que ha tenido algún elemento adicional. Y seguramente tiene mucho que ver lo que decía Eduardo, es decir, ha habido un pacto nuclear desde 1980, que el PSOE asumió a regañadientes, cuando se votó la ley de creación del Consejo. Algunos capítulos se votaron, otros no; se le ofreció al PSOE estar en el Consejo inicial y no estuvo. Se cerraron algunas centrales... Pero con todo, se editó un acuerdo que ha funcionado 25 años. Cuando el Partido Socialista gana las elecciones –ya hay algo en el programa–, se producen unas declaraciones y se establece una crisis estructural. Entonces teníamos un pacto que ha durado. Vandellós digamos que lo escenifica más, pero aquí hay una encrucijada: o se cierran o se reedita el pacto. En esa reedición del pacto, el tema del alargamiento de vida de las centrales es lo que se está jugando, y para escenificar ese pacto hay que hacer una serie de cosas. Luis Atienza abría una línea de reflexión. Igual que se visualizan los problemas, a lo mejor habría que dar a entender que se están visualizando esos beneficios del alargamiento de vida de las centrales. El controlador ha fallado de alguna manera al controlar el sistema y ha perdido credibilidad. Por tanto, habrá que darle credibilidad. Yo no quiero entrar aquí en cómo, si el modelo es bueno o es malo, porque estoy hablando más de la escenificación del nuevo acuerdo que de los elementos que tenga que tener. A lo mejor el Consejo tenía que ser el mismo, pero lo que habrá que escenificar es que se derivan beneficios para la sociedad de esa situación, y que lo hacemos en un contexto sólido de seguridad, con un regulador potente. Yo creo que eso es lo que nos está esperando. Habrá que gestionar esa posibilidad. Si no conseguimos eso, no conseguiremos nada.

Claudio Aranzadi

“Efectivamente, como decía Eduardo, el margen sobre costes operativos de una central nuclear es, sobre todo a los precios actuales de la electricidad, muy elevado. Pero, aunque no deban tenerse en cuenta los costes hundidos para decidir sobre el alargamiento de las centrales nucleares en funcionamiento, no debe perderse de vista la elevada cuantía de dichos costes hundidos para analizar el mayor o menor atractivo económico de la inversión en nuevas centrales nucleares.

En relación con el carbón y el CO₂, estoy de acuerdo con lo que decía José Ángel. El coste internalizado para la emisión de una tonelada de CO₂ está determinado en gran medida por una decisión regulatoria, los Planes Nacionales de asignación y las penalizaciones por incumplimiento de los límites, no por una estimación del daño causado al medio ambiente por el efecto invernadero generado por una tonelada de emisión de CO₂ por encima de los límites fijados (tarea, por otro lado, imposible). Lo que pretendo decir es

que el coste relativo de las diferentes tecnologías está afectado decisivamente por decisiones de carácter regulatorio que determinan los costes de las diferentes externalidades que deben ser internalizados (y que son diferentes en la generación nuclear, con gas y con carbón). Esto introduce una incertidumbre (riesgo regulatorio) que contribuye a relativizar aún más la comparación económica entre las diferentes alternativas y, por tanto, aconseja huir de conclusiones dogmáticas.

Carlos Alejaldre

“ Solamente hablo para hacer tres comentarios. Uno es sobre la proliferación. No soy técnico ni especialista en la materia, pero me parece que éste es un tema mucho más profundo y que en un escenario de utilización masiva de la energía nuclear veo inevitable que tendría que profundizarse, y la solución técnica no me queda en absoluto claro si existe realmente en este momento. Desde el punto de vista de incidentes, o incidentes que se han mencionado, sí me gustaría mencionar también alguna parte positiva. Somos uno de los pocos países en el mundo que ha desmantelado con éxito una central nuclear. Endesa hizo un trabajo magnífico, realizado en plazos y sin ningún tipo de incidente ni personal ni medioambiental, y yo fui testigo de equipos japoneses y americanos que a través del proceso ITER conocieron y fueron a conocer *in situ* lo que allí se estaba realizando y quedaron admirados de lo que se había hecho. Yo creo que eso es algo que no se ha publicitado probablemente lo suficiente, pero es un hecho que lo hemos conseguido en nuestro país, y yo creo que es algo importante como valor que tiene nuestra industria. Y, por último, mencionar o insistir en que es totalmente compatible con cualquier tipo de decisión que se tome en este país sobre la energía nuclear la realización a muy corto plazo de un plan de I+D totalmente oportuno y necesario para mantener la capacidad que tiene, científica, tecnológica, nuestra industria, nuestras universidades, para generar nuevas capacidades y nuevas oportunidades. Estoy seguro de que surgirán, para cambiar actitudes, porque estoy convencido de que uno de los buenos aspectos que tiene la investigación es esa capacidad de cambiar la actitud de las personas y de la sociedad a través de la realización de los valores que se obtienen o de los beneficios reales y potenciales que la propia I+D puede generar. Este es un punto en que me gustaría insistir mucho, sobre esta oportunidad y necesidad de trabajar en el tema de I+D en todos los aspectos energéticos, esto no lo limitaría al tema nuclear, sino de forma amplia. Creo que la investigación en energía será una de nuestras prioridades, porque estoy convencido de la capacidad que tenemos desde el punto de vista científico, desde el punto de vista tecnológico e incluso industrial.

Juan Manuel Kindelán

“ El año pasado, en Francia, estuvimos analizando el informe que había hecho el Ministerio de Medio Ambiente sobre qué opinan los franceses de la energía nuclear. Y no tenía una sola cifra. Me sorprendió mucho. Era sólo una valoración de opiniones de distintos sectores, distintas personas escogidas, y se detallaba y se agrupaban las respuestas que recibían para cada tema, para cada pregunta. No había un solo porcentaje, en absoluto. Sólo aportaba datos objetivos de cómo se planteaban los problemas, pero no tenía cifra alguna sobre las respuestas a las preguntas.

Elías Velasco



En mi opinión el punto principal de nuestro debate debería ser el posicionamiento de la energía nuclear en la producción de energía eléctrica.

Previamente, hay que tener presente la naturaleza de la energía eléctrica. Yo creo que uno de los problemas que hemos sufrido en los últimos años al desarrollar la regulación de los nuevos mercados es considerar a la energía eléctrica como una “mercancía” igual a cualquier otra. Y eso ha sido un error. Se pensó, cuando se establecieron los mercados en competencia en España, que el mercado era el paradigma para la asignación de los recursos y, por lo tanto, había que aplicarlo a la electricidad como a cualquier otra mercancía, y este hecho iba a resolver todos los problemas (reducción de precios, seguridad de suministros, competencia, etc.). Han pasado sólo siete años y en este momento hay una crisis de los mercados, de las formas de los mercados. Es más, no hay ningún modelo de mercado energético eléctrico que sea una buena referencia imitable. Digamos que los mercados tienen deficiencias importantes porque han puesto en crisis la seguridad del suministro y, en muchos casos, los precios de la electricidad tienen demasiada volatilidad, que no se corresponde a los costes y, en consecuencia, crean desconfianza a los reguladores y a los clientes. Luego hay una cosa muy importante, y es que hoy día, en muchísimas sociedades, desde luego en todos los países desarrollados y también en los que están en vías de desarrollo, la pérdida imprevista del suministro de energía eléctrica ya no la asume la sociedad. No solamente por efectos psicológicos, sino porque produce daños gravísimos, afecta a la seguridad de las personas y de las propiedades, a la salud, a los sistemas de información, sistemas de control de aeropuertos, etc. O sea, se ha electrificado tanto la sociedad, incluso en los países en vías de desarrollo, que la pérdida del suministro de electricidad es un daño que no se puede admitir. Luego, si los modelos de los mercados ponen en riesgo la seguridad de suministro, y eso es muy grave, su regulación debe ser reconsiderada.

También quería hacer otro comentario sobre los tiempos necesarios para construir una central nuclear. Sólo para obtener todos los permisos necesarios se necesitan cinco años, y para construirla de tres a cinco, según los casos. Desde que se decide hacer una central nuclear hasta que sea una realidad se necesitan diez años, de ahí la necesidad de ir preparando el escenario de futuro si se considera que la opción nuclear no es posible descartarla.

Juan Manuel Kindelán



No es el caso francés.

Elías Velasco



Es que se trata de una economía que en ese asunto está muy dirigida, pero me refiero con carácter general.

El problema no es solamente si seguimos o no con las centrales nucleares existentes. Hay que atender la curva de la demanda de energía eléctrica, que cada año aumenta un

2%, un 3% o un 4%, y con mantener las centrales existentes no resolvemos el problema de cómo atendemos a la demanda de futuro. Entonces en estos debates hay que ver si vamos a usar la energía nuclear como una opción para producir la energía eléctrica de las próximas décadas. O prescindimos de la opción nuclear, o la ponemos en cuestión, o la aceptamos. El debate nuclear que tenemos que hacer es si de las cuatro fuentes de energía básicas, carbón, nuclear, energías renovables y gas, usamos las cuatro, usamos dos o usamos tres.

Y luego, en cuanto al tema del mercado, yo creo que es de general conocimiento que, en cuanto a la energía eléctrica, el mercado requiere una cierta regulación. O sea, no puede ser un mercado “libre” entre comillas. Incluso hay que manifestar que, si el carbón y lo nuclear existen, y son muy importantes en España, ha sido gracias al apoyo que han tenido de la regulación. O sea, la moratoria nuclear resolvió los problemas de alguna empresa, el plan del carbón resolvió los problemas de varias empresas, las energías renovables resolvieron el problema de muchas empresas... En fin, el parque tecnológico actual ha sido muy condicionado por la política energética española, durante muchos años, y para que un sistema energético sea estable y equilibrado para todos sus agentes es necesario regular el mercado, de tal manera que la clave es que todas las tecnologías y sus diferencias entre costes y precios sean coherentes. Este es un tema, yo creo, que requiere no solamente una sola idea, mercado, como si fuera la solución de todos los problemas, digamos que, además, se necesita una cierta reflexión para desarrollar en cada momento la regulación más adecuada. Por ejemplo, los precios marginales no pueden ser aplicados de una forma estructuralmente general a todas las tecnologías y a todas las circunstancias. Las circunstancias históricas u otras pueden ser relevantes y pueden requerir una cierta regulación para que precios y costes sean consistentes y no haya *wind profits* injustificados.

Otro ejemplo: ha habido muy recientemente una moratoria de gas en el Reino Unido. O sea, durante un cierto periodo hubo una moratoria de gas porque necesitó una regulación. Y fue, precisamente, con el gobierno de Thatcher, que era un gobierno liberal conservador. O sea, que la política energética ha de tener en cuenta que la *comodity*, electricidad, no es una *comodity* cualquiera. Requiere –siguiendo un poco tu idea– infraestructuras energéticas de coste de capital muy elevado y grandes periodos de recuperación de la inversión que condicionan luego las reglas del mercado.

Quería deciros otro ejemplo. En España y con el gobierno del Partido Popular las plantas de regasificación y los gasoductos de transporte estaban liberalizados, y las empresas asumimos todo el riesgo de su propiedad. Posteriormente, el propio Partido Popular cambia de opinión y toma la decisión de que aquellas son infraestructuras reguladas a disposición del sistema, lo que es una decisión gravísima conceptualmente. Estoy hablando de un cambio que se produce en un período de seis años o menos, producido por un Gobierno soportado por el mismo partido. ¿Por qué las plantas de regasificación, que en la mayor parte de los países son utilizadas a criterio de sus propietarios, en España pasan de estar a disposición de sus dueños a estar a disposición del sistema? El cambio se produjo por necesidades de la política energética general. En síntesis, quiero decir que a lo largo de la Historia reciente, continuamente estamos regulando. Entonces, yo creo que es esencial en este punto de la política energética, lo decía muy bien Luis, diferenciar entre “política” y “energética”. Quiero decir que lo sustantivo es la política y ésta tiene que conseguir tres

objetivos: uno, seguridad de suministro, muy importante por la naturaleza de la electricidad; dos, que los precios y los costes de todas las tecnologías estén en un equilibrio; y tres, que se tengan en cuenta los hechos históricos hasta el momento en que estamos, porque son infraestructuras con periodos de amortización de 25 años. Son decisiones que se toman en los escenarios del momento, es decir, decisiones de inversión que haces hoy pensando un período de amortización para 25 años, y, por tanto, a los seis años no se puede hacer borrón y cuenta nueva. Es necesario tener memoria histórica. Otro ejemplo ha sido la moratoria nuclear en España. Unas centrales, como por ejemplo Trillo I, continuaron, y otras centrales, como Lemóniz I y II, no continuaron. La regulación del momento hizo que para las empresas fuera mucho más favorable, económicamente, haber “sufrido” la moratoria nuclear, que haber estado fuera de ella. La memoria histórica es importante y hay que tenerla, en lo que proceda, presente. Y por eso los costes de los CTC creemos que es como un derecho establecido, porque fue la consecuencia de unas decisiones que se tomaron en un marco regulador, y luego, por la política energética para introducir la competencia en los mercados, fue modificado. Y ahora estamos ante otro cambio regulatorio que presumo puede ser importante, donde precisamente España tiene un gran interrogante de regulación, muy importante, y de muy difícil resolución, y hay que evitar que se produzcan *wind profits* injustificados. Por eso es necesario que la política energética y el mercado tengan muy en cuenta que la energía eléctrica tiene una naturaleza muy especial, lo que es la historia y situaciones de los últimos años y cuál puede ser el próximo futuro. O sea, dicho de otra forma: hay que buscar los equilibrios necesarios societarios, históricos y de futuro entre los agentes del mercado.

Carmen Martínez Ten

“ Quería decirle a Carlos Alejaldre que tengo aquí un trabajo de la OIEA sobre proliferación que le voy entregar. No es documentación clasificada y es muy interesante, y lo que desvela es que Irán tiene los planos por científicos pakistaníes, y lo tienen de Pakistán porque el padre de la bomba pakistaní ha creado una empresa a través de la cual vende esos planos. ¿Qué alternativas tiene Al Baradei? Incluir a los países en proyectos conjuntos. Él tiene una meta que son los centros subregionales, que es que el OIEA consiga establecer cabezas de puente en Oriente Medio, en África y demás, no solamente controlar el uranio, sino también las bombas sucias, las fuentes radiactivas, e introducir cultura de seguridad y supervisión.

Respecto al tema de las encuestas, yo creo que las encuestas dan una panorámica cuantitativa. Luego hay que poner un *zoom* para ver qué hay detrás de las opiniones de las encuestas. Hacen falta estudios cualitativos para analizar los porqués, los estereotipos, el nivel de información, etc. El *zoom* son grupos cualitativos. Particularmente me ha gustado mucho la intervención de Mercedes, creo que hay mucho espacio para trabajar, pero no solamente con los incentivos económicos, no se puede decir a la gente sólo que ahorre, sino también hablar de la coherencia, porque a nadie le importa hacerse una radiografía, y a nadie le importa ir al médico a hacerse un tratamiento, ya que los beneficios, digamos, compensan los efectos contrarios. Eso es más claro en la radioterapia. Pero en el radiodiagnóstico no, por eso yo creo que los ciudadanos deberíamos tener un carné radiológico donde se registraran las dosis recibidas en un TAC o una AP. Ahora con las nuevas tecnologías de radiodiagnóstico hemos introducido la radiología digital y, con ella, si no sale bien el TAC y

no se ve bien, por ejemplo, el pulmón, se puede disparar las veces que haga falta. Nadie se va a plantear que eso es un riesgo, porque además piensas que te compensa. Es decir, yo creo que no son sólo los incentivos económicos, sino otras cosas, creo que ahí hay mucho que hacer y mucho que explicar, y mucho que ahorrar. Y yo, como Luis Atienza, también me siento muy mayor para esta tarea, pero, en definitiva, es la racionalidad contra el oscurantismo. Es, como decía Juan Manuel Kindelán, “luchar con las meigas”, las brujas. Hay que intentar racionalizar. Yo creo que hay que hacer I+D en esto, además de en otras cosas.

Pedro Larrea

“ En este punto, querría solamente resaltar algunos puntos que ya han sido tratados, enfatizar algunos aspectos concretos o matizar otras opiniones. En general estoy bastante de acuerdo con muchas de las intervenciones. Muy de acuerdo con la intervención de Luis Atienza, y quizás me gustaría matizar mi entendimiento de algunos de los comentarios de Elías Velasco.

Quiero volver a resaltar que yo personalmente, y también mi empresa, Endesa, estamos hablando siempre es de la estabilidad regulatoria y lo que ello significa. Hago referencia a una de las reflexiones que hablaba del comportamiento gregario de las empresas, y cómo el empresario, de acuerdo con dicha intervención, tiene aversión a tomar decisiones contrarias a la corriente preponderante. Dicho de otra manera, parece que en determinadas ocasiones, y por la perspectiva “cortoplacista” de algunos empresarios, prefieren equivocarse por omisión más que por acción. Esta actitud llevaría a decir: “Bueno, si todo el mundo hace ciclos combinados, si voy detrás, me voy a equivocar menos”.

Pero esta acusación de “gregarismo” y de “cortoplacismo”, siendo honestos, es también extensible a los gobiernos y a los partidos políticos. En el caso concreto que nos ocupa, la energía nuclear, debemos reconocer que ahora mismo es más fácil para los partidos políticos estar en contra de la energía nuclear que plantearse un nuevo programa nuclear. Y las razones son las mismas por las cuales en una intervención se hacía referencia al “gregarismo” empresarial: la posible decisión impopular la afronta el Gobierno o el político actual, y el beneficio lo va a capturar la sociedad dentro de 10 años. Y eso en política es muy largo plazo.

Hay numerosas pruebas de este comportamiento político “gregario” u “oportunista”, como reflejo casi especular del comentario que antes se ha hecho de los comportamientos empresariales. Un ejemplo es la tendencia tecnológica: ¿por qué todo el mundo opta por la generación con ciclos combinados? Puede acusarse a los empresarios de “gregarismo” y de no arriesgarse a apartarse de la tendencia. Pero es igualmente cierto que Endesa, por ejemplo, ha promovido la posibilidad de construir una central de carbón. Y ha resultado imposible porque las autoridades políticas centrales, autonómicas y locales se han opuesto frontalmente. Y en gran medida por ese mismo “gregarismo”. Porque dices: “¿y por qué estás en contra de la central de carbón?”. “Pues porque estoy en contra”. Y porque es más fácil estar en contra que estar a favor.

Vuelvo, por tanto, a alguna de las tesis fundamentales que antes he expuesto: la disyuntiva entre el corto y el largo plazo se resuelve con un compromiso firme de estabilidad

regulatoria alrededor del correcto funcionamiento del mercado. Hasta ahora, lo que hemos vivido las empresas, y en general se ha considerado “natural” de la vida política, es más cercano a la inestabilidad y al cambio permanente de las reglas del juego que a una verdadera “seguridad jurídica”.

Por tanto, yo no creo que sea un debate entre el mercado libre y la regulación completa. La cuestión es si creemos en el funcionamiento del mercado, que sea un verdadero mercado; y si se trata de mantener un sector energético regulado, que se acepte públicamente que se ha optado por dicho modelo. La peor opción, que en cierta medida es la que vive la industria eléctrica en la mayoría de los países, es ese “sí pero no”: creemos en el mercado cuando conviene, y cuando ya no conviene, ya no creemos.

Creo que la mayoría de los presentes estaríamos de acuerdo en las ventajas intrínsecas, casi filosóficas, del libre mercado, pero también es necesario ponerse plenamente de acuerdo en aceptar las consecuencias. La energía eléctrica en Inglaterra, por ejemplo, que está completamente liberalizada, sube un 25%, y no pasa nada. Es que si tiene que subir un 25% sube un 25%. ¿Y qué pasa? Pues que la eficacia productiva y asignativa del mercado se pone en marcha: la gente consume menos, y dejan de funcionar los medios de producción menos eficientes. De eso se trata. Claro, tener el valor de decir: “oye, que la energía eléctrica sube un 25%”, es muy difícil políticamente. Yo no he sido político, pero reconozco que la dificultad es legítima y compleja, y no minimizo el valor que exige el afrontarla. Es más fácil apuntarse al “que no suba la energía eléctrica”, y entonces ya no me creo el mercado. Sólo me lo creo cuando tiene que bajar.

Al final no sé si es el pacto del que se hablaba antes o qué es, pero efectivamente tanto la industria como la clase política tienen que entrar en un acuerdo de estabilidad a muy largo plazo para resolver en general el problema de la energía, y muy particularmente el de la energía nuclear.

Elías Velasco

“ No creo que mi punto de vista sea una antítesis entre mercado y regulación. Lo que quiero decir es que no hay un modelo de mercado de referencia. Precisamente, los mercados más libres están muy regulados. Es necesario una gran intensidad de regulación para asegurar precisamente la libertad de los mercados. Así, las plantas de regasificación pueden estar reguladas, como están en España, o pueden no estar reguladas, como en Japón. Y también, cuando defines un modelo energético, tienes que tener muy presente la historia de la energía en concreto en ese momento y la previsión de futuro. Si los precios que los usuarios tienen que pagar por la energía eléctrica son muy diferentes de los costes y a su vez también son muy distintos los costes de las diferentes tecnologías, pueden producirse beneficios injustificados *wind profits* que deberían regularse. La evolución histórica de cada tecnología para llegar a la situación actual debe ser considerada; el modelo energético de mercado puede tomar múltiples formas y la posición de las empresas ante esos modelos puede, también, ser muy distinta. No hay un modelo de mercado que podamos copiar por haber tenido éxito, porque el mercado italiano, el mercado francés, el mercado alemán, el mercado nórdico, el mercado inglés, el mercado español y el mercado portugués son muy diferentes, y de hecho hay unas grandes dificultades para tener un mercado eléctrico en la

Península Ibérica por las diferencias de los dos mercados, el portugués y el español. Y desde luego yo no soy de la opinión de que para definir un mercado de futuro, o las reglas de un mercado nuevo, haya que hacer abstracción de toda la Historia hasta el momento presente. Eso es lo que he querido decir. La energía eléctrica es una mercancía muy especial, y, en mi opinión, la gran dificultad que tiene el mercado interior de la electricidad en Europa para desarrollarse es que la Historia energética de cada país ha sido muy distinta y de acuerdo con modelos de mercado energéticos muy diferentes.

Carlos Vélez

“ Lo que me queda a mí por decir es agradecer a todos su participación y su buen comportamiento. Ha sido un seminario muy interesante, muy ordenado. Yo no pretendo hacer un resumen, me sería imposible hacer un resumen de lo que se ha dicho; se ha hablado de futuro, pero se ha hablado sobre todo de problemas presentes, de decisiones que hay que tomar en el corto plazo, a veces en el medio plazo.

Creo que ha habido un consenso, se vea como se vea desde el punto de vista técnico, desde un punto de vista económico, sobre la prolongación de la vida de las centrales existentes, con excepción de un par de ellas. Pero va a haber que convencer al público, debatir, abrirse al diálogo. Creo que este seminario, esta reunión, está contribuyendo o ha contribuido ya a que las cosas se sigan moviendo.

Juan Manuel Eguiagaray

■ Si me permiten también, dos palabras nada más para despedirles. He estado muy callado y no he querido intervenir, pues le correspondía al moderador naturalmente hacer un poco el resumen. Como les he dicho al comienzo, el único objetivo que pretendíamos hoy era hablar de este tema y sin ningún temor romper tabúes. Parafrasearé a Carmen, que no sean las meigas quienes decidan nuestro futuro. Tratemos de hacerlo de la mejor forma posible. Tenemos una rara opinión pública, o probablemente una opinión pública que todavía es susceptible de atender a razones, a argumentos, a la manera de preguntar o a las necesidades y a las circunstancias que ya empezamos a vivir. No desesperemos, las cosas puedan cambiar. Incluso, si tenemos incertidumbres tecnológicas y económicas sobre qué es lo que sería mejor, probablemente todos estaríamos de acuerdo, como acaba de decir Carlos, en que algo debíamos de hacer, y seguramente ahí está la tarea del liderazgo social, el liderazgo de los creadores de opinión, de liderazgo político. Pero éste debe ser un momento para ser conscientes de que, si algo creemos que debe ser distinto dentro de 10 años, incluso en el terreno de la producción nuclear, debíamos empezar a trabajar ahora, porque si no empezamos a trabajar ahora simplemente no será posible.

Muchísimas gracias por su contribución, que ha sido estupenda. Todos hemos disfrutado, seguramente aprendido. Espero que podamos hacer, dentro de algún tiempo, algún otro debate, quizás sobre mercado y regulación. Pero sobre estos temas tecnológicos, económicos, energéticos, seguro que vamos a seguir hablando.

Cuadernos publicados

- 1/2004. El control político de las misiones militares en el exterior. Debate de expertos.
- 2/2004. El sector del automóvil en la España de 2010. Debate de expertos.
- 3/2004. La temporalidad en la perspectiva de las relaciones laborales.
- 4/2004. La contención del gasto farmacéutico. Ponencia y Debate de expertos.
- 5/2004. Alternativas para la educación. Debate de expertos.
- 6/2004. Alternativas para el cambio social. Zaragoza, 26 de noviembre 2004
- 7/2005. Las bases y los límites del consenso en la política exterior española. Debate de expertos.
- 8/2005. Los mecanismos de cohesión territorial en España: análisis y propuestas. Debate de expertos.
- 9/2005. La inversión de la empresa española en el exterior: nuevos aspectos económicos, políticos y sociales. Debate de expertos.
- 10/2005. El futuro de RTVE y EFE. Debate de expertos.
- 11/2005. El recurso de amparo constitucional: una propuesta de reforma. Debate de expertos.
- 12/2005. Guerra de Irak y elecciones del 14 M: un año después. Debate de expertos.
- 13/2005. Azaña y Ortega: dos ideas de España. Debate de expertos.
- 14/2005. El aborto en la legislación española: una reforma necesaria. Debate de expertos.
- 15/2005. Los objetivos políticos del Presupuesto de Defensa español. Debate de expertos.
- 16/2005. Alternativas para la España plural. Debate de expertos.
- 17/2005. Reformas para revitalizar el Parlamento español. Debate de expertos.
- 18/2005. Las nuevas tecnologías aplicadas a la agroalimentación. Entre la preocupación y la urgencia. Debate de expertos.
- 19/2005. El crecimiento del sistema español de I+D. De la teoría a la realidad. Debate de expertos.
- 20/2005. La Agencia Europea de Defensa y la construcción europea: la participación española. Debate de expertos.
- 21/2006. Alternativas para la España plural. Debate de expertos.

